

LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

Arquitecto, Maestro en Restauración Arquitectónica y Doctor en Diseño con especialidad en Conservación y Restauración del Patrimonio Construido. Desde 1998 pertenece al Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt con Nivel II.

Ha realizado investigaciones sobre tipología arquitectónica, teoría de la conservación del patrimonio, sistemas constructivos tradicionales y edificación sostenible con tierra, habiendo escrito más de 220 artículos y capítulos en publicaciones mexicanas y extranjeras, e impartido más de 300 conferencias, cursos y talleres sobre estas temáticas en instituciones académicas de todo México así como de Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, El Salvador, España, Estados Unidos, Francia, Guatemala, Italia, Mali, Nicaragua, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana y Uruguay.

Es autor del libro *Arquitectura de Tierra en México* (1994, UAM-A) y editor de los *Anuarios de Arquitectura* (1999-2009, UAM-A); editor de los libros *Patrimonio Construido con Tierra* (2007, UAM-X); *Reutilización del Patrimonio Edificado con Adobe* (2014, UAM), y *Arquitectura de Tierra en América Latina* (2016, ARGUMENTUM).

Desde 1987 ha sido Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana. Actualmente es Jefe del Área de Investigación en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. También ha sido Profesor Invitado en los posgrados de la Universidad Mayor de San Andrés en Bolivia y la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Es Consultor Internacional para el Comité de Patrimonio Mundial de UNESCO, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, y representante en la UAM-Xochimilco de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible.



En momentos como el presente, en el que los recursos naturales cada vez se vuelven más escasos y los daños al medio ambiente provocados por la actividad humana se han hecho irreversibles, se desarrolla una forma de habitar que busca recuperar los conocimientos ancestrales de la construcción y el equilibrio con el planeta.

Bioconstruir significa ser parte de la trama de la vida en donde cada una de las decisiones que tomemos al transformar nuestro entorno sea una forma de mejorarlo. Es una manera de integrar los edificios al clima y a las condiciones del lugar, a la cultura y a la comunidad con el fin de reducir el consumo de recursos, al mismo tiempo que se mejora la calidad de vida en toda la extensión de la palabra. Es generar procesos constructivos que propicien la convivencia, la cooperación y la armonía entre los seres humanos. Este libro es un botón de muestra de las obras que en esta línea se han realizado en años recientes en un proceso que afortunadamente está creciendo de manera exponencial.

EXPERIENCIAS DE BIOCONSTRUCCIÓN CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO



ALEJANDRA CABALLERO CERVANTES | LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

EXPERIENCIAS DE BIOCONSTRUCCIÓN CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO



ALEJANDRA CABALLERO CERVANTES

Arquitecta independiente e instructora en bioconstrucción y vida sostenible dentro del Proyecto San Isidro: educación permanente, S.C. Estudió Arquitectura en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y es ganadora del Premio Nacional "Francisco de la Maza Protección del Patrimonio Cultural", INAH, en 1986. Realizó estudios de Permacultura en el Instituto Aprovecho en Oregón, Estados Unidos. Becaria de la Fundación MacArthur, de 1994 a 1997, con el proyecto "Madre Tierra, Madre Casa" (Mujer, medio ambiente y autoconstrucción de vivienda).

Coautora y compiladora del libro *Agricultura sostenible: Un Acercamiento a la Permacultura*, en 1998; autora del *Manual de autoconstrucción con pacas de paja* y del video "En armonía con la naturaleza" para la autoconstrucción con pacas de paja en el 2000.

Miembro fundador del Proyecto San Isidro: educación permanente, S.C., organización educativa sin fines de lucro donde desde 1994 a la fecha coordina e imparte cursos nacionales e internacionales de bioconstrucción, regeneración de suelos y alimentación sana, entre otros temas relacionados con el medio ambiente. Ha impartido cursos y conferencias en diferentes instituciones de México, EU, España, Brasil, Bolivia, Ecuador, Colombia y Chile. De 2007 a 2018 fue Catedrática del Diplomado "Diseño y Construcción Sustentables" de la Universidad Iberoamericana, CDMX. De 2018 a la fecha es Catedrática del Diplomado "Procedimientos y Sistemas Constructivos Tradicionales" de la Facultad de Arquitectura de la UNAM y el CASA/Oaxaca.

Desde 1988 a la fecha, en su Taller de Arquitectura C. Sana, Construcciones Naturales, se especializa en bioconstrucción y desde ahí diseña, asesora y construye casas naturales y conjuntos ecológico-permaculturales.

EXPERIENCIAS DE

BIOCONSTRUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO

Caballero Cervantes, Alejandra

Experiencias de bioconstrucción: conceptos generales y visiones desde México / Alejandra Caballero Cervantes, Luis Fernando Guerrero Baca.

Ciudad de México: Bonilla Distribución y Edición S.A. de C.V., 2021

336 p.; 21 x 22 cm.

ISBN 978-607-8781-63-8

1. Viviendas - Ingeniería ambiental 2. Construcción de viviendas
I. Guerrero Baca, Luis Fernando, coaut. II. t.

LC: TH6057.A6 C

DEWEY: 690 C

Los derechos exclusivos de la edición quedan reservados para todos los países de habla hispana. Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio conocido o por conocerse, sin el consentimiento por escrito de su legítimo titular de derechos.

Experiencias de Bioconstrucción. Conceptos generales y visiones desde México
D.R. © Alejandra Caballero Cervantes | D.R. © Luis Fernando Guerrero Baca

Primera edición: septiembre 2021

D.R. Bonilla Distribución y Edición S.A. de C.V.,
Hermenegildo Galeana #111
Barrio del Niño Jesús, Tlalpan, 14080
Ciudad de México

ISBN: 978-607-8781-63-8 (libro impreso)

ISBN: 978-607-8781-66-9 (ePub)

ISBN: 978-607-8781-67-6 (PDF)

Esta obra fue dictaminada por pares académicos bajo la modalidad doble ciego. Además, el libro fue revisado por la Red Iberoamericana PROTERRA para otorgar su aval.

Diseño editorial y de portada: Mariana Guerrero del Cueto



Dibujo técnico: Carol Castillo García y Lizet Gutierrez Juárez
Acuarelas: Gabriel Islas Caballero

Fotografías de los proyectos “Casa Enrique Morales”, “Casa Caballero Zamora”, “Casas Álamos I y II”: Aldo Díaz

Impreso y hecho en México

ALEJANDRA CABALLERO CERVANTES | LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

EXPERIENCIAS DE
BIOCONSTRUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO



CONTENIDO

9	INTRODUCCIÓN	 Principios de la bioconstrucción
21	PRIMERA PARTE	 Materiales constructivos
51	SEGUNDA PARTE	 Técnicas de bioconstrucción
		59 Adobe
		68 Tierra amasada (cob)
		77 Tierra compactada
		86 Entramados
		98 Pacas de paja
111	TERCERA PARTE	 Adobe
		113 Casa Caballero Zamora
		119 Casa en San Andrés Hueyapam
		125 Tienda comunitaria
		133 El Semillero
		139 La casa de adobe
		147 Casas para maestros en la Sierra de Puebla
		151 Casa Sawyer
		157 Casa Tierra Viva
		167 Casa Fernando Araiza
175	CUARTA PARTE	 BTC, tapial y tierra amasada (cob)
		177 Casa Ochoa Ochoa
		187 La casa de lodo
		193 Casa Aguacero
		197 Casa Sol
		203 Proyecto Honorio

209 QUINTA PARTE

- Bajareque y entramados**
- 211 Casa de Haydeé y Pablo
 - 217 Casa Quinta Ganesh
 - 223 Terraza adaptada en Ocotepéc
 - 227 Centro de Capacitación Ambiental VW
 - 233 Auditorio “Flor del Bosque”
 - 239 Instituto Poblano de la Juventud

245 SEXTA PARTE

- Pacas de paja**
- 247 “La K-cita” del Proyecto Puente de Paz
 - 255 Casa del Amate
 - 263 Casa Álamos I
 - 271 Casa Álamos II
 - 277 Casa Enrique Morales

285 SÉPTIMA PARTE

- Bioconstrucciones mixtas**
- 287 Granja Orgánica Tequio
 - 293 Cafetería Yagua Orgánico
 - 301 Casa de madera en Taxcantla
 - 309 Casa Gaia-caracola
 - 319 Casa Hagerman Haro en Valle de Bravo
 - 323 Casa Biaani

327 REFLEXIONES FINALES

331 REFERENCIAS



INTRODUCCIÓN

PRINCIPIOS DE LA BIOCONSTRUCCIÓN



Es **INDISCUTIBLE** que la abundancia de energía barata de principios del siglo XX, conseguida mediante el uso de combustibles fósiles, marcó una clara diferencia con respecto a la manera de edificar desarrollada durante milenios, la cual dependía básicamente de los recursos locales. La era del petróleo condujo a una forma energéticamente dispendiosa de extraer, transformar, mover y colocar los materiales constructivos, así como de insertarse en los territorios.

Las construcciones siempre son un reflejo de la sociedad que las produce y los acontecimientos históricos por los que transita. Son la manifestación de quien detenta el poder y la humanidad entre 1940 a 1960 entró en el auge de un periodo llamado “modernidad”, que venía desarrollándose desde principios de siglo, y cuya expresión construida es la arquitectura “racionalista”, “funcionalista” o “internacional”.

Al llegar esta tendencia a los países emergentes, que recién habían salido de la colonización –llamados en aquel momento “del Tercer Mundo”– con todo el rezago económico y social que presentaban, tomaron esa corriente arquitectónica como símbolo de mayoría de edad y promovieron la construcción con materiales nuevos, “modernos”. Entre ellos, el concreto y el acero eran parte fundamental (Rendón, 2010) y en muy poco tiempo llegaron a dominar el paisaje y a colonizar las mentes con una promesa dogmática de construcciones seguras, fuertes, duraderas y que garantizaban el patrimonio de sus dueños o habitantes.

En un corto periodo se le apostó todo al cemento y al acero. El concreto armado se comió de un bocado la experiencia de 2000 años del cemento romano y poco a poco hizo a un lado la inmensa sabiduría que encierran las construcciones con tierra y paja, en sus múltiples manifestaciones y técnicas. Se pasó por

alto que este joven protagonista, con tan solo 150 años en la historia de la construcción, está presentando fallas estructurales, una obsolescencia no programada, que da como resultado que la mayoría de las estructuras de concreto armado, construidas a principios del siglo XX, estén empezando –literalmente– a caerse a pedazos, por lo que eventualmente tendrán que ser demolidas (Courtland, 2011).

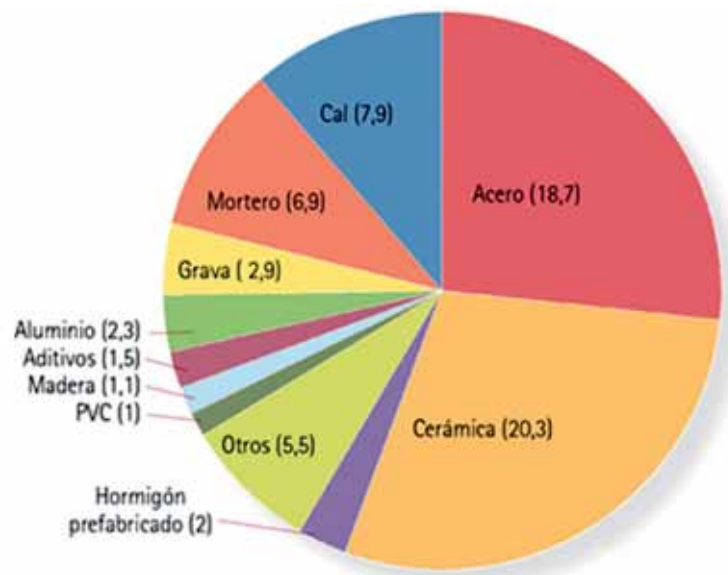
Ambientalmente hablando, se está pagando caro el haber dejado de lado los modos intemporales de construir, adecuados al clima, con utilización de materiales locales, con soluciones estructurales que generan resultados formales lógicos, radicalmente opuestos a las modas que imponen formas caprichosas que las estructuras tienen que sustentar a cualquier costo. Pero el precio es tan alto que la factura pasará por varias generaciones.

La crisis ambiental está poniendo de manifiesto la responsabilidad de la construcción en esta problemática. Tan solo en la elaboración de cemento se emite más de una tonelada de CO₂ por cada tonelada producida y dado que se emplea para casi todo –desde una balustrada de cisnes para los balcones de diversas viviendas periféricas, hasta en todo rascacielos– lo convierte en la segunda sustancia más usada por la humanidad después del agua (Riversong s/f).

Sin embargo, el cemento no es el único emisor de CO₂ al ambiente. Según diversos estudios, los procesos de elaboración de la mate-

ria prima para generar un metro cuadrado de una obra convencional equivalen a la energía que se requiere en la combustión de 150 litros de gasolina. Es decir, un consumo energético aproximado de 1600 kWh. Pero además de esta cuantificación, cada metro cuadrado construido equivale a la emisión de 0.5 toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera, considerando en ambos casos solamente el impacto asociado a los materiales (Aranda et al., 2014).

En la siguiente gráfica se observa la contribución relativa de las emisiones de CO₂ de la serie de materiales empleados en un metro cuadrado de la edificación de viviendas convencionales. Llama la atención el alto impacto de materiales que con mayor frecuencia se usan en la construcción, tales como el acero,



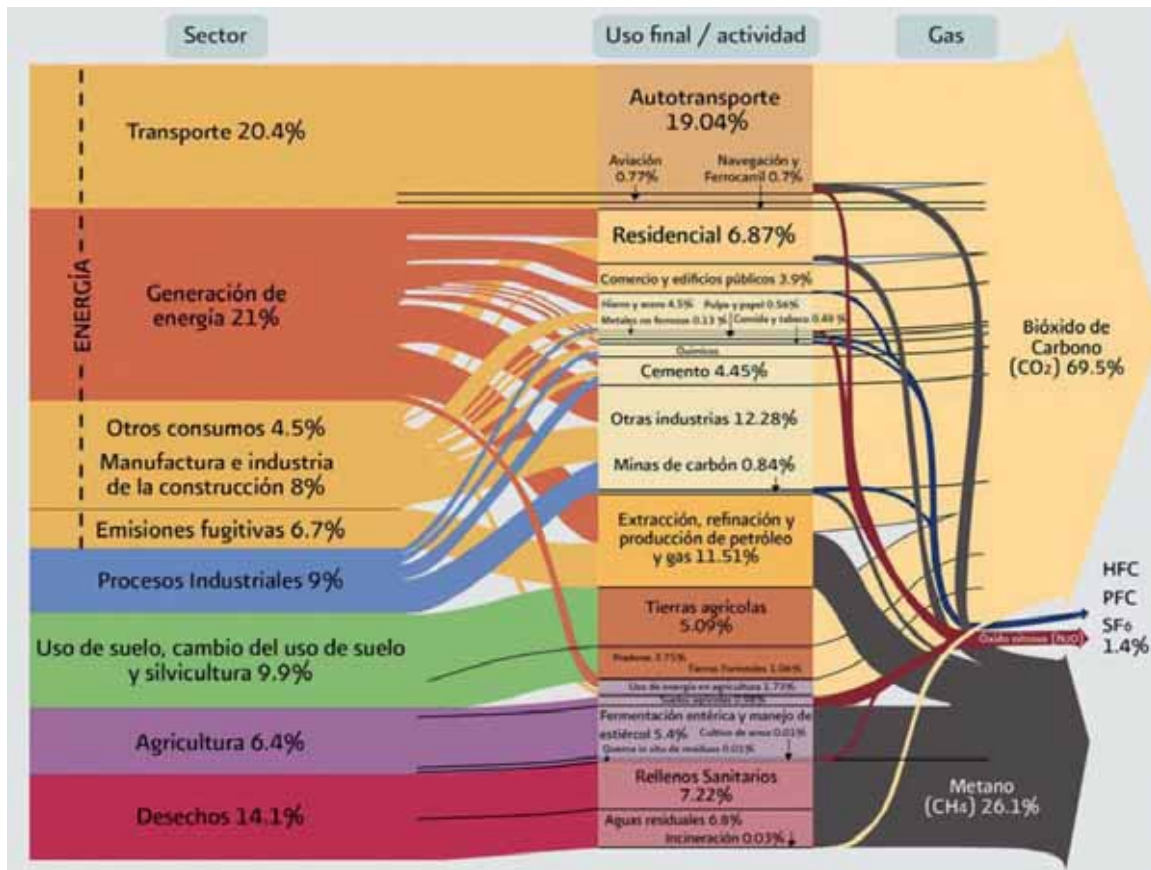
Contribución de los materiales necesarios para la construcción de 1 m² sobre las emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación. Fuente: Cuchí et al., 2007.

el cemento, la cal, así como los componentes estructurales y acabados cerámicos.

En México, de acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2006, las emisiones de CO₂, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, en 2006 se incrementaron 40% respecto a 1990, de los cuales 8% corresponden a los generados por la industria de la construcción.

De ese porcentaje, el cemento es responsable de un poco más de la mitad de los mismos (4.5%). Además de los GEI, la producción de cemento y otros materiales de la construcción –como el acero– está íntimamente ligada a la generación de dioxinas y furanos que son contaminantes ambientales persistentes, altamente peligrosos para la salud humana.

Es difícil contar con datos precisos de qué y quién es el responsable de ciertas emisiones



Elaborado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT con información del INE, 2006.

al ambiente, pues hay rubros como el transporte que atañen a todos los sectores de la actividad industrial. Pero, para efectos prácticos, podemos considerar que todo material que ha tenido que desplazarse desde muy lejos y que su fabricación implica el uso de energía proveniente de combustibles fósiles genera una huella ecológica que tiene repercusiones para la salud planetaria.

Al hacer un análisis del ciclo de vida de muchos de los materiales que se utilizan en la construcción, nos damos cuenta que su acción tóxica no es sólo en el momento de su producción, sino que va “de la cuna a la tumba”. Éste es el caso, por ejemplo, de los pisos laminados o las tuberías de PVC, que son fabricados con plásticos clorados que en su disposición final continúan liberando sustancias como los ftalatos y el bisfenol A (conocido como BPA), las cuales alteran de forma irreversible el sistema hormonal de todos los seres vivos y que son sumamente difíciles de eliminar del suelo y el agua, más aún cuando se incineran.

Lo mismo sucede con muchos de los productos utilizados en los acabados de las casas, sean pinturas, barnices y pastas, los cuales son fabricados con solventes, conservadores y aglutinantes hechos a base de hidrocarburos aromáticos, tolueno, xileno, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos clorados, glicoles, alcoholes, formaldehídos, pentaclorofenol, bifelinos policlorados y otros más, todos ellos considerados Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) tóxicos,

con un demostrado efecto nocivo para la salud ambiental. Qué decir del poliestireno expandido, del aluminio y de tantos otros materiales que aumentan las ganancias, aceleran el proceso de construcción y cavan nuestra tumba.

Si hacemos una sumatoria de los insumos que utiliza actualmente la construcción, nos damos cuenta que el origen de los mismos es sumamente complejo y que para que lleguen a su destino final han tenido que pasar por un sinnúmero de procesos que han significado una tremenda disipación de energía. Como consecuencia, se han acelerado los efectos sobre el ambiente –conocidos ahora como calentamiento global y cambio climático– que son ya un asunto que preocupa y ocupa a muchos gobiernos e instituciones, pero que se quieren solucionar desde la misma lógica que generó el problema: el paradigma del desarrollo infinito en un mundo con recursos finitos.

Ahora se pretende solucionar los problemas poniendo “parches” de forma, no se plantean soluciones de fondo. Así tenemos las “hipotecas verdes”, las campañas de desarrollo sostenible para los municipios y estados, los políticos verdes, las bebidas verdes, la arquitectura sustentable, el consumismo verde, las certificaciones “Green”, que más bien parecen un *mea culpa* para poder seguir dilapidando recursos planetarios con una mayor rentabilidad económica, pero sin cuestionar realmente las razones éticas de la destrucción del planeta.

Material	Energía embebida (MJ/m3 del material)	Emisiones de CO2 (g/kg del material)
Grava de río	47	2
Paja empacada	68	-1460
Tierra para adobes	69	5
Grava de roca triturada	83	3
Aislamiento de celulosa	146	140
Arena	232	7
Asfalto en pavimentos	335	15
Madera de pino sin tratar	1179	-1665
Madera de pino tratada	1252	-1657
Poliestireno expandido	1419	2495
Bloque de cemento hueco	2728	162
Trabes pretensadas doble "T"	4546	214
Bloque cerámico de alta tecnología	5310	138
Madera laminada y pegada	5727	-1141
Aplanado de yeso	6460	218
Bloque de cemento macizo	6950	106
Paneles de yeso	7080	421
Ladrillo cerámico calcinado con gas	11491	353
Cal	11966	750
Cemento seco	12005	994
Ladrillo cerámico tradicional	14885	684
Tubo de cobre reciclado	21217	112
Aluminio reciclado	24397	622
Vidrio flotado	40039	1735
Vidrio laminado	41112	1743
Poliestireno de alta densidad	48166	3447
Aluminio reciclado y anodizado	64340	887
PVC	80944	4349
Varillas de acero reciclado	96544	526
Acero estructural	245757	1242
Aluminio extruido y anodizado	611224	9359
Acero inoxidable	613535	5457
Tubo de cobre nuevo	827316	7477

Tabla comparativa de energía embebida en los materiales y dióxido de carbono emitido a la atmósfera. Fuente: Alcorn, 2010.

En medio de este panorama, la bioconstrucción o construcción natural resurge como una contracorriente que pretende recuperar una edificación a escala humana, en la que los materiales tengan un ciclo de vida de la “cuna a la cuna”, es decir, en donde sea posible que una vez que cumplieron con su función de dar cobijo a ciertas actividades humanas, se puedan ciclar para seguir siendo parte de la orquesta de la vida.

El término bioconstrucción es relativamente reciente y por ese motivo no existe todavía una manera consensuada de definirlo. Sin embargo, la mayoría de los autores que lo utilizan coinciden en que se trata de una disciplina que busca satisfacer las necesidades biológicas del hábitat humano a partir de la transformación de materiales mediante procedimientos que respeten las leyes de la naturaleza.

Algunos consideran a esta actividad como una “ciencia” que persigue el “uso adecuado de los recursos, de acuerdo con el sitio y con las circunstancias sociales y económicas de los usuarios” (Alonso, 1997, p. 13). Esto quiere decir que se trata de una forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo y la biodiversidad, pero que en su desarrollo garantiza el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras (Caballero, 2012).

Es importante destacar que este proceso de diseño no está limitado a cuestiones relacionadas con la simple forma de la edificación, como ha sucedido con tendencias tales como

la biónica, el estilo “orgánico” o las obras “biomiméticas”. Se trata de incorporar el manejo integral de los fenómenos naturales en la selección y transformación de los materiales, a fin de generar espacios sanos tanto para sus habitantes como para el planeta.

Estamos hablando de un tipo de edificación cuya lógica se basa en la manera en que se comporta el entorno, por lo que está totalmente de acuerdo con él. Se busca resolver las necesidades humanas utilizando métodos que sean lo más parecidos que sea posible a los que imperan en la naturaleza.

Su desarrollo se apoya en la adaptación de los mecanismos que emplea el medio ambiente para mantener su equilibrio. Considera tanto la comprensión de los procesos físico-químicos del entorno, como la manera en que el resto de los seres vivos reaccionan ante estos fenómenos.



Mantis religiosa sobre la almena de tierra de una casa del norte de África refrescándose al atardecer.

La observación de los flujos del viento y el agua, la manera en que los suelos y las rocas se asientan en la tierra, las formas de las dunas así como las pendientes naturales del territorio, permiten reconocer una serie de principios que mantienen en equilibrio a las plantas y animales que se relacionan con esta geografía y que, aunque parecieran ser estáticos, en realidad están en constante movimiento a diferentes velocidades.

Las plantas y animales aprovechan equitadamente los recursos de su medio para sobrevivir y esa es una enseñanza que los seres humanos debemos recuperar porque, desafortunadamente, el desarrollo de la cultura cada día nos aleja más de nuestro entorno. “Un edificio es como una planta, sometida a las mismas leyes a las que las plantas se someten, tanto hacia lo alto como en lo profundo, y el estudio de la Naturaleza en consecuencia es el único estudio digno para un arquitecto” (Lloyd, 1970, p. 17).

La bioconstrucción rescata la posibilidad de no sólo ver a la naturaleza en canales de televisión, sino realmente *ser* naturaleza, a semejanza de los castores que al crear represas para ubicar sus madrigueras generan humedales y posibilitan la diversidad biológica.

Convierte la construcción en una actividad que regenera la vida en todas sus manifestaciones. El uso de materiales vegetales es una forma de preservar la biodiversidad, pero a casi nadie en el mundo industrializado le inte-

resa el carrizo, el otate, el tule, el centeno alto, sólo a quien conoce su uso. Así es como adquiere valor la etnobotánica, el conocimiento de cuál es la diversidad biológica que hay en cada uno de los lugares en donde se va a construir y para qué puede servir cada planta.

La bioconstrucción significa una manera real de generar desarrollo local ya que una de sus premisas es utilizar materiales locales en



Una araña invadió el hábitat de un insecto entre las juntas de una casa de adobe para vivir y cazar confortablemente.



Las avispas alfareras amasan tierra para hacer panales abovedados.

la medida de lo posible y esto significa darles valor agregado y generación de empleos. A medida que las construcciones naturales van recuperando terreno, se van desempolvando las gaveras (moldes para elaborar adobes) y los conocimientos tradicionales normalmente depositados en un solo miembro de la comunidad –quizá demasiado viejo para aplicar-



En los cuescomates prehispánicos de las Casas en Acatilado de la Sierra Tarahumara se conservan hasta nuestros días restos de granos de maíz, frijol y calabaza.



Los nidos de los horneros son notables ejemplos de construcción realizada con materiales locales, adecuada orientación solar y ventilación.

lo– se empiezan a transmitir de manera oral a las nuevas generaciones, para satisfacer la naciente demanda de materiales que por años fueron terriblemente desacreditados, pero que empiezan a resurgir con paso lento pero digno.

El surgimiento de una nueva clase social rural, los campesinos postmodernos, que son jóvenes –o no tanto– que han decidido dejar las ciudades en busca de una vida más simple, lejos del consumismo y cerca del encuentro consigo mismos, es uno de los grupos humanos adeptos a la bioconstrucción, ya que les permite recuperar habilidades ancestralmente dormidas que los reconectan con la tierra, la misma que nos da de comer y que nos da cobijo.

La bioconstrucción no se trata solamente de una sustitución de insumos, sino tiene que ver con el diseño de todo el entorno. Es sólo uno de los pétalos de la flor de la permacultura: “ambientes construidos”, todo el predio es la casa, los flujos eficientes de energía son la clave de la permanencia del sistema. El agua se cosecha para el consumo y los cultivos, por lo tanto no se ensucia con una mezcla de químicos y heces fecales, sino que estas últimas se consideran un recurso valioso, una oportunidad de cerrar el ciclo nutriente y para ello un buen diseño de los sistemas de saneamiento es imprescindible.

Así mismo, la ubicación de la vivienda, previo análisis de las zonas y de los sectores, junto al diseño bioclimático determina su futuro confort térmico pasando por una buena

selección de los materiales locales. El ahorro energético, desde la cuna, es una de las premisas más importantes de la bioconstrucción. Previene los problemas de salud derivados de los materiales de construcción y de los campos electromagnéticos tanto naturales como los generados por las instalaciones eléctricas. Cuida el fondo, no se empeña en pertenecer a las corrientes arquitectónicas de moda, sino que el clima y las necesidades de protección del edificio dictan el resultado formal, muchas veces humilde, sin pretensiones, dominando los egos, tal como lo evidencia su predecesora, la construcción vernácula.

No se trata de una vuelta al pasado sino de tomar lo mejor para el planeta, con una visión sistémica y holística. Analizar cada flujo de energía para determinar qué es lo que más conviene a la bioconstrucción.

Soluciones simples para un mundo complejo: ¿Energía solar o recuperación del ciclo circadiano? ¿Lavar la ropa a mano o una bicilavadora? ¿Seguir usando limpiadores fabulosos o vinagre y carbonato? ¿Baño seco o complejo sistema de tratamiento de aguas negras? ¿Me decido a simplificar o sigo buscando pretextos?

En el presente libro se expone una serie de conceptos que han sido desarrollados a partir de una visualización abarcante del manejo equilibrado de las materias primas disponibles, con base en la comprensión del entorno natural y cultural, la cual sirve como fuente de aprendizaje para diseñar obras que se com-

porten de la manera más próxima posible al medio en el que estarán situadas.

El texto incorpora asimismo algunos de los proyectos que se han realizado en fechas recientes, siguiendo estos principios en diferentes lugares del territorio nacional. Es una muestra de la manera en que la creatividad de colegas y amigos con diferentes orígenes y formaciones –pero con una visión común– han sabido aprovechar los recursos materiales propios para colaborar en el esfuerzo colectivo por rescatar al planeta.

No se trata de un manual de construcción ni un conjunto de normas basadas en criterios



El diseño de los termiteros presenta condiciones bioclimáticas adecuadas para habitar y cultivar los hongos con los que se alimenta su comunidad.

abstractos. Se presenta una serie de pistas que pueden ayudar a los lectores a tener una visión panorámica de diferentes alternativas con las que se cuenta para generar condiciones adecuadas de edificación, a partir del aprovechamiento verdaderamente racional de lo local.

La idea de bioconstruir no responde meramente al miedo a no sobrevivir como especie o al miedo de quedarnos sin combustibles en una era de descenso energético, que no sabemos si llegará con las promesas que representa el descubrimiento del gas de esquisto *shale*, que generará una revolución de los recursos energéticos. Se trata de una propuesta desde lo local para incidir en el problema global que representa el cambio climático.

Así, desde cada geografía, con técnicas adecuadas a cada sitio, a cada cultura, a cada necesidad, la bioconstrucción significa la posibilidad de bajar emisiones tóxicas al ambiente, perfectamente medibles y cuantificables.

Pero no solamente esto, sino que va más allá, significa la posibilidad de ser naturaleza, de ser parte de la trama de la vida en donde cada una de las decisiones que tomemos al construir sea una forma de mejorar el ambiente, la comunidad y a los seres humanos, en donde los edificios se adapten al clima, a las condiciones del lugar, a la cultura y a la comunidad, con el fin de reducir el consumo de recursos, al tiempo que se mejora la calidad de vida en toda la extensión de la palabra.

Es la posibilidad de recuperar habilidades dormidas, de buscar en lo más profundo de nuestro ADN aquello que nos hace iguales a los demás seres del planeta: la capacidad de autoconstruir nuestro cobijo, redescubriendo el potencial de las manos que hicieron al cerebro y ganando en el intento salud física, al utilizar energía humana en vez de energía fósil, y generar así procesos constructivos que propicien la convivencia, la cooperación y la armonía.



En la azotea de la Gran Mezquita de Djenné, Mali, se incorporó un diseño de convección de aire caliente que se asemeja al que utilizan las termitas. Perforaciones que atraviesan la cubierta se tapan o destapan manualmente dependiendo la hora del día para mantener estable la temperatura al interior.



PRIMERA PARTE

MATERIALES CONSTRUCTIVOS





El uso de materiales constructivos de origen natural no es un proceso nuevo. Si bien es cierto que tuvo un importante resurgimiento derivado de la crisis energética de los años setenta, en realidad se trata de conocimientos desarrollados desde hace milenios, probados mediante experiencias permanentes y transmitidos hasta el presente gracias a la tradición.

A pesar de la importancia y trascendencia de la edificación sustentada en el manejo orgánico de los componentes constructivos, desafortunadamente esos saberes no se han conservado de manera integral como consecuencia del “desarrollo civilizador” que desde la revolución industrial –y de manera más radical durante el siglo XX– favoreció su menosprecio y olvido. La “evolución” del pensamiento y la tecnología actual nos han desconectado de la naturaleza y de nuestra herencia cultural.

Muchas civilizaciones de la antigüedad lograron vivir en armonía con su entorno gra-

cias a que durante prolongados periodos hicieron un uso racional de los recursos que empleaban para construir. En términos actuales, podríamos considerar que establecieron una relación sostenible con su medio, como lo demuestra la permanencia, hasta fechas relativamente recientes, de técnicas constructivas que se conservan casi sin cambios, como el adobe y el bajareque.



Una parte importante de los visitantes de Teotihuacán no sabe que los núcleos de las pirámides fueron hechos de adobes que en algunas áreas se conservan a la intemperie, a pesar de los siglos transcurridos desde su edificación.

Por esta razón, la experiencia de origen ancestral es una fuente inagotable de información que ya probó su eficacia y que puede resultar sumamente valiosa para el desarrollo de la bioconstrucción.

Esta disciplina, además de requerir del entendimiento de la naturaleza, necesita cimentarse en la comprensión de la manera en que se habitaba en el pasado y la forma en la que diversas comunidades actuales todavía viven en comunión con su entorno, gracias a que preservan los conocimientos atávicos que heredaron de generación en generación.

Aunque el término “bioconstrucción” tiene relativamente poco tiempo de empleo, sus principios han estado presentes y han guiado las interacciones de muchas sociedades a lo largo de milenios, hasta que recibieron la influencia de la modernidad, que las condujo a la falsa creencia en la infalibilidad de los materiales “científicamente probados” y de “larga duración” sin demanda de mantenimiento.

En la presente sección del libro se busca sistematizar algunas de las ideas sobre la forma de emplear los materiales de origen natural que han probado su vigencia hasta la fecha. El interés por estos criterios de diseño –históricos y tradicionales– no obedece a un capricho romántico derivado del cuestionable principio de que “todo tiempo pasado fue mejor”.

Es evidente que la generación de las diversas culturas constructivas surgió de inconta-

bles “ensayos y errores” en los que las sociedades aprendieron a respetar la naturaleza y a no repetir experiencias fallidas. La edificación tradicional es el reservorio de conocimientos depurados a partir de la materialización y de la repetición como medio de enseñanza, aprendizaje y transmisión al futuro.

La perspectiva que aquí se presenta deriva del estudio de algunas estructuras realizadas en la antigüedad, así como de su permanencia en manifestaciones vernáculas, cuyos resultados se consideran exitosos porque han conseguido llegar a nuestros días a pesar de los cambios de modas y las diversas influencias culturales.

Las obras tradicionales –contrariamente a lo que se suele suponer al considerarlas soluciones ingenuas y simples, basadas en la sola intuición o en la superstición– en realidad son ejemplos de alta tecnología probada a través de los siglos. Son obras altamente refinadas en las que cada componente tiene una razón de ser perfectamente definida y en las que cualquier alteración a su lógica constructiva afecta de algún modo el equilibrio del conjunto.

Es necesario identificar el papel que juegan los diferentes componentes de las obras históricas y tradicionales, a partir de las relaciones que los estructuran como sistemas y de la interacción que desarrollan con su entorno natural.



Las comunidades prehispánicas que habitaron la Sierra Tarahumara, en Chihuahua, aprovecharon sabiamente los recursos de su medio para enfrentar las hostiles condiciones climatológicas imperantes.

Compatibilidad

Al igual que sucede en la naturaleza, donde la combinación de un número limitado de elementos químicos ha permitido el desarrollo de la vida, en la construcción tradicional la base de los sistemas radica en un pequeño grupo de materiales. Sus propiedades físicas, así como su disponibilidad y facilidad de transformación, condujeron a las sociedades del pasado al desarrollo de composiciones que resolvieran sus necesidades de la manera más lógica posible.

Pero además de las cualidades de estos componentes, las limitaciones de su funcionamiento como respuesta a su entorno, condujeron a la evolución de los sistemas. El potencial y la vulnerabilidad de los diferentes recursos

naturales fueron llevando a procesos de “selección y supervivencia” de los más aptos.

Como se explicará más adelante, la tierra y las piedras son materiales que permiten generar unidades que se caracterizan por resistir fuerzas de compresión. Por ello siempre han conformado la base de los elementos de soporte de las estructuras.

Sin embargo, su posibilidad de enfrentar empujes laterales, esfuerzos a tracción o a flexión es limitada. Es por eso que, si se requiere solventar ese tipo de demandas estructurales, esos componentes térreos o pétreos habrán de asociarse a materiales leñosos o fibras, que son elementos que responden muy bien a la tensión.

Por ejemplo, en las estructuras de baja-que la combinación entre varas o carrizos con capas superpuestas de morteros arcillosos, incrementa la capacidad del sistema para resistir a la tracción, pero simultáneamente aumenta el potencial de las varas para soportar presiones. Y, como beneficio adicional, la tierra le confiere durabilidad a los materiales leñosos al mantener estable su nivel de humedad, con lo que se evita su pudrición o la penetración de organismos que se alimenten de las sustancias orgánicas descompuestas (Guerrero, 2017).

Un aspecto que define la lógica de la construcción tradicional es que los materiales están estrechamente relacionados entre sí y



Las capas de tierra que cubren la madera en las estructuras prehispánicas de bajareque de Caral, en Perú, han permitido que se conserve por más de 4000 años (Shady, 2009).

siempre despliegan respuestas a partir de su interacción sistémica. Cada parte interviene en procesos de “ayuda mutua” en los que la vulnerabilidad de una de ellas es mitigada por las capacidades de otras.

Por ello, uno de los principios clave de la permanencia de las culturas constructivas vernáculas obedece a procesos de “acompañamiento” y compatibilidad entre sus materiales. Esta relación evita que se causen daños al coexistir, apoyándose unos a los otros de manera orgánica. Como en todo organismo vivo, cada componente del conjunto tiene su razón de ser en función del resto de los elementos. Entonces, las cualidades de cada pieza no pueden entenderse de manera aislada sino siempre en relación con sus vecinas inmediatas y con el sistema completo que se forma a partir de la interacción grupal.

Pero la selección de la materia prima siempre surge de problemas o necesidades específicas. Es el medio que permite atender demandas concretas. Lo importante no es la presencia de un determinado material sino el rol que cumple como parte del todo.

Por ejemplo, ante el problema de la retracción volumétrica de las tierras arcillosas utilizadas para hacer adobes o enjarres, es posible actuar agregando arena o paja a las mezclas. Pero la clave del comportamiento físico del sistema no está en esos materiales en especial, sino en el trabajo interno que realizan en los componentes térreos (Guerrero, 2016). Si no se entiende que el papel de las fibras o los áridos consiste en estructurar al sistema a partir de la dispersión de los esfuerzos que generan las arcillas al contraerse durante su secado, se puede caer en el recurrente error de suponer que determinado sistema constructivo sólo puede ser realizado a partir del empleo de materiales específicos. Como lo han demostrado las diversas prácticas constructivas del orbe, es posible llegar a resultados igualmente exitosos si a las tierras arcillosas se les incorpora grava, estiércol de bovinos, acículas de pino, cascarilla de arroz, fibras de algodón, lana, crin de caballo o cualquier otro recurso natural disponible.

A partir de la correcta interpretación de la manifestación de cada problema, se plantean alternativas para su atención. La construcción

y las actividades de mantenimiento periódico permiten dar seguimiento al comportamiento de las estructuras. La presencia de anomalías es el detonante de procesos evolutivos de las estrategias. Pero su éxito depende necesariamente de la búsqueda sistemática del verdadero origen de los problemas. La falta de atención a las causas genera desperdicio de tiempo y recursos, o peor aún, la implementación de acciones que pueden provocar daños colaterales.

Procedimientos

Se suele suponer que los componentes y técnicas antiguas eran de “mejor calidad” y que por eso se conservan muy bien los monumentos del pasado. Pero este hecho no es “obra de la casualidad”. Una parte importante de la explicación de la sorprendente durabilidad de materiales constructivos que han llegado hasta nuestros días tiene que ver con los procedimientos empleados en la selección de las materias primas, su transformación y su aplicación en la construcción.

Es importante descubrir los insumos con los que se construía en otros momentos, pero es indispensable también identificar la necesidad específica que se buscaba satisfacer, así como la manera en que se elaboraban los componentes constructivos, se combinaban y se ejecutaban las obras.



Los monumentos funerarios prehispánicos llamados *chullpas*, se construyeron mediante capas superpuestas de cúmulos de tierra arcillosa y la paja del pasto andino llamado *ichu*. Chacarilla, Bolivia.

Desafortunadamente estos “cómos” no son fáciles de reconocer y documentar en los estudios que se realizan en edificios históricos y vernáculos. Este problema en gran medida surge del hecho de que se cuenta con muy pocos textos originales que detallen los métodos constructivos seguidos. En la actualidad se desconoce la mayoría de los procedimientos vernáculos porque fueron transmitidos de padres a hijos o de maestros a aprendices, a través de la práctica misma y, por lo tanto, no había necesidad de contar con documentos que los describieran. Al tratarse de saberes compartidos por la mayoría de los miembros de las comunidades, no parecía tener sentido narrarlos y menos aún dejarlos por escrito: solamente había que hacerlos y sentirlos.

Además de esta escasez de fuentes documentales, se presenta el problema de que en los vestigios arqueológicos muchas veces no son evidentes las huellas de los utensilios de obra ni de los pasos seguidos durante su elaboración.

A simple vista, en una ruina no se nota fácilmente si la tierra que se usó para construir fue tamizada, se decantó, se mezcló o se extrajo de uno o más bancos de materiales. Más complejo resulta identificar, por ejemplo, si un revestimiento se ejecutó en una o más capas simultáneas, si se trata de reparaciones posteriores, si se aplicaron a mano o con la ayuda de herramientas, en qué estación del año se colocaban, o si las mezclas fueron estabilizadas con sustancias orgánicas cuyo efecto y rastros desaparecieron hace décadas.

Esta falta de información básica nos pone ante una encrucijada pues, aunque pudiera contarse con la misma materia prima, por más que se cuiden los procesos constructivos, es altamente probable que los resultados difieran de los restos antiguos.

Cuando no hay indicios de los métodos de elaboración, no es fácil imaginar las etapas de los procedimientos para desarrollar estructuras, porque las vemos como “hechos consumados”.

Por ello, si se encuentran las ruinas de un muro que fue realizado con tierra amasada, por ejemplo, a simple vista puede confundirse con uno de tapia. Lo que un investigador



En las ruinas de Joya de Cerén, El Salvador, diversos muros parecen ser de tapia pero sus núcleos presentan fisuras, grumos y vacíos que evidencian que originalmente la mezcla estaba demasiado húmeda como para ser compactada, por lo que es más probable que se hubiera edificado con la técnica de tierra amasada.

observa en esa estructura es una acumulación de capas de tierra con superficies notablemente lisas y una serie de hiladas superpuestas que aparentemente tienen secciones que denotan una especie de bloques (Guerrero, 2018).

Pero si se conocen las condiciones que debe reunir la tierra para ser trabajada con una técnica y no con otra, la cantidad de agua que ha de tener una masa para poderse compactar, las fuentes de extracción, la organización de las comunidades, los instrumentos y herramientas con los que se contaban en cierta época, entre muchos otros factores, es posible tener más detalles que permitan determinar el proceso que pudo haber recibido la materia prima en manos de sus constructores, para transformarse en el muro que observamos.



La mezcla para hacer adobes debe dejarse reposar para que tenga una adecuada plasticidad. Guadalupe, Zacatecas.

Un número importante de estudios de obras preexistentes se enfoca en la búsqueda de “materiales mágicos” que permitieron alcanzar buenos resultados, pero se deja de lado la vital cuestión de las técnicas de ejecución de las obras.

Este hecho en cierta medida obedece a una visión “moderna” de los fenómenos que lleva a suponer que la materia y sus combinaciones lo resuelven todo. Es una tendencia en la que se pasa por alto aquello que no se ve, es decir el mundo inmaterial del “saber hacer”: el Patrimonio Intangible.

Aunque algunos de los pasos seguidos tradicionalmente para la recolección, corte, extracción o transformación de las materias primas puedan parecer “supersticiones”, normalmente obedecen a condiciones derivadas

del conocimiento profundo de las leyes de la naturaleza. Como se detallará posteriormente, existen motivos totalmente lógicos para la elección de los “momentos propicios” de realización de determinadas tareas, como el corte de los vegetales o el amasado de la tierra. Incluso es posible que hasta tengan que ver con lo que podría considerarse como medios de manejo sostenible de los recursos. Se veía la conveniencia de utilizar lo que brinda la naturaleza sólo en periodos y cantidades precisas para evitar su agotamiento.

Antes de pretender “mejorar” los procesos que guían la edificación vernácula es fundamental buscar su explicación. Resulta arrogante y hasta ilógico echar por la borda la energía y conocimientos invertidos en la experimentación atávica de las generaciones de constructores que nos antecedieron.

Uno de los factores que se suelen despreciar de las culturas constructivas locales se deriva del manejo del tiempo. El mundo globalizado en que vivimos se sustenta en la idea que todo puede ser “optimizado” para hacer “más con menos” y a la mayor velocidad posible.

Esa tendencia pasa por alto el hecho explicado química y físicamente de que los materiales requieren hidratarse, mezclarse, fermentarse o secarse por periodos largos, a fin de lograr reacciones completas.

Sólo por citar un ejemplo relativo al manejo del tiempo en la elaboración de adobes, Vitruvio, el arquitecto y tratadista romano que

aproximadamente en el año 25 a.C. escribió sus *Diez libros de la arquitectura*, indicaba que:

[Los adobes]...se deben hacer en primavera o en otoño, con objeto de que se vayan secando por todas partes de una manera uniforme; en cambio los que se hacen durante el solsticio son defectuosos, porque el sol ardiente seca pronto su corteza, dándoles apariencia de secos, pero luego, cuando efectivamente se han secado, se contraen y, resquebrajándose su superficie, se estropean completamente. Los mejores serán los hechos dos años antes, puesto que pueden secarse preferentemente por su parte interna antes de este tiempo. Con los que se utilizan en fresco y no secos del todo, resulta que el revoque que se les da encima y que adquiere una consistencia rígida permanece invariable; ellos, en cambio, no pueden conservar la misma rigidez que el enlucido, no se adhieren a él y por la contracción se separan. De suerte que los enlucidos separados de la pared, en razón de su escaso espesor, no son capaces de sostenerse por sí mismos y terminan por soltarse, y hasta la propia pared se resquebraja de manera desigual y acaba por estropearse. Por eso en Útica no se permite construir sino con adobe seco, hecho cinco años antes y aceptado por el magistrado (Vitruvio, 1985, pp. 40-41).

La construcción tradicional tiene ritmos y secuencias que dependen de la observación cotidiana de los ciclos naturales y de la reacción de la materia a los efectos del viento, la lluvia, las estaciones, la humedad ambiental, la temperatura, el sol y la luna.



Se acostumbra dejar reposar la tierra humedecida durante varios días, antes de hacer adobes. Mopti, Mali.

Emplazamiento

Además del reconocimiento de la compatibilidad y procedimientos constructivos, resulta fundamental entender que las prácticas generadas en el pasado son válidas dentro de contextos específicos. La interacción con las condicionantes naturales de cada emplazamiento lleva a la correcta adecuación de las obras, por lo que es un grave error pretender buscar respuestas universales.

Ese es uno de los puntos más débiles de los procesos constructivos derivados de la industrialización. La aspiración por contar con soluciones edilicias estandarizadas para todo tiempo y lugar.

Una de las grandes lecciones de las obras del pasado radica en el reconocimiento de la manera en que las sociedades tradicionales consiguieron sacar el provecho más racional de los recursos locales. La naturaleza genera condicionantes climatológicas, hídricas, topográficas y telúricas singulares por lo que sus habitantes recurrieron a los medios a su alcance para adaptarse de la manera más estable al entorno.

No obstante, a pesar de la particularidad de cada región y sus recursos, es posible encontrar diversos patrones que responden a una lógica que ha sido “interpretada” con diferentes materiales constructivos.



Las Casas en Acantilado de la Cueva del Maguey en Durango, tienen sistemas prehispánicos de techos en los que los morillos soportan una cama de rajás de troncos sobre la que se asienta el lodo que conformaba entrepisos y techos.

Por ejemplo, los techos de viguería que se presentan en la mayor parte de la arquitectura tradicional, obedecen a leyes determinadas por la resistencia de los materiales disponibles, que conducen a dimensionamientos específicos. Pero existen techos de viguería en los que los soportes fueron realizados con secciones de troncos, centros de cactáceas, inflorescencias de agaváceas, bambú, carrizos o haces de ramas atadas y embarradas. Los materiales pueden ser tan diversos como las características geográficas de sus contextos, pero los principios estructurales generales son similares.

Por eso, es crucial el análisis de las evidencias históricas y tradicionales de cada sitio en el que se pretende edificar a fin de poner en valor el manejo de materiales naturales y, sobre todo, evitar la generación y dependencia de “recetas”.

En esta sección del libro justamente se busca contribuir en esa línea de pensamiento, a partir de la identificación de la razón de ser del uso de cuatro grandes familias de materiales constructivos.

Como se mencionó en la Introducción, este texto no es un “manual” que pretenda dar opciones para seleccionar propuestas que puedan ser aplicadas de manera indiscriminada. Es necesario conocer el potencial y vulnerabilidad de la materia prima, así como los procedimientos que conducen a determinadas soluciones en función del lugar al que pertenecen.

Una de las principales enseñanzas de las obras mostradas en este libro deriva de la evi-

dencia de que, con recursos materiales relativamente limitados, es posible hacer obras perfectamente adaptadas a su medio.

El estudio cuidadoso de estructuras preexistentes ayuda a evitar “trasplantar” soluciones en diferentes regiones. Lo que resulta ecológico para un sitio puede no serlo para otro.

Sin embargo, a pesar de la singularidad de cada espacio y componente bioconstruido,



En Álamos, Sonora, los techos se construyen con varas que se acomodan entre los morillos, alternando el ángulo de colocación para generar un juego visual.

existen rasgos formales, funcionales y dimensionales que marcan límites precisos que sirven de base para su posible conocimiento, así como los medios para desarrollar la transferencia tecnológica que propicie su difusión.

Si bien es cierto que no es deseable la homogeneización de ningún tipo de arquitectura –ni aunque se realice con materiales naturales– sí es posible identificar rasgos tipológicos que marcan fronteras epistémicas dentro de las cuales es viable actuar.

La historia nos muestra la existencia de una lógica constructiva que está determinada por una serie de patrones elementales que cuentan con un nivel de aplicabilidad lo suficientemente amplio como para dar libertad de ejecución. Los límites de actuación dependen de la sintonía entre la naturaleza del emplazamiento y las propiedades de los materiales y sistemas constructivos.

Recursos naturales

La bioconstrucción propone utilizar la materia prima que más abunda en el sitio en el que se edifica, cuya extracción y transformación demande la menor cantidad posible de energía. Asimismo, se trata de evitar la generación de desechos al medio ambiente, desde su origen hasta su disposición final al concluir la vida útil de los inmuebles.

Además, al entender al hombre como parte de la naturaleza se procura el equilibrio entre



Una lechada delgada de cal garantiza la protección de muros y revoques de tierra por varias décadas. Ek' Balam, Yucatán.

su confort y el medio ambiente. Esta relación con el entorno tiene que ver con las condiciones climáticas imperantes, el tipo y pendiente de los terrenos, la fuerza y dirección de los vientos, la sismicidad, la humedad del suelo, los movimientos relativos del sol y la vinculación con la vegetación nativa, entre muchos otros factores.

Los materiales que se consideran aptos para la bioconstrucción son la tierra, la piedra, las fibras vegetales, las maderas y los extractos naturales.

También existen algunos materiales que, a pesar de que su procesamiento implica métodos de extracción y transformación que afectan el equilibrio natural, es posible utilizarlos en cantidades tan pequeñas que se minimiza

su impacto. Este es el caso de la cal o el yeso, que permiten la estabilización de la tierra y el desarrollo de revoques o pinturas (Cruz, 2013).

Es evidente que además de que existen materiales más o menos apropiados para resolver necesidades específicas, también se requiere considerar su disponibilidad. Si, por ejemplo, se decide construir un conjunto de viviendas de madera en una zona boscosa pero no se propone un manejo adecuado de la tala y siembra, entonces no se puede decir que se trata de un proceso de construcción natural.

La madera, la paja o los carrizos se consideran muy apropiados por su impacto benéfico en la captura de CO_2 de la atmósfera y por su potencial de regeneración. Pero si ésta no es atendida como parte del proceso constructivo, entonces su uso puede ser tan dañino para el entorno como el empleo de materiales de origen industrializado.

Finalmente, resulta crucial considerar que la bioconstrucción está directamente relacionada con la escala humana. Los megaproyectos comerciales, industriales, habitacionales, educativos, turísticos o culturales no pueden considerarse sostenibles si para su realización agotan las tierras o las piedras locales, alteran el flujo de las corrientes de agua o el desarrollo natural de los ecosistemas.

La huella ecológica se mide por su profundidad y dimensión. Entre más tiempo tarde el medio ambiente en alcanzar el equilibrio que se tenía antes de las alteraciones antrópicas,

mayores serán los daños colaterales imprevistos. Pero en el polo opuesto, un proyecto cuidadoso de bioconstrucción tiene el potencial de actuar de manera positiva en entornos dañados y ayudar a regenerar suelos, atraer flora y fauna y hasta a cambiar las condiciones microclimáticas. La premisa de “pensar globalmente y actuar localmente” sintetiza esta búsqueda.

Tierra

Debido a que existe una amplia bibliografía referente a las características de los materiales constructivos naturales arriba mencionados, en esta sección solamente se hace referencia a su papel en la bioconstrucción. La diversidad de tipos de suelos, piedras, maderas y fibras hace inútil pretender su descripción detallada, por lo que, para los fines del presente libro, se busca enfatizar, básicamente, sus cualidades como componentes de los sistemas constructivos.

En primer lugar, se habla de la tierra por ser el recurso que se suele emplear en mayor volumen en los procesos de bioconstrucción. Este material que se deriva de la transformación milenaria de la corteza terrestre está conformado por una serie de capas superpuestas cuyo origen se debe a la descomposición de la roca madre por efectos geológicos y atmosféricos. La lluvia, el viento, los volcanes, la vegetación y los movimientos del terreno han conformado

diferentes formas de cristales cuya combinación relativa se ha acumulado en estratos.

Las capas más profundas del subsuelo suelen tener poca capacidad para ser transformadas en materiales constructivos porque tienden a ser demasiado homogéneas. Pero, la capa externa de la corteza terrestre –que normalmente se conoce con el nombre de “tierra orgánica”– tampoco presenta cualidades adecuadas para ser utilizada como materia constructiva porque los componentes de origen vegetal o animal que contiene pueden afectar la manera en que reacciona el sistema tanto al momento de construir como durante la vida útil de la obra.

Aunque se sabe que la tierra se suele mejorar mediante el agregado de materiales orgánicos tales como las fibras y los extractos vegetales, así como excrementos de ganado, estos componentes se añaden de manera controlada. En cambio, en el suelo orgánico los detritos interactúan con el medio ambiente de manera impredecible, lo cual suele generar procesos de descomposición cuyas reacciones químicas afectarán la futura estabilidad de las estructuras (Guerrero, 2007).

El estrato más adecuado para usarse como materia constructiva se encuentra justamente entre la capa inerte y la orgánica del subsuelo, a una profundidad que puede ir de 30cm a 2m o más. Lógicamente, esta dimensión es muy variable dependiendo de la orografía de los te-



En la construcción de Chan Chan, Perú, de hace más de 1000 años, no se emplearon fibras para reforzar los adobes sino grava y piedras de hasta 4 o 5cm de diámetro.

rrenos. Incluso, es posible que en un mismo sitio la profundidad del suelo apropiada para extraer materia prima para edificar cambie de un punto a otro.

La tierra útil para construir requiere contar con una relación volumétrica equilibrada de seis componentes: gravas, arenas, limos, arcillas, agua y aire. Cada fracción de la tierra juega un papel relevante en el sistema por lo que, dependiendo de la técnica constructiva a emplear, se debe cuidar su dosificación en volúmenes específicos.

Las gravas son unidades que tienen una dimensión granulométrica que va de los 3 a los 20mm, y ayudan a conformar la estructura portante. Sin embargo, su volumen relativo puede ser limitado e incluso suprimido en algunos sistemas constructivos en los que se trabaja con capas relativamente delgadas, como sucede por ejemplo con los revoques (Cerro y Baruch, 2011).

Las arenas, al igual que las gravas, son componentes estables del suelo pues, aunque sus partículas no tienen cohesión entre sí, se oponen a los desplazamientos relativos gracias a la fricción entre sus caras y aristas. Tienen una dimensión granulométrica que va de los 0.05 a los 3mm.

El limo, que es un tipo de arena muy fina, tampoco tiene cohesión interna, pero presenta una menor oposición a los desplazamientos relativos que las arenas por la pequeña dimensión de sus granos. Contiene partículas cuyo tamaño oscila entre los 0.002 y 0.05mm.

Estos tres componentes, a los que se les suele denominar “áridos”, se caracterizan por no tener capacidad para retener agua. Por eso resultan muy estables y resistentes en los procesos constructivos. Es aconsejable la presencia equilibrada de diferentes tamaños de partículas porque al momento de combinarse, los limos se intercalan entre las arenas y éstas a su vez rellenan los huecos entre las gravas, de manera que la densidad del sistema se incre-

menta. Con ello se consigue mayor resistencia ante esfuerzos estructurales (Houben y Doat, 1982).

Pero el papel protagonista de los sistemas constructivos de tierra lo desarrollan las arcillas que, a pesar de ser los componentes más inestables del conjunto, son los únicos que tienen la propiedad de aglutinarlo. Debido a la forma y organización de sus compuestos, los minerales arcillosos son muy sensibles a los cambios de humedad. En presencia del agua sus cristales se dispersan a consecuencia de procesos de repulsión electrostática, pero al secarse se atraen y se unen entre sí, intercálándose y “atrapando” al resto de los componentes del suelo. Es por ello que las arcillas constituyen los materiales que cohesionan y dan unidad al sistema. Se trata de partículas sumamente finas y sus dimensiones suelen ser menores a 0.002mm (Warren, 1999).

Los áridos de la tierra podrían considerarse el equivalente al “esqueleto” de un organismo mientras que las arcillas hacen el papel de los “músculos y tendones”.

Las propiedades de los suelos van a variar en función de las proporciones relativas de presencia de estos componentes. Si la tierra tiene demasiados áridos, a pesar de presentar gran estabilidad ante los cambios de humedad, la falta de arcilla la volverá deleznable. En cambio, una tierra arcillosa presenta alto poder ligante pero la ausencia o presencia de

agua le provocan cambios volumétricos capaces de generar agrietamientos en su superficie.

La tierra para construir está disponible en muchos lugares, pero obviamente algunos suelos resultan más idóneos que otros en su condición natural, en función del sistema constructivo en el que se pretendan aplicar.

Sin embargo, la mayor parte de las culturas tradicionales que han empleado tierra como base de sus procesos constructivos, han recurrido a estrategias de modificación de sus condiciones naturales a fin de conseguir el equilibrio necesario para la conformación del sistema que se desee emplear. Estas formas de modificación se suelen agrupar en dos tipos: los procesos de compensación y los de estabilización.



En la construcción tradicional de muros de tapia, la tierra requiere la presencia de áridos que propicien la densificación. El exceso de arcilla dificulta compactar al incrementarse la humedad del sistema. Chuquiribamba, Ecuador.

La compensación de una tierra se desarrolla simplemente agregándole una dosificación identificada mediante ensayos de campo, de la fracción granulométrica de la que sea deficitaria. Si se requiere realizar por ejemplo un muro de bajareque o un revoque y sólo se cuenta con una tierra con demasiados áridos, seguramente al secarse se volverá frágil y deleznable. Para evitarlo es posible compensarla agregando un poco de arcilla adicional o bien combinarla con una tierra arcillosa, hasta conseguir la cohesividad adecuada.

En el polo opuesto, si la tierra local resulta demasiado arcillosa y se desea elaborar adobes o un muro de tapia, el resultado final será un material que presentará fuertes retracciones volumétricas que se manifestarán como fisuras y grietas. Estas fallas, además de hacer inestables las estructuras, pueden ser detonantes de posteriores procesos de deterioro. Para evitarlo se recurre a mecanismos de compensación en los que se adicionen volúmenes de arena o de grava determinados de manera experimental, hasta que se evite su retracción.

Cuando estos tipos de compensación no han sido viables por la ausencia de materias primas en la localidad, históricamente los constructores han apelado a la estrategia de la estabilización. Este procedimiento permite equilibrar el comportamiento de las tierras al agregarles sustancias o componentes que no están presentes de forma natural en los sue-

los. Su aplicación lógicamente dependerá del tipo de deficiencia que presenta la materia prima en función del uso que se le quiera dar, así como, de la abundancia de recursos naturales locales.

Como se comentó líneas arriba, para el caso de las tierras arcillosas lo más frecuente ha sido la incorporación de fibras que limiten la retracción de los sistemas. En otras tradiciones se han utilizado alternativamente emulsiones grasosas de origen animal, vegetal o bituminoso que, aplicadas en pequeños volúmenes, controlan el ingreso del agua a las arcillas, con lo que se evita igualmente su agrietamiento al secar.

En cambio, cuando las tierras disponibles son demasiado arenosas, históricamente se han estabilizado añadiéndoles materiales aglutinantes como algunas proteínas de subproductos animales, como las que contienen la leche o el huevo; polisacáridos de las cactáceas, o bien, gomas o resinas que colaboran con el papel adhesivo de las arcillas del sistema.

Existen sustancias que cumplen más de un papel en los procedimientos constructivos. Un caso muy conocido es el de los mucílago y pectinas que se suelen incorporar a las argamasas hechas a base de tierra o de hidróxido de calcio (Guerrero, 2013). El jugo del nopal (*Opuntia ficus*) le confiere mejor trabajabilidad a las mezclas y funciona como ralentizador del secado con lo que se obtienen

composiciones con organizaciones cristalinas más estables. Además, le da consistencia a los morteros gracias a sus cualidades cohesivas. Incluso, es un valioso recurso para la conservación preventiva de las superficies ante los efectos climatológicos porque, sin ser una substancia impermeabilizante, ayuda a retrasar el ingreso de la humedad a los sustratos edilicios (Avila y Guerrero, 2018).

Finalmente, una forma de estabilización que ha sido probada con notable eficacia es la modificación química de las arcillas mediante la adición de pequeños volúmenes de cal, yeso, silicato de sodio o de potasio. Estos compuestos reaccionan con la tierra haciéndola más consistente, densa, resistente ante esfuerzos mecánicos, la abrasión y la acción hídrica.



A pesar de la acumulación de agua provocada por los pavimentos de cemento, los zócalos de piedra asentada con lodo evitan la ascensión capilar y protegen las bases de los muros de adobe. Huayapam, Oaxaca.

Piedra

En lo que se refiere a los materiales rocosos utilizados como componentes constructivos es importante tomar en cuenta que se trata de recursos que requieren mayor esfuerzo para su extracción, traslado y transformación que los elementos de tierra, por lo que su presencia como parte de la bioconstrucción suele estar más acotada.

Sin embargo, constituyen piezas fundamentales para garantizar la estabilidad estructural de los edificios, así como para evitar los problemas derivados del exceso de humedad. Las dos principales virtudes de las piedras devienen de su elevada capacidad de carga y su impermeabilidad.

La diversidad de piedras que se han empleado a lo largo de la historia de la construcción en México es muy amplia pero las sociedades siempre hicieron un uso muy racional de su potencial. Los materiales más duros y densos son insustituibles como basamento de todo tipo de estructuras. Las rocas más porosas permiten desarrollar pedraplenes, cimentaciones y zócalos muy adecuados porque tienen la capacidad de propiciar la evaporación del agua y evitar así la absorción capilar de origen freático (Guerrero, Correia y Guillaud, 2012).

Las piedras que tienen la posibilidad de ser labradas o exfoliadas permiten elaborar pavimentos muy duraderos y con la aspereza necesaria para brindar seguridad al caminar.

También se suele optar por piedras labradas, para conformar refuerzos estructurales en áreas especialmente sensibles por la transmisión y concentración de cargas de muros y cubiertas. Entonces se emplean para conformar jambas de los marcos de puertas y ventanas, como apoyos adicionales en esquinas en las que puedan coincidir empujes en diferentes direcciones en casos de sismos, como paredes de contención de terrenos aterrazados y, de manera muy frecuente, como apoyos aislados. En este último caso las piedras pueden formar el fuste completo de las columnas o emplearse solamente en los puntos más sensibles, que son los extremos, conformando basas, zócalos y capiteles.

Por último, los cantos rodados, dependiendo de su forma y dimensión, pueden servir también como rellenos en sub-bases de pisos que los aíslen de la humedad freática, como pavimentos enmorrillados o empedrados, y, si se cuida su disposición geométrica y acomodo, pueden ser una opción viable como componentes de cimentación.

En sitios en los que el acceso a piedras ha sido más fácil que a la tierra, madera o fibras, se han utilizado para conformar la totalidad de los muros e incluso los entrepisos y cubiertas mediante sistemas abovedados. En algunas regiones las lajas talladas de rocas metamórficas, como las pizarras, se aprovechan para cubrir por completo los techos a manera de tejados.

Los espacios construidos con muros de piedra pueden adquirir condiciones positivas de confort si las obras se orientan de forma adecuada con relación a los rayos solares, debido a su baja difusividad térmica. Eso permite que muros o pisos de piedra conserven el calor que reciben por radiación y que lo difundan lentamente en los espacios durante la tarde y noche.

Es evidente que la eficiencia en el uso de la piedra tiene que ver con la pericia de las



Parte del éxito de los sorprendentes aparejos de piedra de origen inca deviene del uso de la tierra como soporte estructural del núcleo de los muros. Cusco, Perú.

personas que la tallan, con el adecuado aparejo de sus unidades y con el tipo de mortero con el que se ligan. A lo largo de la historia, el mortero más utilizado ha sido el de lodo. Las tierras arcillosas tienen un comportamiento muy compatible con la mayor parte de las rocas, especialmente cuando los sistemas constructivos se encuentran directamente ligados con el terreno como sucede con los pedraplenes, cimentaciones y zócalos.

Además de conseguirse una buena adherencia, los morteros de barro ayudan a evitar la absorción capilar desde el subsuelo porque conducen el exceso de humedad hacia las caras expuestas de los sistemas, de manera que se encauza el flujo del agua y se evitan posibles arrastres de sales solubles que a la larga provocan las eflorescencias salinas que se conocen comúnmente como “salitre”. Este desplazamiento de sales solubles no se reduce a un simple problema estético. La cristalización debajo o sobre las superficies constructivas afecta su estabilidad, causa desprendimientos y a la larga debilita el comportamiento portante de los muros.

No obstante, aunque se cuente con un material aglutinante de alta eficiencia como los morteros de lodo, no debe perderse de vista la importancia del adecuado contrapeo de las piezas que conforman los sistemas constructivos. De nada sirve tener piedras como los basaltos o granitos que resistan 400 o 500 kg/cm²

si cuando se colocan por hiladas no se cuida el correcto traslape de las piezas.

Debe tenerse siempre en cuenta que el papel de los morteros, más que aglutinar, consiste en rellenar los huecos en las caras que se tocan entre las piedras, a fin de conseguir una transferencia uniforme de cargas. La diferencia que existe entre la resistencia de los morteros y las piedras hace que el sistema falle si no se cuida que cada una esté rodeada por completo de otras piezas con las cuales comparta los esfuerzos y, sobre todo, que se evite la continuidad de las juntas entre hiladas sobrepuestas.

Esta condición es fundamental para cualquier procedimiento constructivo pues la mayor parte de las patologías que se presentan en estructuras realizadas con materiales tradicionales tiene su origen en la cimentación. Fisuras, deformaciones, hundimientos diferenciales y desplomes de muros, suelen ser consecuencia de fallas originadas en piedras mal imbricadas en la cimentación. Asimismo, es necesario considerar que se trata de componentes cuya reparación es más cara y complicada. Es por ello que se debe tener un especial cuidado en la selección, corte, presentación, acomodo y traslape de las piedras que constituyen –literalmente– el fundamento de las obras.

Por otra parte, cuando se combinan componentes constructivos de tierra con refuerzos



Los dentellones de los refuerzos de piedra se intercalan en las hiladas de los adobes para evitar fallas verticales. Centro Cultural Bicentenario, Durango.

de piedra, el diferencial de resistencia estructural entre ambos materiales, así como sus coeficientes de contracción y dilatación por efectos térmicos, provocan la aparición de fisuras entre ellos y en la eventualidad de un movimiento sísmico, los componentes rígidos pueden dañar al conjunto.

Por ello, cuando se introducen refuerzos en jambas, dinteles, esquinas o dadas de piedra en muros de tierra será necesario diseñar áreas de encuentro en las que se incremente lo más posible su superficie de contacto. De este modo se genera una mayor fricción entre las capas y los posibles movimientos que sufran las estructuras por la llegada de empujes laterales, serán desviados, por lo que las afectarán en menor medida.

Las jambas y refuerzos deberán unirse a los muros de tierra mediante dentellones que vayan ensamblando ambos materiales hilada por hilada. Este recurso permite que incluso si se llegaran a presentar fisuras entre los dos materiales, éstas no sean de importancia estructural por su corta longitud, y que además resulten fácilmente reparables.

Fibras vegetales

Con respecto a las diferentes fibras que se han empleado a lo largo de la historia y que representan un recurso clave para la bioconstrucción, es importante tomar en cuenta el sistema en el que se habrán de emplear y, sobre todo, las condiciones climatológicas del sitio.



En Cuenca de Campos, España, se utiliza gran cantidad de paja de trigo finamente picada para estabilizar revoques que puedan conservarse a la intemperie, a pesar de las extremas condiciones climáticas regionales.

La edificación con fibras vegetales presenta notables cualidades debido a que confiere ligereza y flexibilidad a los sistemas constructivos, condiciones que resultan de alto valor especialmente en zonas sísmicas. Además, debido a que contienen un elevado volumen de aire en su interior, ayudan a desarrollar sistemas constructivos con propiedades térmicamente aislantes que mantienen estable la temperatura al interior de los espacios.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las fibras utilizadas no deben estar verdes porque la humedad contenida seguramente favorecerá el desarrollo de microorganismos, hongos y hasta fauna parásita que lógicamente se convierte en un detonante del deterioro veloz de los sistemas constructivos y una fuente potencial de enfermedades para los habitantes.

A lo largo de la historia se ha empleado una amplia variedad de fibras vegetales, dependiendo tanto de los recursos locales como del componente constructivo a desarrollar. Se aplican de manera masiva como sucede con los muros de pacas y los techos de paja, o bien, en combinación con la tierra en todos los sistemas constructivos (Swentzell *et al.*, 1994).

Entre las fibras y la tierra como componentes constructivos se presenta una interesante simbiosis. Como se mencionó líneas arriba, las fibras vegetales, además de controlar la retracción volumétrica de materiales arcillosos,



Las fibras con que se desarrolló el sistema constructivo de “shicras” (bolsas tejidas que envolvían piedras) en Caral, Perú, permitieron el fechamiento del sitio arqueológico para el año 2600 a.C. y se mantienen en sorprendente estado de conservación.

le dan flexibilidad y resistencia a la tracción a los sistemas, cualidades de las que carece la tierra seca. Y en el sentido opuesto, las fibras que se recubren con materiales arcillosos adquieren resistencia a la compresión, propiedad que les es totalmente ajena de forma aislada. Pero, lo más importante de esta relación sinérgica es que se prolonga su vida útil. La tierra tiene la propiedad de realizar de manera cotidiana procesos de intercambio de vapor de agua con el medio ambiente. Cuando un espacio está excesivamente húmedo la tierra se hidrata y cuando está demasiado seco, deja salir vapor de agua (Minke, 2005).

Por ello, al interior de las estructuras de tierra se mantienen condiciones sumamente

estables de humedad y temperatura que las arcillas regulan. Esto evita la condensación del agua y previene el desecamiento, con lo que las fibras vegetales integradas al sistema permanecen en equilibrio. Sorprende ver casos como los de las zonas arqueológicas de Uruk, en Irak; Çatalhöyük, en Turquía (Mellaart, 1967); o Caral, en Perú, donde se conservan fibras vegetales empleadas en morteros de tierra con más de cuatro mil años de antigüedad (Shady *et al.*, 2009).

Las fibras que se han empleado con mayor frecuencia son las provenientes de pastos (zacates), trigo, centeno, cebada, arroz o avena, así como algunas especies de acículas de pináceas conocidas en las diferentes regiones del país como “hojas de pino”, “barba de oco-



Los techos de fibras mantienen estable la temperatura y humedad al interior de los graneros. Sevaré, Mali.

te”, ocoxal o huinumo. También ha tenido una trayectoria histórica de gran éxito el empleo de las fibras que se extraen de las hojas de agaváceas y que, dependiendo de la región y especie de origen, se conocen como sisal, fique, cabuya, henequén o ixtle. Lo mismo sucede con herbáceas o gramíneas tratadas y secas, con las que se producen fibras de altísima resistencia como el yute, el cáñamo o el esparto.

Las fibras en cordeles o en textiles pueden servir para atar materiales leñosos y para favorecer la adecuada adherencia de la tierra en sus superficies.

Finalmente, se podría integrar a la categoría de las fibras vegetales el uso de tallos y hojas completas como las que permiten la conformación de techados en los que destaca el empleo del magüey, sotol, yucas y, sobre todo, diferentes tipos de palmas.

Los sistemas de techado conocidos genéricamente como pajizos han sido utilizados en muchas regiones del orbe desde épocas muy remotas. Su éxito depende del momento de madurez de las plantas al momento de su corte, de su disposición por capas y, sobre todo, de la adecuada pendiente de las cubiertas que evite la acumulación del agua cuando llueve y la consecuente pudrición del material vegetal.

Estos sistemas de techado, además de tener muy bajo impacto ambiental, generan condiciones de equilibrio higrotérmico al inte-



En la arquitectura indígena del suroeste de Estados Unidos se acostumbra dejar expuestos los cabezales de los morillos que soportan el terrado de los techos. Taos, Nuevo México.

rior de los espacios, haciéndolos confortables tanto en zonas frías como cálidas. Cuando se construyen de forma apropiada y reciben acciones de mantenimiento preventivo, pueden durar treinta o cuarenta años.

Materiales leñosos

Los troncos, tallos y varas que se suelen utilizar en la bioconstrucción, y cuyo empleo igualmente tiene un origen ancestral, en general están destinados a complementar las capacidades estructurales de la edificación.

La tierra y la piedra básicamente tienen propiedades mecánicas relacionadas con la resistencia a la compresión, por lo que constituyen el sustento de las paredes. El peso de los entrepisos y techos es transmitido mediante los muros al suelo, gracias a que tienen la cualidad de no deformarse al cargar. Pero

la resistencia a la tensión, flexión y torsión de los sistemas térreos o pétreos es muy limitada, de manera que es riesgoso utilizarlos para conformar elementos horizontales en las estructuras.

Es en esos casos, cuando los componentes leñosos entran en acción como parte del sistema constructivo. La madera, bambúseas, carrizos, cactáceas secas, inflorescencias de magueyes (conocidos en México como “quiotetes”) utilizados de manera aislada o en haces, sirven como apoyo estructural para soportar entrepisos y techos. Asimismo, los vanos de pórticos, puertas y ventanas que no se estructuran mediante arcos, necesitan dinteles realizados con estos materiales.

Al igual que sucede con el resto de los recursos vegetales, el éxito del funcionamiento de los sistemas leñosos radica en la adecuada selección de las especies y los momentos de corte. Los materiales empleados en la construcción han de estar totalmente secos para evitar el ingreso de hongos, bacterias o insectos xilófagos que puedan alterar su comportamiento estructural. Sin embargo, no deben estar demasiado secos porque sus fibras se vuelven quebradizas y frágiles.

Existen diferentes tradiciones relacionadas con la relación entre las fechas de corte de los materiales leñosos y los movimientos lunares. Al igual que sucede con las mareas, la luna tiene la propiedad de atraer los líquidos presentes en los tallos de los materiales leño-

sos, de manera que si se cortan en periodos asociados a la luna llena sus fibras contendrán demasiada humedad. Lo mismo ocurre con las horas del día. Normalmente se recomienda realizar el corte a tempranas horas de la mañana cuando los líquidos no han ascendido hacia el follaje.

Con respecto a la interacción de estos componentes con el resto de los materiales de las obras, no debe olvidarse que se caracterizan por presentar importantes procesos de dilatación y contracción a consecuencia de la presencia o ausencia del agua. Es por ello que desde el diseño se debe evitar fijarlos entre sí ni a otros elementos de soporte, porque se puede provocar la rotura del componente más frágil.

Es recomendable prever espacios para que los materiales leñosos tengan la posibilidad de “estirarse y encogerse” libremente sin afectar a partes vecinas. Este criterio es determinante en el caso de estructuras localizadas en regiones sísmicas en las que se requiere que los materiales puedan desplazarse relativamente, sin afectar la estabilidad del conjunto.

Otro aspecto constructivo a considerar se relaciona con los puntos de apoyo de vigas y dinteles en los muros de carga. En los edificios tradicionales hechos de tierra es común ver que los dinteles de puertas y ventanas tienen un área de descarga sobre las jambas lo suficientemente amplia. Sin que se trate de una receta, la dimensión del empotre de los dinteles sobre las jambas suele tener una longitud equivalen-



Los pasadores de madera que atraviesan las cabezas de las vigas de arriba hacia abajo, limitan el posible movimiento de los muros en caso de sismo, sin rigidizar al sistema constructivo. Tepeacoacuilco, Guerrero.

te a una tercera parte del claro. Así por ejemplo, ventanas de 90cm de apertura requieren dinteles con empotres de 30cm como mínimo a cada lado.

Dependiendo del sistema constructivo de los muros, a veces es aconsejable, además de esta consideración sobre la dimensión del empotre, la colocación de impostas sobre las jambas, es decir, refuerzos planos de mayor resistencia que los muros, que permitan difundir las cargas concentradas. Estas impostas pueden hacerse de madera, ladrillos o lajas de piedra.

Uno de los refuerzos estructurales que mejores resultados aporta a la resistencia de los edificios ante sismos, es la liga de los coronamientos de los muros mediante cadenas, dalas o zunchos perimetrales hechos con madera, carrizos o bambú. Estos arriostres desarrollan dos funciones estructurales simul-



Columnas de madera del pórtico de una hacienda en Comitán, Chiapas.

táneas: primero, distribuyen uniformemente las cargas puntuales de la cubierta hacia los muros y, sobre todo, transmiten los esfuerzos horizontalmente, evitando que los apoyos verticales oscilen de manera independiente ante la eventualidad de un sismo.

Para que se cumplan estas dos funciones, las cadenas o zunchos de cerramiento deben estar simplemente apoyadas en la corona de los muros. Cuando se diseñan anclajes o empotres que rigidizan las estructuras, se corre el riesgo de que los cambios dimensionales que se presentan de manera cotidiana por variaciones en la humedad de los materiales leñosos fracturen a las estructuras portantes.

Un recurso muy empleado en la edificación tradicional consiste en la inserción de pasado-

res de madera en el sentido transversal a las vigas el cual sirve como “tope” para los muros en el caso de movimientos sísmicos. Se pueden colocar solamente en los extremos de las vigas, pero existen casos en los que también se insertan al interior de los espacios de modo que los muros tienen menor libertad de movimiento.

Como la naturaleza de los componentes leñosos los hace muy diferentes al resto de la estructura de los edificios, es indispensable diseñarlos teniendo en mente una adecuada distribución de cargas y empujes eventuales. Además de cuidar que los pesos estén uniformemente distribuidos, el sistema debería comportarse unitariamente.

Si cada elemento tuviera que ser lo suficientemente fuerte como para resistir él solo la carga máxima a que puede estar sometido, sus dimensiones serían enormes. Pero cuando un edificio es continuo, cada una de sus partes ayuda a sostener los empujes permanentes y posibles esfuerzos imprevistos. Así, los elementos pueden ser relativamente débiles porque la continuidad de su interacción distribuirá las cargas entre los miembros y actuará como un todo. En esto consiste el principio de comportamiento orgánico de los sistemas estructurales que se enunció al inicio.

La madera está formada por fibras que corren paralelamente a todo lo alto del tronco con una constitución tubular que tiene la doble función de conducir la sabia y de darle soporte al árbol. Cuando la madera se secciona



Para elaborar el tejamanil se utilizan troncos cortados en cilindros de casi un metro de altura. Se desgajan en triángulos de los que progresivamente se separan piezas extraídas con cuñas. Ciudad Guerrero, Chihuahua y San Antonio Tierras Blancas, Michoacán.

longitudinalmente mediante sierras para producir tablas o vigas, las fibras pierden parcialmente la protección que de forma natural les dan sus paredes externas. Entonces las caras quedan expuestas a la intemperie con poros abiertos por lo que puede ingresar el agua, microorganismos e insectos xilófagos.

En cambio, cuando los troncos se seccionan mediante el procedimiento de desgajado con la ayuda de azuelas o cuñas en el sentido longitudinal de las fibras, se ejerce la presión necesaria para que se separen sin que se rompa su protección externa con lo que se consigue tener elementos constructivos con superficies notablemente resistentes.

Este procedimiento de corte se usó durante muchos siglos y ayuda a producir vigas, barrotes, tablones y tablas que, aunque tenían sus caras laterales ligeramente irregulares, eran muy duraderas porque se aprovechaba la propia estructura celular de sus fibras. Es posible encontrar monumentos en los que la madera cortada sin aserrarse se conserva por milenios.

De esta forma además se consigue un aprovechamiento total de la madera, lo que le confiere sostenibilidad económica y ecológica. Cuando se utilizan sierras para seccionar troncos se pierde mucho material que es convertido en aserrín.

Un uso muy positivo de estos procesos de trabajo de la madera se conoce en México con el nombre de “tejamanil” y se emplea gene-

ralmente para hacer tabletas para diferentes usos, pero sobre todo para conformar tejados. Dependiendo de las condiciones climatológicas de los sitios y, sobre todo, del cuidado en el diseño y colocación de las piezas, estos componentes pueden durar muchas décadas prácticamente sin ningún mantenimiento.

Al igual que sucede en la naturaleza, la bioconstrucción aprovecha al máximo las capacidades de los materiales y recursos disponibles. No hay caprichos ni desperdicios. Todos los elementos tienen un objetivo preciso y su escala está definida por la función que habrán de cumplir como parte del todo.

Pero, es importante no perder de vista que, aunque la permanencia de sus procesos pueda ser secular, en realidad se trata de fenómenos dinámicos en los que también se considera natural la necesidad de cambios y ajustes. No se trata de manifestaciones pensadas para la eternidad sino de soluciones acordes a las demandas y condicionantes de cada momento.

Las obras de origen tradicional y la bioconstrucción están vivas y, por lo tanto, requieren recibir mantenimiento preventivo en diferentes lapsos de tiempo. La adecuada elección de los materiales y su colocación como parte de las estructuras debería tener prevista la posibilidad de inspeccionar, limpiar y conservar los puntos más vulnerables de los techos, pisos, muros, instalaciones y acabados.

Un ejemplo muy ilustrativo de este tipo de diseño se puede observar en diversas edifica-

ciones de Mali, en el norte de África, en donde las fachadas presentan una serie de vigas o morillos insertos, que sirven como escaleras o andamios fijos para que los habitantes puedan ascender y aplicar, cada vez que se requiera, los recubrimientos de barro que se han deteriorado o perdido.

Estos componentes salientes de las fachadas que dan un sello distintivo a la arquitectura regional, parecen ser incluso un recurso higrotérmico para los edificios por las sombras que generan sobre las fachadas y como resultado del flujo del viento. Pero su razón principal deviene de la necesidad de vigilar los detalles de los revestimientos de los cuales depende la permanencia del conjunto. Esta actitud pone de manifiesto la total inoperancia de la búsqueda de propuestas arquitectónicas estáticas.

Ese dinamismo de la bioconstrucción está correlacionado con el entorno local. Cada diseño es único por el sitio en el que se implanta y las necesidades que satisface, pero además, interactúa de forma singular con la naturaleza que lo rodea, por lo que los periodos requeridos para su conservación preventiva responden al clima, geología y ecología regional.

Parte del fracaso derivado de la arquitectura “racionalista”, además del uso indiscriminado de materiales insostenibles que se detalló en la Introducción, tiene que ver con el idealismo que las fundamentaba y que llevaba a suponer a los arquitectos y constructores que era

posible (...y muy rentable) tener soluciones eternas y universales.

El trasfondo de los principios de la arquitectura “internacional” radica en la ingenua y a la vez siniestra idea de que se puede construir de la misma manera en cualquier lugar del mundo. La perversión de esta premisa de diseño está directamente conectada con la producción industrial de los materiales constructivos. Los diseños estandarizados los puede fabricar un número limitado de personas, sectores o países, y hacer que el resto



Andamiaje fijo de las fachadas para darles mantenimiento. Mezquita de Mopti, Mali.

del mundo dependa de sus insumos, bajo la creencia de que no requerirán ningún tipo de mantenimiento.

Este proceso no es sólo una tendencia que terminó el siglo pasado como secuela del Movimiento Moderno. Actualmente la propia búsqueda de edificación ecológica está siendo manipulada por intereses comerciales tendientes a la globalización de la “sustentabilidad”.

Cada día se desarrollan patentes, normas y estándares que solamente las empresas que las promueven pueden cumplir y se alienta a los gobiernos de diferentes niveles de cada país a evaluar y apoyar las obras que usan esos productos. La “industria verde” se está convirtiendo en un negocio muy jugoso para empresarios y políticos que los apoyan porque, a partir de certificaciones que evalúan sólo parcialmente la interacción de los edificios con su entorno, se consideran “sustentables”, a pesar de incorporar acero, concretos de alta resis-

tencia, aluminio, vidrios reflejantes, sistemas automatizados de iluminación, climatización artificial, bombeo del agua y otros cientos de recursos tecnológicos producidos muy lejos de los sitios de edificación.

La mayor parte de la “arquitectura inteligente” en la que se hacían viviendas y oficinas diseñadas con una “perspectiva bioclimática”, en realidad está generando una huella ecológica tan profunda como su predecesora “funcionalista” (Guerrero, 2015).

En cambio, la tradición y la bioconstrucción permiten el desarrollo de obras conectadas con su tiempo, espacio y habitantes. En ellas lo valioso está en el uso de materiales naturales, la orientación solar, la ventilación natural, recuperación de la lluvia, reciclaje de aguas servidas, mano de obra local, facilidad de reparación, cooperación comunitaria, la enseñanza práctica, la tradición y una vida sana vinculada a todos los seres del planeta.



Taller Internacional de Conservación y Restauración de Arquitectura de Tierra (TICRAT) en *Pecos National Historical Park*, Nuevo México.



SEGUNDA PARTE

TÉCNICAS DE BIOCONSTRUCCIÓN





Criterios de diseño

Antes de empezar a hablar de cada uno de los sistemas de la bioconstrucción en los que la tierra es el componente clave, resulta fundamental presentar algunas consideraciones generales que son aplicables a todas las técnicas.

Cimentación

El primer aspecto a considerar en el éxito o fracaso de toda construcción es su cimentación. Si una obra empieza mal, después será muy caro y laborioso repararla y en casos graves, es posible que se presenten hasta colapsos en las estructuras como resultado de eventos telúricos.

Para decidir la profundidad y ancho que deben tener las zanjas en las que se habrá de construir, conviene diseñar pensando de “arriba para abajo”. Primero se decide qué techo va a cubrir el sistema y qué técnica de muros se va a usar. El diseño y la altura de las obras

determina el ancho del muro. Eso define la dimensión de la corona de la cimentación y normalmente el ancho de su base corresponde al doble del ancho de la corona. Entonces, en muros de 40cm se tendrían bases de desplante de 80cm, pero la zanja debe ser al menos 20cm



más amplia para dar espacio para las maniobras de construcción. Desde luego que esa no puede ser una norma general porque cada terreno tiene diferente capacidad de carga, pero es una referencia aceptable.

Entre las cosas que se deben tomar en cuenta para la cimentación destaca la adecuada selección de tipos de morteros en función del cuidado del flujo de la humedad hacia los muros. Por ejemplo, cuando el terreno tiene un elevado nivel freático resulta apropiado agregar “cacahuatillo” (tepojal o tepezil) a las mezclas. Se trata de un material de origen volcánico, parecido a la piedra pómez, que es capaz de desarrollar una reacción puzolánica con la cal, es decir, que se transforma químicamente en una especie de “cemento ecológico”.

Hay terrenos en los que a pesar de que se hagan tratamientos del suelo y canales de desviación del agua freática, como los llamados “drenes franceses”, la humedad del subsuelo tiende a subir a los muros por capilaridad. Las argamasas puzolánicas evitan este proceso y además se ven favorecidas justamente por la presencia de humedad que es la que propicia la reacción de los materiales volcánicos con la cal.

En cambio, en terrenos donde la humedad del subsuelo no es un problema, es posible utilizar simplemente morteros de cal y arena en proporciones de 1 a 3. En el caso de que se cuente con cales de buena calidad, incluso es posible realizar argamasas con dosificaciones de 1:4 con lo que se consigue disminuir el uso



relativo de cal y con ello los costos e impacto ambiental. Además, se sabe que los morteros más arenosos le confieren a los zócalos, también conocidos como rodapiés o sobrecimientos, propiedades más porosas, de manera que se consigue tener evapotranspiración de la humedad freática. Asimismo, la mayor cantidad de arena está asociada con la presencia de aire en las mezclas, el cual es indispensable para que reaccione la cal.



Otra consideración importante para el diseño de la cimentación es cuando se tienen cargas concentradas como las derivadas del uso de columnas de mampostería de piedra, ladrillo o adobe, o bien de postes de madera. En estos casos se requiere el empleo de zapatas aisladas que se deben asentar de forma desligada del resto de la cimentación. Eso significa que, a diferencia de lo que sucede en las estructuras de concreto armado, no hace falta colocar cadenas o contratrabes que ligen las cimentaciones corridas y las aisladas.

Conviene hacer las zapatas aisladas con una sola piedra de gran tamaño. De este modo se evita la posible separación de piedras mampuestas de la cimentación, como consecuencia de la recepción de una carga localizada en su centro. La piedra aislada se asienta en el área que tenga mayor superficie de contacto contra el suelo. Cuando se van a colocar postes de madera o bambú, se le hace una perforación a

la piedra en la que se inserta una varilla corrugada de acero o un tubo. Este elemento de empotramiento se fija vaciándole azufre fundido a su alrededor. Cuando endurece ya se puede asentar el poste que previamente se perfora también en el centro de su base.

Estructuras resistentes por forma

En general los sistemas constructivos de tierra suelen agruparse en dos grandes familias. La primera que emplea la tierra en forma “masiva” incluye al adobe, al cob y la tierra compactada. Se caracteriza por conformar muros portantes de los entrepisos y los techos, o sea, que no requieren apoyos puntuales de refuerzo sino básicamente contar con un ancho apropiado. Además, desde el punto de vista bioclimático, estos sistemas comparten el hecho de conformar una termomasa. Eso significa que debido a su grosor y densidad, actúan como retardantes del paso del calor de un lado al otro del muro, lo que ayuda a mantener espacios confortables en regiones con climas extremosos.

La segunda familia corresponde a los sistemas entramados, que tienen diferentes variantes y nombres tales como el bajareque embarrado, pajareque, fajina, pajarcilla y zacatlaniloli. Estas técnicas combinan el uso de un “esqueleto” de material leñoso que se recubre por capas de tierra arcillosa mezclada con diferentes proporciones de fibras. En general conforman estructuras de relleno, por lo que

para soportar entrepisos y cubiertas requieren el apoyo de refuerzos verticales adicionales.

La construcción de pacas de paja que se analizará al final de esta sección, dependiendo de la estrategia constructiva que se decida emplear, puede generar muros de carga y, por lo tanto, pertenecer a la “primera familia” o bien, contar con refuerzos verticales de madera, por lo que se comportaría como un muro entramado.

Tanto los entramados como los muros de pacas de paja, desde el punto de vista bioclimático no tienen un comportamiento como termomasa por ser poco densos. Sin embargo, sus cualidades térmicas se derivan de su potencial aislante, debido al aire que queda encapsulado en el interior de la paja que incluyen.

A la hora de diseñar componentes constructivos con tierra se requiere considerar aspectos fundamentales de interacción de su materia prima. Se debe cuidar que las esquinas estén muy bien amarradas, no diseñar muros muy largos, repartir uniformemente las cargas y cuidar la relación entre el alto y el ancho de los muros (relación de esbeltez).

Y, como se mencionó en el apartado anterior, en la colocación de los dinteles para puertas y ventanas estos requieren un empuje sobre las jambas de al menos $1/3$ del claro. O sea que para un vano de 1.2m de apertura debe contarse con un empotramiento de las vigas que conforman el dintel de 40cm como mínimo hacia cada uno de sus extremos.



Con respecto a la conexión con componentes horizontales es importante considerar que estos sistemas no soportan cargas concentradas, por lo que necesitan zunchos de distribución de esfuerzos en sus partes altas, tanto a nivel de cada entrepiso como debajo del techo. Estos refuerzos forman un anillo que abarca toda la corona de los muros y ayudan a distribuir de manera uniforme las cargas del techo. Gracias a su flexibilidad no rigidizan los sistemas, sino que simplemente los conectan de forma articulada.

Los zunchos de distribución de carga pueden hacerse con vigas paralelas, escalerillas de madera o con varas o ramas recubiertas con “cob”. Se trata de refuerzos horizontales que van ahogados en el interior de los muros y que, a partir de materiales que resisten a la tensión y flexión, distribuyan uniformemente las cargas puntuales de las vigas, al tiempo que “amarren” las partes altas de los muros.

Los componentes de madera, ramas, carrizos o bambú se colocan paralelamente y se amarran tanto en las esquinas como en los extremos en donde termina una pieza y comienza otra.

Este tipo de zunchos de refuerzo incluso pueden utilizarse con mucho éxito como estructuras de transición entre los sobrecimientos y los arranques de los muros. Con ello se consigue un reparto homogéneo del peso de los muros y, además, se interrumpen posibles fallas provocadas por hundimientos diferenciales en las cimentaciones, descargas discontinuas en los techos y, sobre todo, por sismos.

Hay que cuidar que la madera en los zunchos no llegue hasta los paños externos de los muros. Se deben colocar en su eje, vigilando que tengan al menos 10cm de protección de tierra en sus paños laterales.

La elección de las varas que “arman” los zunchos es crucial. Tienen que ser de maderas muy fibrosas, resistentes a la putrefacción y de preferencia que provengan de sitios en los que no se tengan acumulaciones de aguas grises o negras. Cuando las plantas están en terrenos con alto contenido de fosfatos, desarrollan un crecimiento veloz pero se vuelven débiles.

Las plantas de crecimiento lento tienen una mayor densidad y las fibras le darán al sistema un mejor soporte a la tracción y flexión. Se debe cuidar también que se coloquen sin corteza u hojas que los recubran, con el fin de evitar su putrefacción y que por ahí entren las termitas. Las “latas” (rajadas) de bambú, el otate,



las varas de cuatecomate (*Crescentia cujete*), de sabino, de “tlaxixtle” (*Amelanchier denticulata*) o de sauces como el ahuejote (*Salix bonplandiana*) son bastante rectas y han probado ser muy resistentes.

Los carrizos pueden funcionar bien pero deben proceder de suelos con humedad moderada para que hayan tenido un crecimiento lento, cuidándose que no estén ni verdes ni secos. Los tallos maduros son los que van perdiendo su color verde intenso y empiezan a amarillarse. Se cortan y se dejan secar parcialmente para que conserven su flexibilidad.

Finalmente, un concepto clave en el diseño de los sistemas de bioconstrucción se vincula con la noción de las estructuras resistentes por forma. La manera en que se disponen los

espacios, su geometría y correlación, hacen que los sistemas constructivos realizados con materiales de origen natural sean singulares y, sobre todo, incompatibles con piezas ejecutadas con materiales y técnicas de origen industrializado que tienen altas resistencias. El uso de refuerzos pensados originalmente para otros sistemas como los “castillos” (columnas), dinteles o marcos rígidos de concreto armado, colocados en sistemas constructivos tradicionales, no solamente no los mejoran, sino que les generan fuertes daños, sobre todo ante los sismos.

Cuando se trabaja con materiales cuya capacidad de carga o de soporte de esfuerzos a tracción y flexión es limitada, su forma, dimensiones y correlación se vuelve vital. La continuidad de las cargas, los encuentros de esquina, la horizontalidad y la masividad que caracterizan a las obras tradicionales, obedecen a procesos de ensayos y errores en los que las comunidades descubrieron la manera de optimizar los materiales para los diferentes usos que se les habrían de dar.

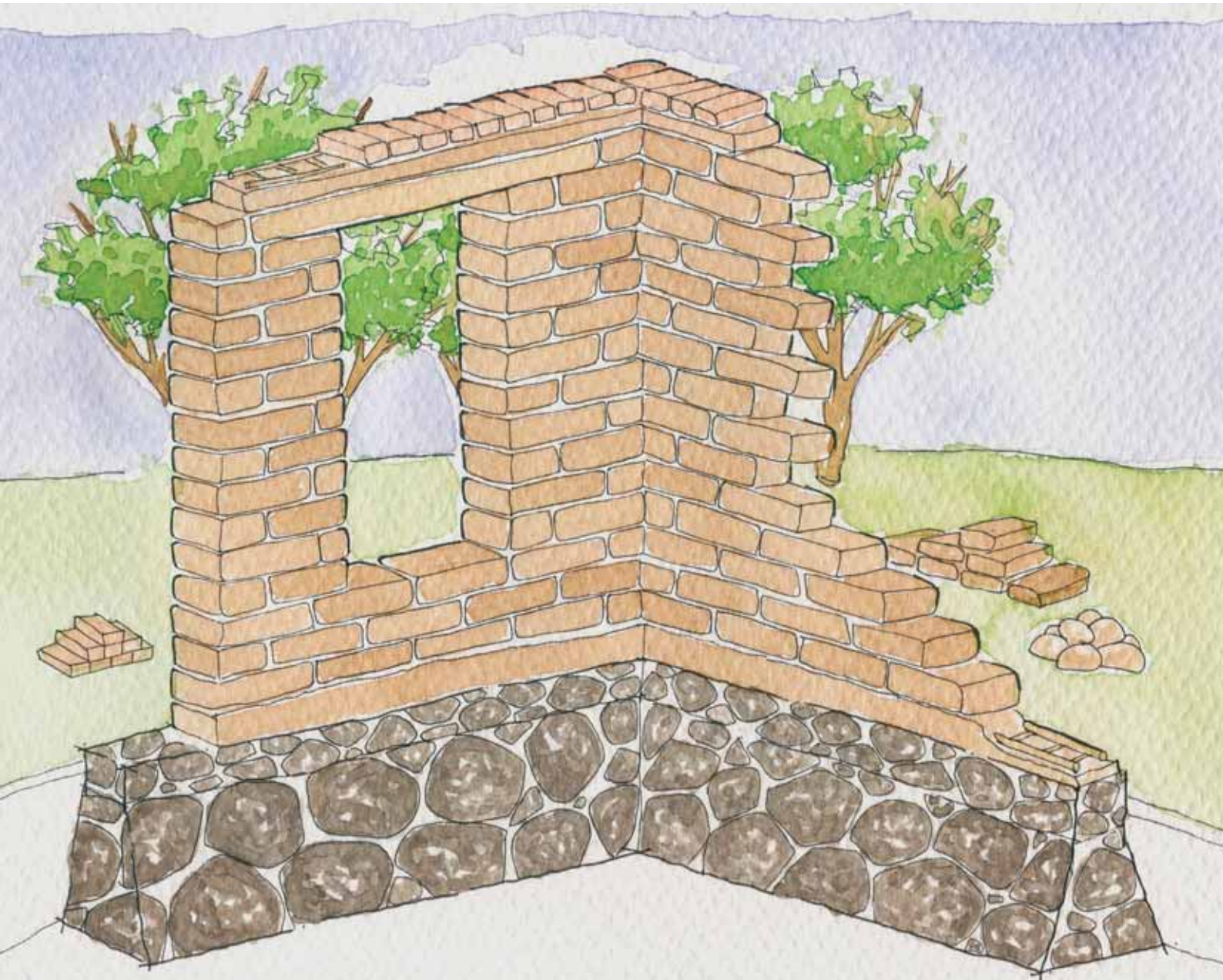
El diseño ha de partir de una adecuada distribución de los espacios interiores dentro de lo que se conoce como el “diseño con letras”. Hay que prever que las plantas de los edificios tengan uniones ortogonales de muros con encuentros en “C”, “H”, “L”, “T”, “U” o “Y”, de manera que los muros nunca queden “suelos” sino que siempre estén en conexión con otros

que los ayuden a enfrentar esfuerzos horizontales eventuales. Al tener cambios de dirección, el muro ya no puede voltearse en caso de que reciba un empuje perpendicular a su plano de desarrollo.

En la bioconstrucción, la consideración de la función estructural que habrá de cumplir cada parte es determinante para el comportamiento del conjunto. Los muros, techos, columnas y vanos no sólo resuelven aspectos formales y funcionales, sino que desarrollan un papel estructural clave para el reparto homogéneo de esfuerzos. El diseño se hace más complejo porque no sólo hay que pensar en la utilidad de los espacios sino en cómo se van a comportar los muros y columnas que lo conforman. “La unión hace la fuerza”.

Finalmente, conviene destacar el papel de la mano de obra en los procedimientos constructivos. Por ejemplo, en la construcción con pacas de paja se requiere menos capacidad técnica de los trabajadores, pero en sistemas como el pajareque o la pajarcilla –que la gente suele considerar como fáciles de realizar– se pasa por alto que la estructura del entramado y el esqueleto del edificio requirió un diseño adecuado y un correcto amarre. Se trata de procesos en los que hay mano de obra diferida. En cambio, en las construcciones de adobe, cob o tierra compactada –que resultan más laboriosas– en realidad se realiza al mismo tiempo la estructura portante y el relleno.

ADOBE



Al igual que sucede con el resto de los sistemas constructivos, no existe una dosificación “estándar” para hacer adobes, porque depende de las características de los suelos de cada lugar y de la actividad de sus arcillas. Por ejemplo, en el caso de Tlaxco, Tlaxcala, se utiliza aproximadamente un 80% de tierra arenosa y 20% de tierra arcillosa, además de la paja. Se necesita que el adobe sea lo más “macizo” posible, que sea indeformable, eso demanda agregados de tamaño mayor como son las arenas y la paja, además de arcilla como ligante.

Se forma una especie de “volcán” con la tierra arcillosa y arenosa previamente mezcladas en seco y poco a poco se le agrega agua. Se va mezclando hasta formar una masa húmeda no muy suelta y después se adiciona la paja. Se continúa mezclando con los pies, palas y azadones. Si es posible contar con el apoyo de un burro o un caballo, se agiliza y optimiza el pisado.

La importancia del batido es clave porque se necesita hacer homogénea la mezcla. Hay muchas casas en las que se ve que los adobes se hicieron sin batir adecuadamente porque, como se quiere producir mucho, se mezclan los materiales con prisa y luego los adobes se desmoronan con la lluvia. Esa misma tierra correctamente homogeneizada mediante un adecuado mezclado, reposo y posterior remezclado, alcanza mucho mayores resistencias y durabilidad porque se reparten mejor los componentes en cada bloque.

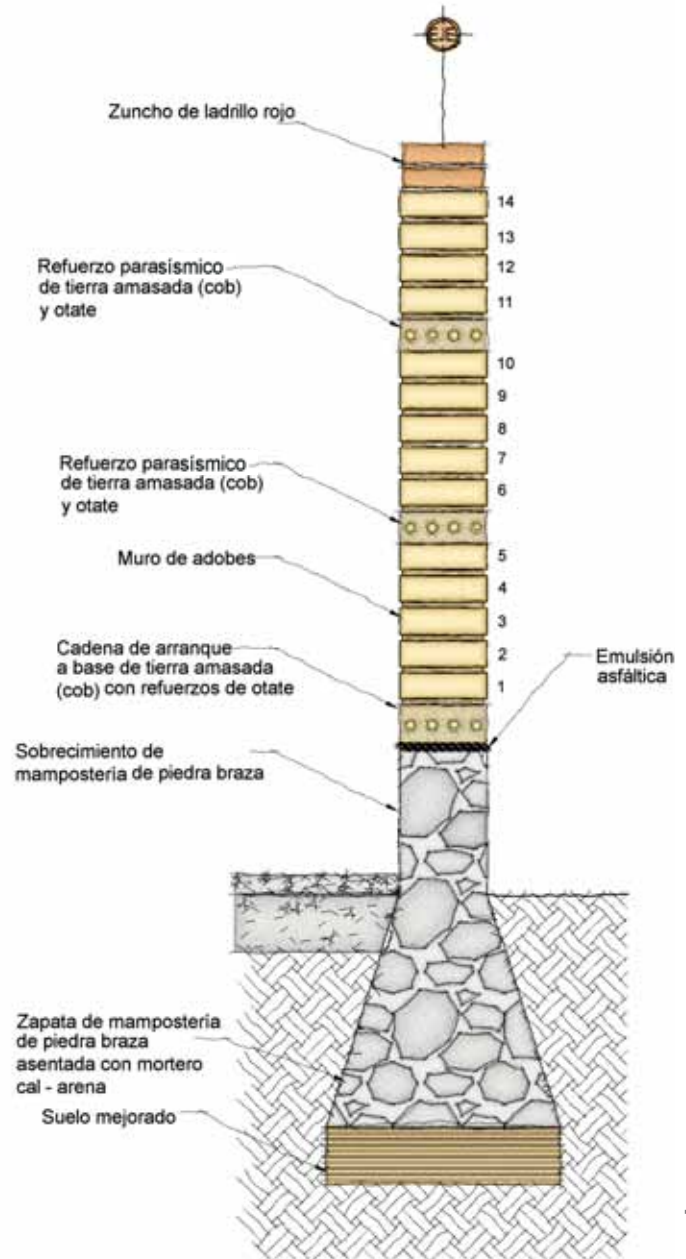


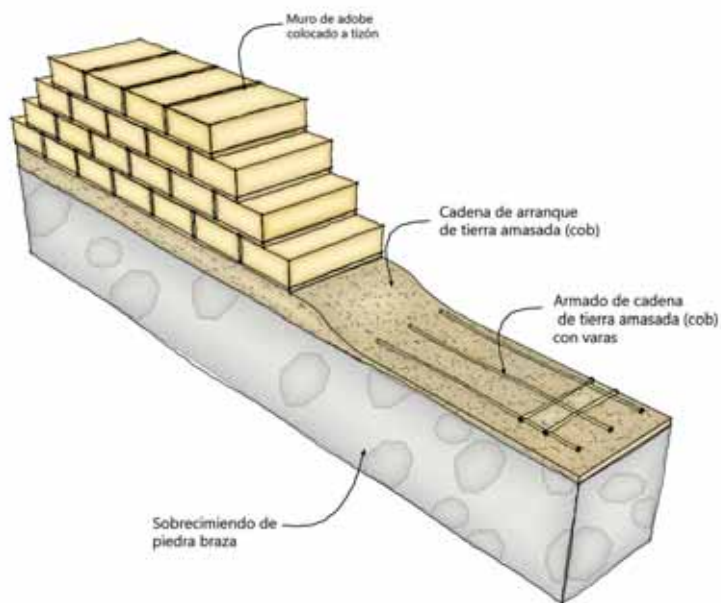
Se mezcla aproximadamente durante 20 a 30 minutos, dependiendo de las condiciones del clima, pues con demasiado calor el material se vuelve difícil de moldear al momento de hacer los adobes, y entonces será necesario agregar agua.

Se rellenan los moldes con la mezcla, comprimiéndola para evitar que queden burbujas dentro del bloque y así lograr adobes más firmes. El tiempo para desmoldar es inmediato. Antes de iniciar con el siguiente bloque es necesario lavar el interior del molde para que no se pegue la mezcla y evitar que cueste trabajo desmoldar.



Después de tres días de desmoldados, los adobes se pueden levantar y colocar de canto para conseguir un secado uniforme. Una vez secos se podrán perfilar, es decir, retirar todos los excedentes de las aristas para tener bloques bien definidos y con un buen terminado. Los adobes ya detallados y terminados se pueden almacenar, apilando unos sobre otros. Hay que tener presente que es necesario protegerlos de la lluvia durante el tiempo de espera. Aunque típicamente los adobes son llamados “bloques de tierra secados al sol”, es conveniente que pierdan su humedad en semisombra para evitar su rápida deshidratación y posible agrietamiento.





Para dar inicio al muro, obviamente ya se debe tener la cimentación y el zócalo o sobrecimiento, sobre el que se habrá de colocar la cadena o zuncho de cob con entramado de varas, como se explicó anteriormente. Sobre ésta se aplica de manera uniforme una capa de mortero de 2 a 3cm de espesor. Esta mezcla contiene la misma dosificación que los adobes pero sin haberle agregado paja.

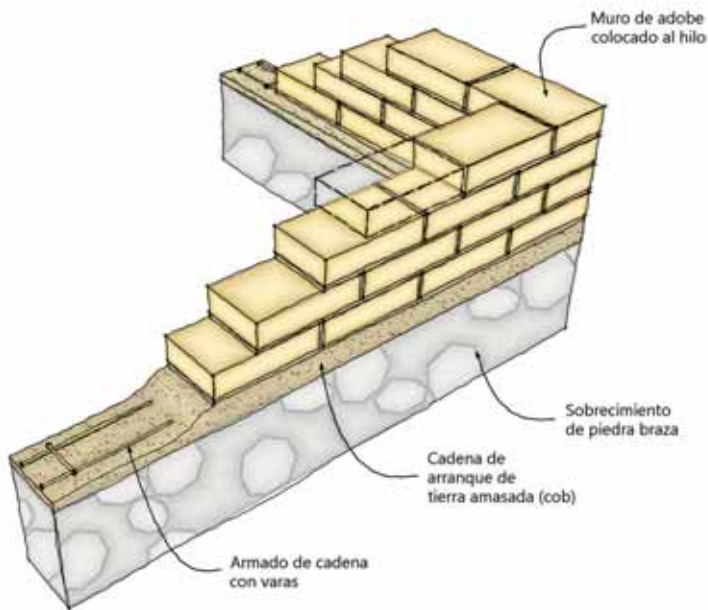
Después de la capa de asiento se coloca la primera hilada de adobes cuidando mantener su nivel y plomo. Luego, es necesario colocar mezcla entre cada uno de los adobes. El tema del traslape (también llamado amarre, contrapeo o cuatrapeo) de las piezas es crucial. Nunca deben coincidir las juntas verticales entre los adobes, por lo que al colocar las capas subsiguientes, cada bloque debe tener en su centro la junta entre los adobes de la hilada inferior.

En las juntas se pueden insertar “rajuelas”, es decir, pequeñas piedras o trozos de tabique

o tejas. Estos componentes, además de dar una mejor apariencia al muro si se decide dejar sin recubrimientos, ayudan a proteger de la erosión del agua y el viento a las juntas que, al no tener paja, suelen desgastarse más fácilmente que los adobes. Además, en el caso de que se pretenda revocar en algún momento los muros, esas rajuelas permiten darle un mejor agarre mecánico y mejorar así su adherencia.

Es fundamental realizar los muros durante la estación seca, para evitar el exceso de humedad en la estructura. De no poder hacerlo así, entonces será necesario montar una cubierta temporal para la protección de la obra.

Con respecto a las alturas de los muros, se ha visto que en zonas medianamente sísmicas conviene tener una relación ancho-alto de 1:10. Eso significa por ejemplo que un muro



de 50cm de espesor resistirá un máximo de 5m de altura.

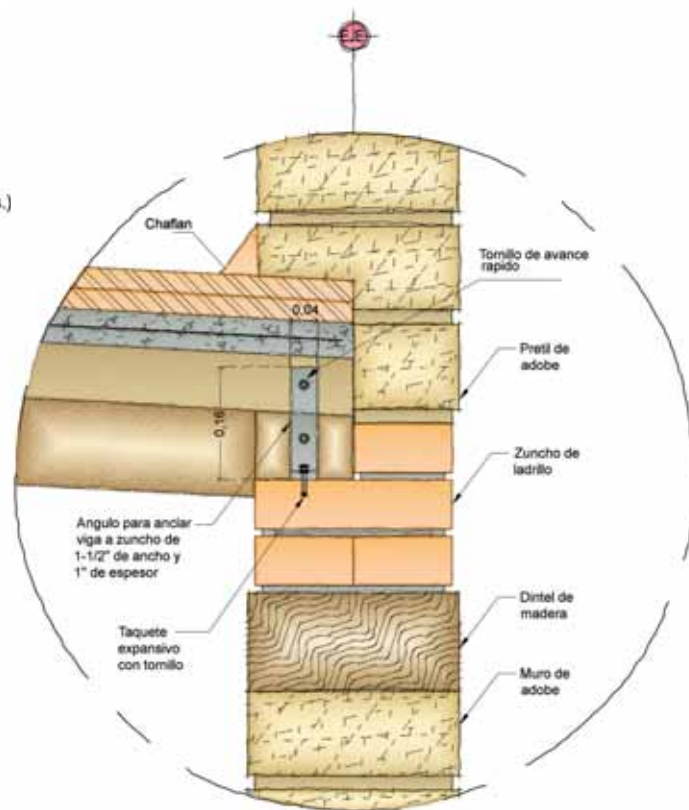
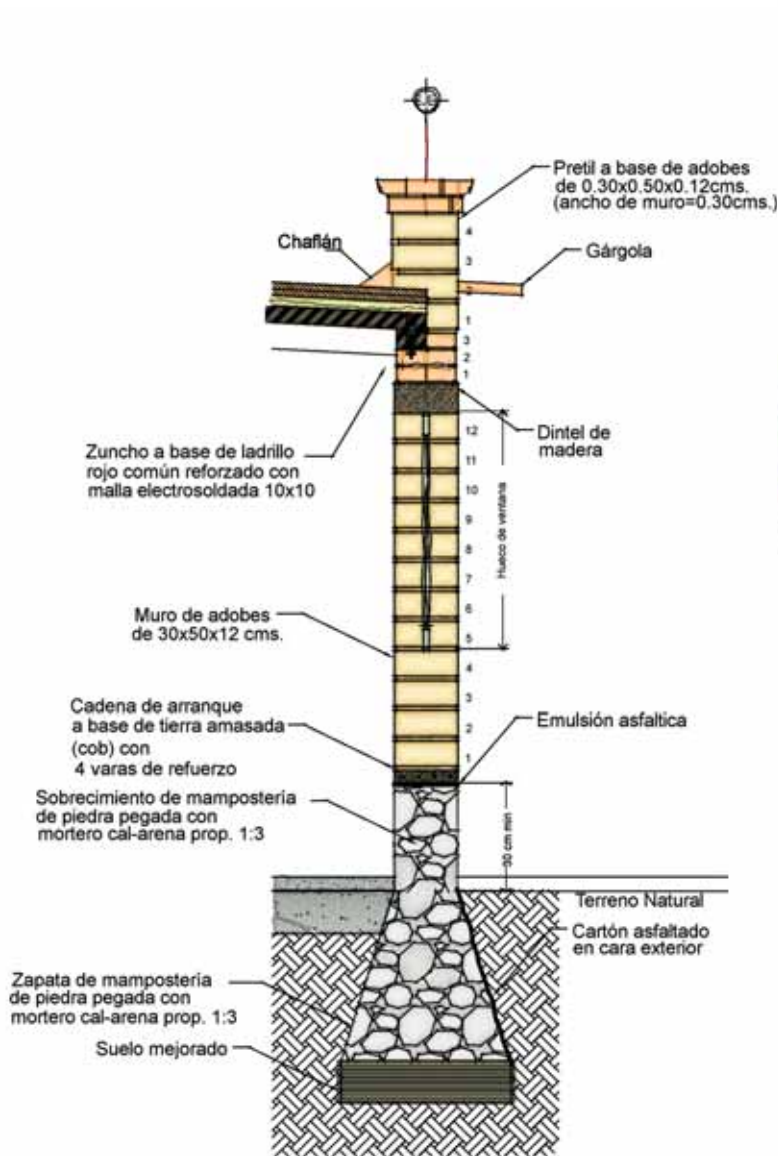
Pero este dato, lejos de ser una “receta”, requiere adicionalmente prever un adecuado diseño de los encuentros de muros “por letras” como se mencionó líneas arriba, y también prever la posibilidad de usar algunos “contrafuertes” (pilastras) como prolongación de los cruces de muros.

Nunca se debe perder de vista que el muro de adobe es la estructura de carga y cada una de sus piezas ayuda a las vecinas a transmitir los esfuerzos de manera “colectiva”, por lo que entre más “amarrado” o “tejido” esté el entramado de los muros visto en planta, se tendrán respuestas más estables. No es lo mismo “pedirle” a un muro de 8m de largo que permanezca estable si está soportando un peso en

su parte alta con un techo inclinado, que si ese mismo muro tiene dos o tres divisiones en las que se presentan tramos en sentido perpendicular. Eso le dará mucha mayor resistencia al conjunto. La geometría de los encuentros entre muros y de los espacios que éstos contienen van a mejorar la respuesta grupal. No se puede ver un adobe o un muro de manera aislada, sino pensar en cómo trabajan en conjunto con el resto de los componentes.

Además del uso de zunchos que se comentó en la primera parte de esta sección, en zonas sísmicas conviene colocar otros refuerzos parciales, que intercalan entre las hiladas de adobe en las esquinas de los muros perimetrales, cada 60cm aproximadamente. Estas “llaves” de refuerzo de esquina miden 1m de largo en cada brazo.

El tamaño de los adobes varía en función de las tradiciones locales y por consiguiente eso afecta la posibilidad de su aparejo. Si se desea tener muros de 25cm de grosor, por

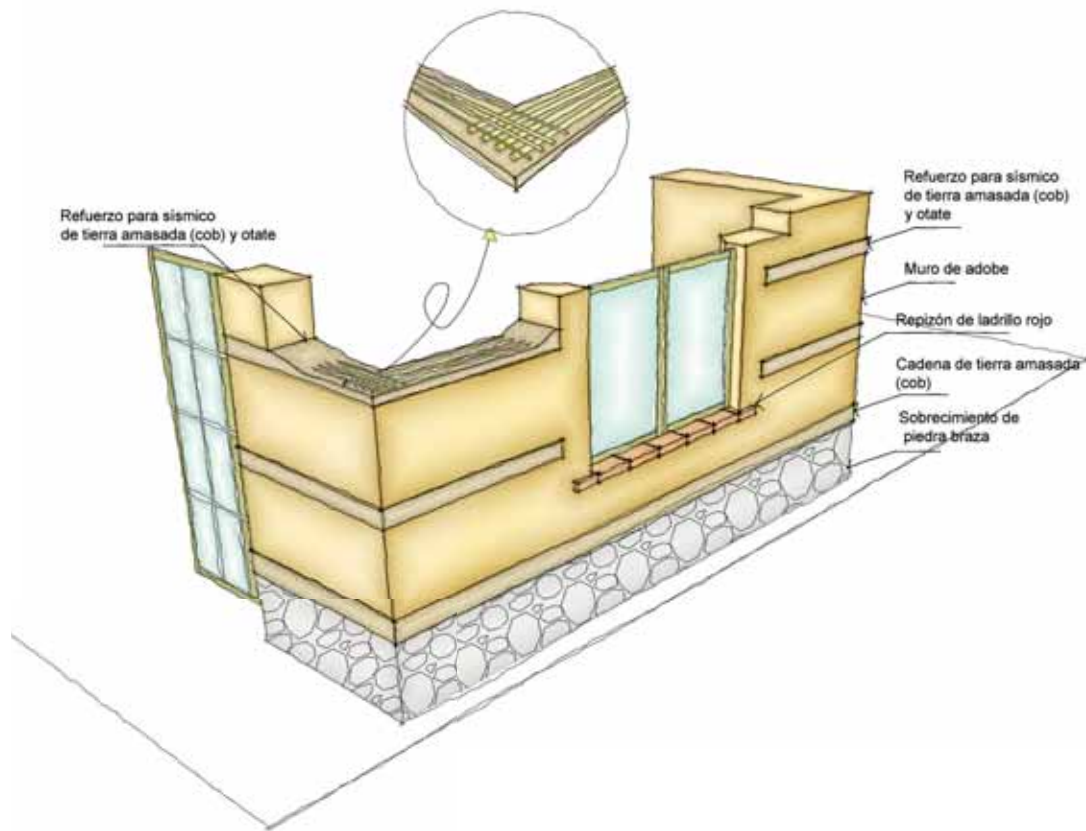


ejemplo, es posible usar un aparejo “a soga” es decir, colocar los adobes en su sentido largo en cada hilada. Estas piezas pueden medir 50x25x11cm. El uso de adobes de esta dimensión ayuda a diseñar con una modulación métrica.

En cambio, si se cuenta con piezas más pequeñas, como de 36x18x9cm o bien de 40x20x10cm es posible realizar aparejos “a tizón”, o sea, colocando los adobes en el sentido perpendicular al desarrollo de las hiladas. De este modo se consiguen muros de 36 o 40cm de espesor. Estos formatos además permiten

CORTE POR FACHADA

ARQUITECTÓNICO



realizar diversas combinaciones entre las hiladas y desarrollar muros más anchos si se ponen pares de adobes en una hilada a sogá y la consecutiva superior a tizón, luego otra vez a sogá y así sucesivamente, con lo que se obtienen muros mejor “amarrados”.

Con el incremento en los costos de los predios y predios cada vez menores en zonas urbanas, pensar en el respeto a la lógica de la relación de esbeltez de 1:10 en casas de dos o tres pisos implicaría muros demasiado anchos y pesados, lo que se traduce en cimentaciones más profundas y caras.



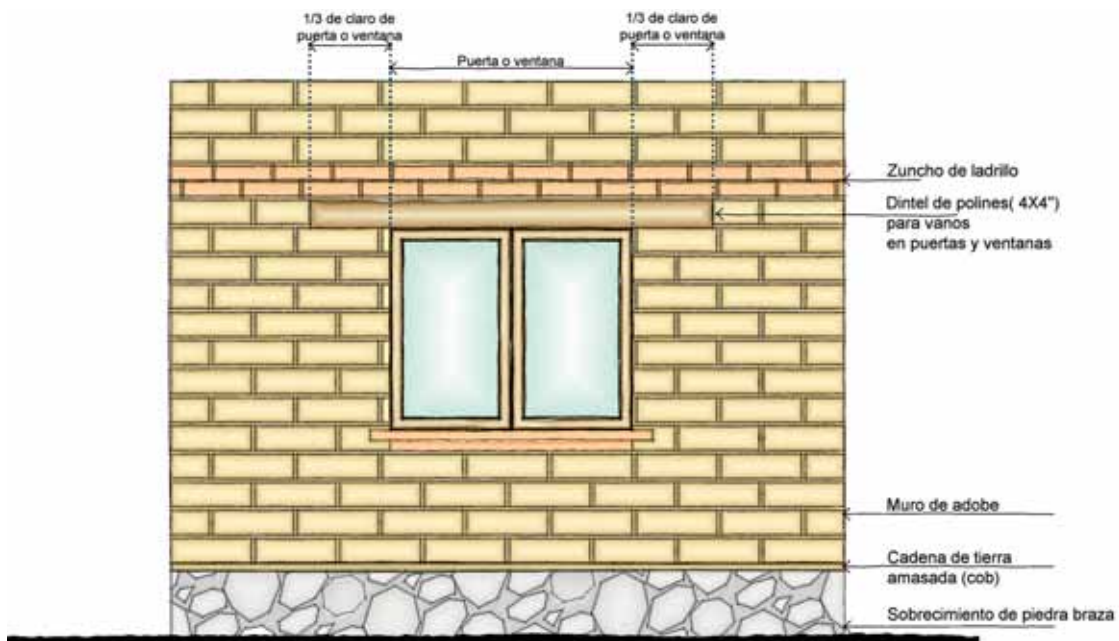
Por ello es viable la disminución de los anchos de muro conforme se eleva la casa. Por ejemplo, una obra de dos niveles puede tener muros de 35cm en planta baja y de 25cm en planta alta, siempre y cuando se cuide el adecuado diseño de los traslapes y subdivisiones de espacios que se mencionó líneas arriba. En las fachadas, esta diferencia de ancho no se va a notar, pero en el interior se aprovecha el “escalón” derivado del cambio de ancho para colocar el zuncho de madera y cob para recibir las vigas del entrepiso.

Si se quisiera diseñar un gran salón que no va a tener subdivisiones o contrafuertes y requiere una altura de 5.5m, entonces sí será necesario respetar el criterio de la relación de 1:10 y por lo tanto tener muros de 55cm de ancho. De ahí la importancia de tener un adecuado diseño del conjunto y de distribución de los espacios, a fin de que no haga falta tener paredes tan gruesas si se combinan adecuadamente los muros transversales que servirán de apoyo al conjunto.

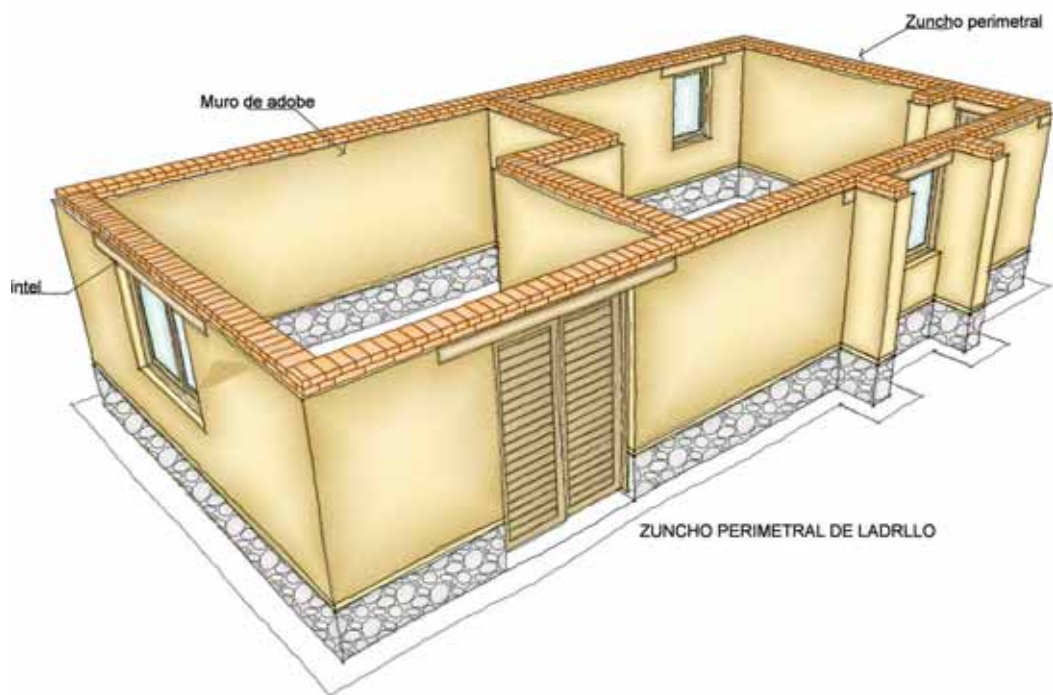
Finalmente, en la construcción con adobe hay que tomar en cuenta que los muros anchos reducen considerablemente el ingreso de iluminación natural por las ventanas. Es por eso que desde la antigüedad se ha adoptado el recurso de hacer un “derrame o abocinamiento” hacia el interior de los espacios. Eso significa que aunque la apertura al exterior sea reducida, los paños laterales de las ventanas pueden ser rebajados en ángulo para



darles un perfil en chaflán que amplíe el área de iluminación interna. Con esta estrategia se conserva la capacidad de carga de los muros pero se crean superficies que refractan los rayos solares hacia el interior y se consigue un nivel de penetración lumínica mayor, con muy buena calidad de luz.



DETALLE DINTEL



TIERRA AMASADA (COB)



Las mezclas para realizar la técnica de tierra amasada conocida popularmente como “cob” tienen una gran semejanza con las de adobe. Sus diferencias radican, primero, en que la materia prima ya mezclada con paja, y reposada, se deja secar para que puedan conformarse los amasijos esféricos y se conserve su forma.

En segundo lugar, hay que pensar que se está haciendo una construcción totalmente monolítica, lo que da como resultado un comportamiento estructural singular. No es lo mismo tener piezas unidas con el mortero de pega –como sucede con el adobe– que conformar una masa en la que los esfuerzos se transmiten en todas direcciones. Es por eso que el diseño juega un papel fundamental, trabajando con la forma a favor de la estructura, mediante la incorporación de trazos mucho más orgánicos, en los que gracias a la geometría, se disipen los posibles encuentros de muros en diferentes direcciones en planta. Las esquinas redondeadas y las formas curvas son mucho más fáciles de ejecutar con cob que con adobe. Se proyectan los muros como escultura pero también como estructura.

La cantidad de humedad necesaria está en estrecha relación con las condiciones climáticas imperantes. Donde hace mucho calor se puede dar el lujo de hacer una mezcla aguada, fácil de batir que, conforme se va aplicando, se seca sin problemas. Sin embargo, en zonas de trópico húmedo, si se agrega demasia-



da agua, la estructura va a tardar demasiado tiempo en secar.

Es crucial elegir una técnica adecuada al clima local y además prever una calendarización favorable para evitar, por ejemplo, la época de lluvias.

Para el proceso constructivo se extiende una lona y sobre ella se vierten las tierras. Al igual que en el caso del adobe, lleva aproximadamente 80% de tierra arenosa y 20% arcillosa. Para mezclar el material se toma la lona por dos de sus orillas y se llevan al lado

contrario. Este procedimiento se realiza en los cuatro lados de la lona y se repite hasta que se vea que el material tiene un color homogéneo.

En ese punto ya se puede amontonar la tierra en forma de volcán y agregar agua poco a poco. Para lograr una buena incorporación, se mezcla con los pies hasta que el agua sea absorbida por la tierra. Nuevamente se levantan de forma alternada los extremos de la lona para continuar mezclando.

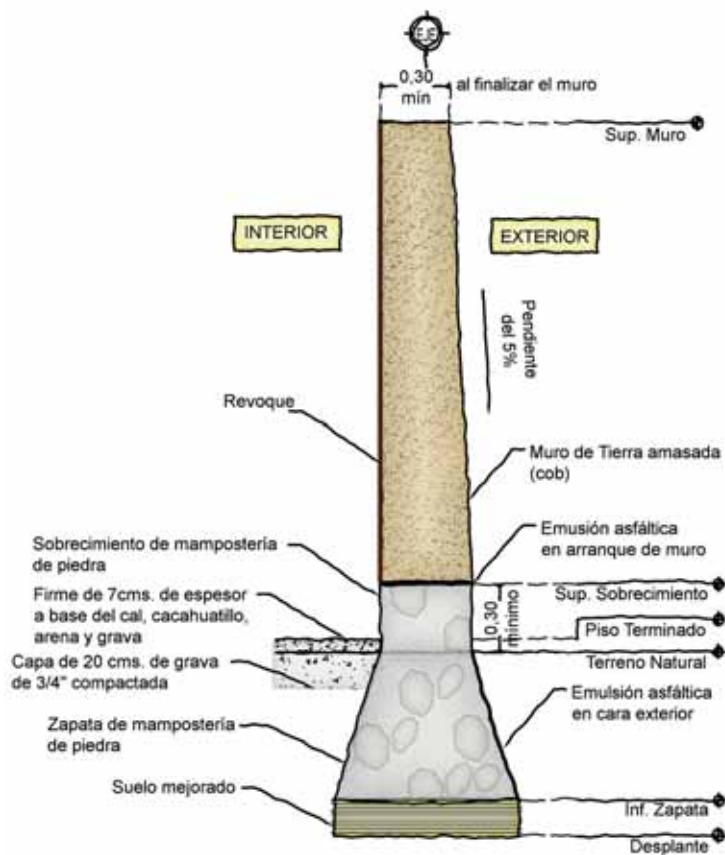
Terminado este paso, se agrega la paja y se mezcla con los pies hasta que se integre por completo a la tierra mojada. Entonces se procede a hacer esferas con la tierra mezclada, dejándolas lo más cerca del sitio donde se levantará el muro. Las bolas se van apilando y se envuelven en la lona para que conserven su nivel de humedad. De ese modo cuando se asientan en el muro y se compactan se va a conservar su ancho conforme avanza la obra. El tamaño de las esferas depende del volumen que las manos de los constructores alcancen a amasar. Entre 15 y 20cm de diámetro aproximadamente.

Para este paso ya conviene tener el cimientito construido, entonces se procederá a ir colocando sobre él las bolas de tierra, que se lanzan con un poco de fuerza, hilada por hilada. En este proceso es necesario realizar una buena compactación del material golpeando con las manos, clavándole los dedos o con ayuda de estacas de madera con una punta afilada.



De este modo se van formando orificios que ayudan a compactar y densificar cada bola y a unirse a las de abajo y a las que la rodean sin necesidad de utilizar ningún mortero de pega. La humedad interna es suficiente para lograr una correcta adherencia.

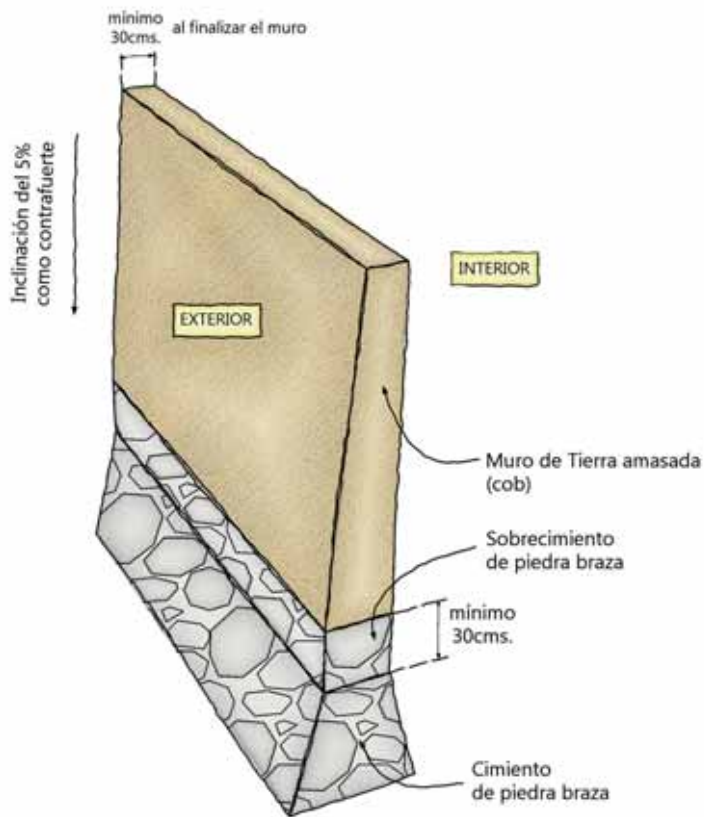
Conforme se avanza en las hiladas se debe cuidar todo el tiempo mantener el “plomo y el nivel”. Conviene utilizar una madera o una llana como “cimbra” para evitar el desplazamiento del material en las caras externas. Es importante que los avances diarios no supe-



ren los 60cm de altura para que el material no presente revenimientos. También hay que tomar en cuenta que el ancho mínimo para un muro de cob no debe ser menor a 30cm en la parte superior al finalizar el muro.

Una diferencia interesante entre el cob y el adobe es que si la obra se interrumpiera por alguna razón, los muros de cob prácticamente no se deslavan. En cambio, si se dejaran muros de adobe sin protección en su corona, en un año puede dañarse fuertemente, al menos las dos últimas hiladas. Aunque la materia prima



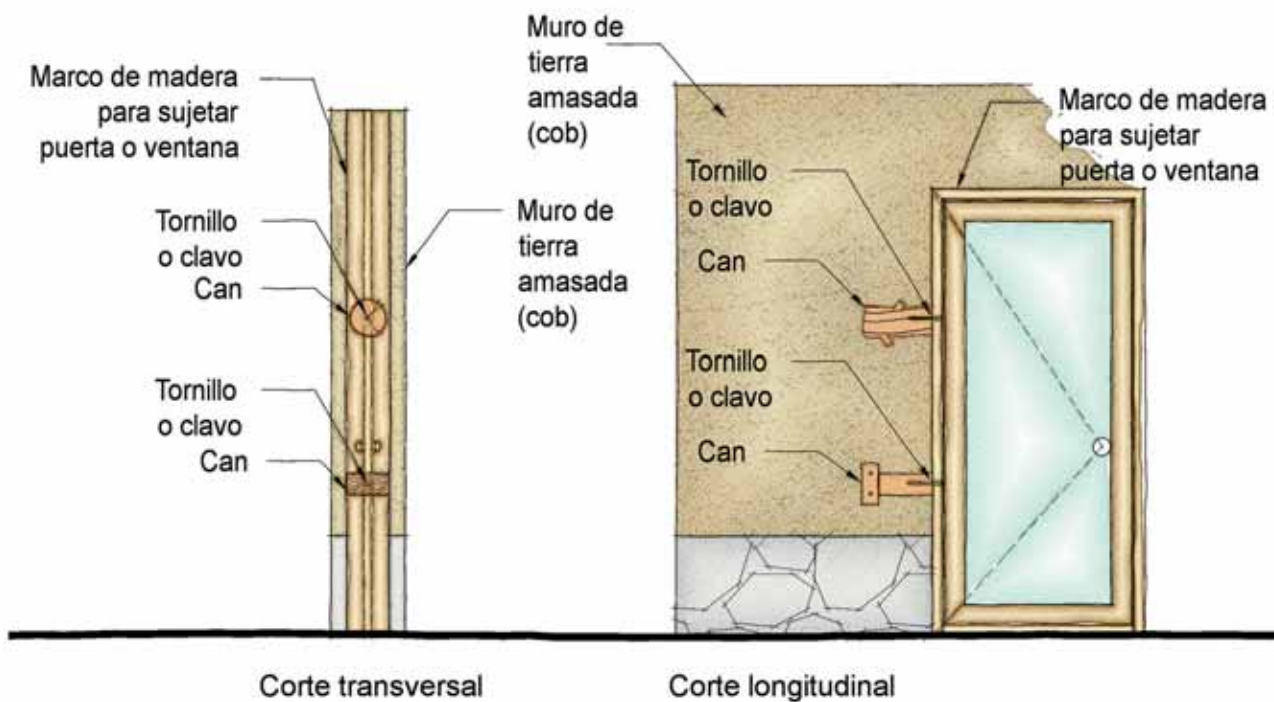
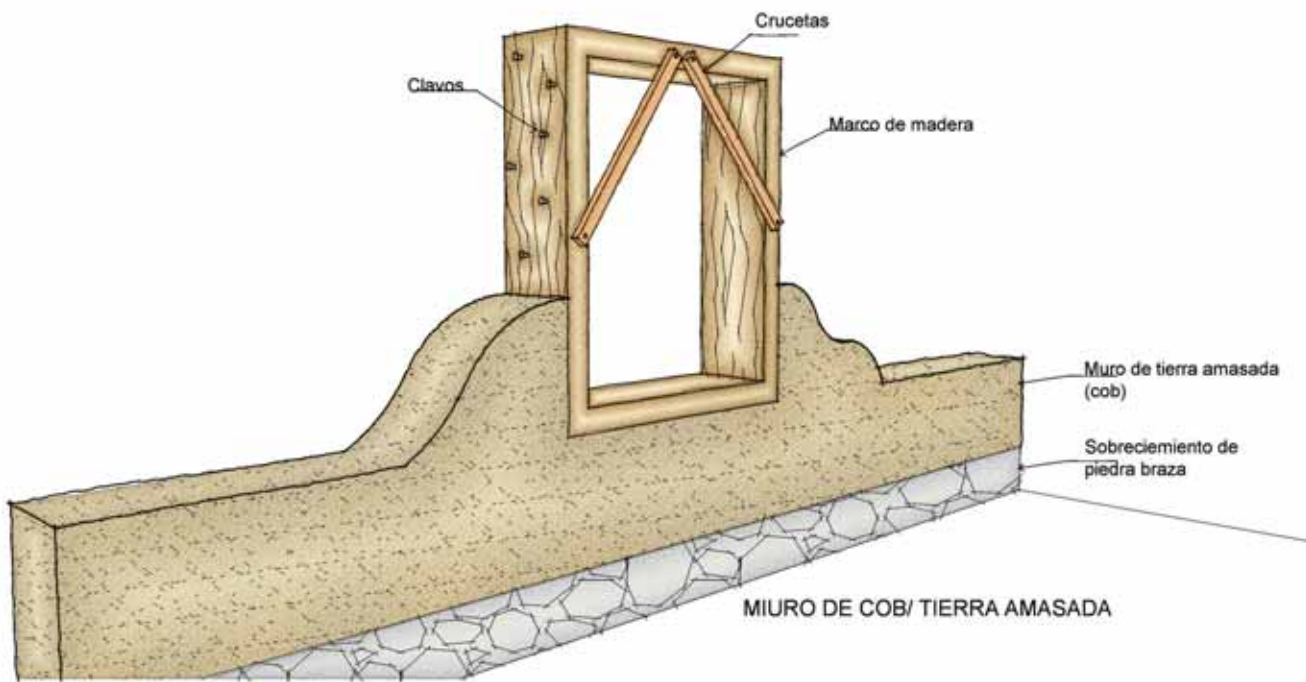


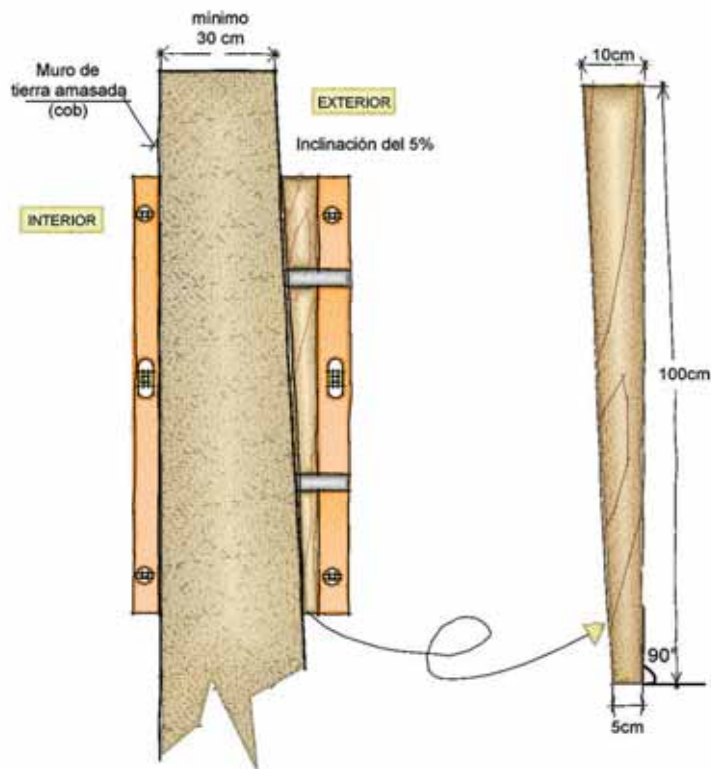
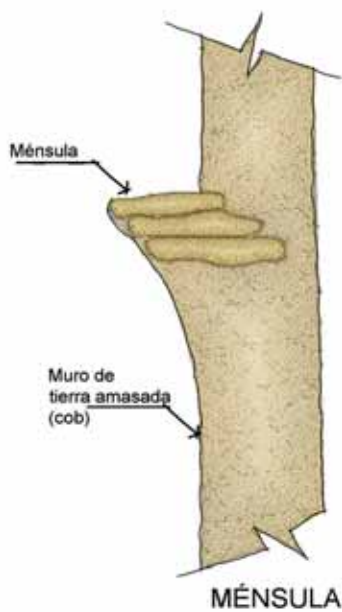
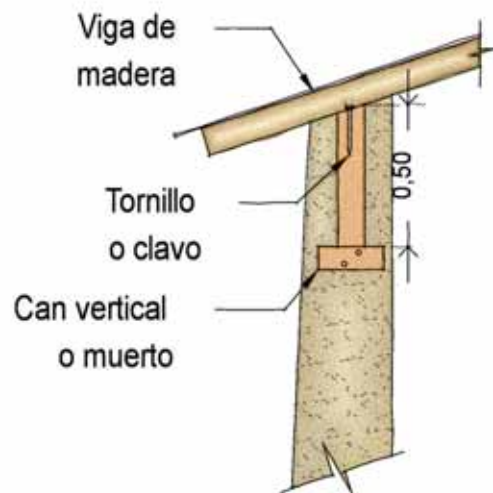
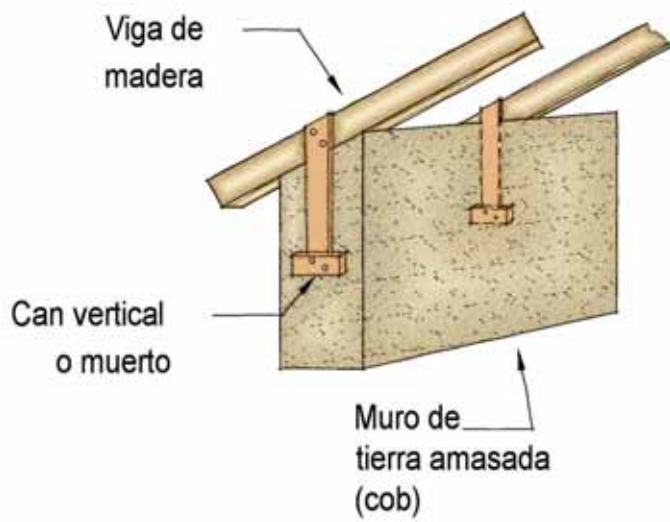
para ambas técnicas sea la misma, el proceso de amasado y compactación del cob le confiere mayor resistencia y durabilidad. Cuando se elaboran adobes no se puede compactar la materia prima dentro del molde porque está muy aguada y también porque no podría extraerse la adobera con facilidad.

Desde luego, existe una amplia gama de sistemas de tierra amasada o apilada. Por ejemplo, en algunos países industrializados es frecuente el uso de pequeños trascabos “bobcat” para amasar el barro y luego la mezcla se

lanza hacia arriba de los muros mediante un bieldo. Arriba se acomoda, se pica y compacta de manera que la obra se optimiza notablemente. Una vez que se concluye cierta altura, para mantener el plomo se recorta el material sobrante con una pala recta.

Un dato muy relevante sobre la relación de esbeltez es que los muros son más anchos en la base y su espesor disminuye conforme se avanza en altura. Se recomienda que en el interior de los espacios se mantenga la vertical, pero que en los paños exteriores se desarrolle





NIVELES PARA OBTENER UN 5% EN MURO EXTERIOR



una pendiente de 5% a fin de que la estructura se comporte como una especie de contrafuerte continuo.

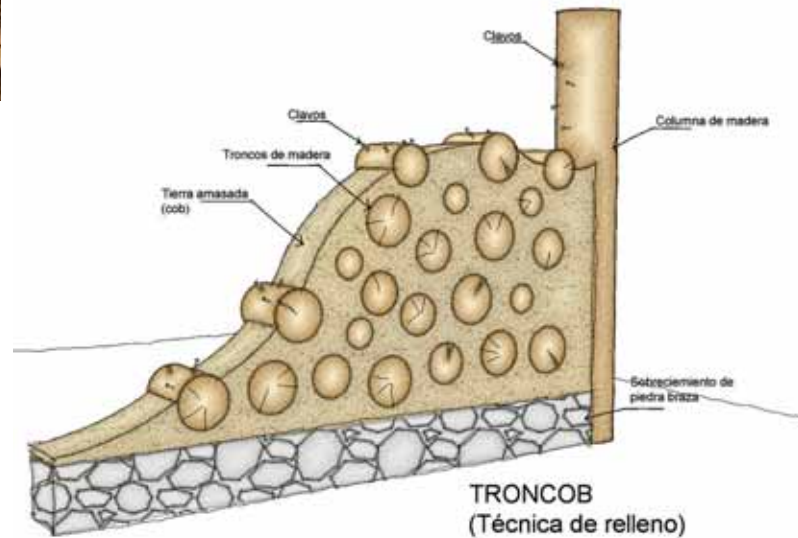
Para el dimensionamiento se debe prever que la corona del muro tenga 30cm por lo que, dependiendo de la altura final, se debe considerar el incremento del 5% para poder definir el ancho de las bases. Por ejemplo, un muro de 4m de altura requerirá una base de 50cm pues cada metro que se va elevando porque hay que disminuir progresivamente 5cm su espesor cada metro que se levanta. En el caso de los muros interiores, este criterio no es necesario, por lo que simplemente se aconseja tener una relación de esbeltez de 1:10.

Un aspecto interesante de esta técnica es que ya no se requiere un zuncho de cerramiento porque toda la estructura tiene capacidad de absorber los esfuerzos. Entonces, las vigas se ahogan en la corona y, aunque tengan car-



gas concentradas, se distribuyen por toda la masa del muro que funciona monolíticamente. Es posible dejar anclajes para las vigas del entrepiso o del techo. Estas piezas de madera se insertan dentro de la última hilada del muro aproximadamente 60cm antes de la corona. Pueden ser varas o maderas delgadas que se clavan y conforme se eleva el muro quedan ahogadas para que al llegar a la corona ayuden a fijar las vigas o morillos.

Una variante de la técnica del cob puede incluir tramos de maderas que quedan ahogadas conforme se avanza en el desarrollo de las hiladas. En esta estrategia conocida como “truncob” se usan troncos o ramas gruesas, aserradas cuidadosamente en sus extremos, a fin de dejarlas planas y cortadas al ancho del muro. En general se trata de un recurso con fines básicamente estéticos y de ahorro de materiales en el que una parte de las esferas



de cob se sustituye por los troncos que se colocan “acostados” en sentido perpendicular al desarrollo del muro para que luzcan en ambas caras los perfiles circulares de la madera aserrada. Lógicamente se debe cuidar que la madera que se emplee no tenga valor comercial sino que se trabaje con ramas de 15 a 20cm de diámetro que normalmente se consideran material de desperdicio.

La madera debe estar bien seca y se le colocan algunos clavos pequeños en sus caras

convexas para que las esferas de barro queden mejor ancladas conforme se avanza en las hileras. El empleo de este recurso cambia ligeramente el comportamiento térmico del muro porque funciona más como un aislante que como termomasa.

También en el aspecto estructural hay cambios, ya que a diferencia del cob –que es la estructura de carga– con los troncos se convierte en una técnica de relleno que precisa una estructura exenta.

TIERRA COMPACTADA



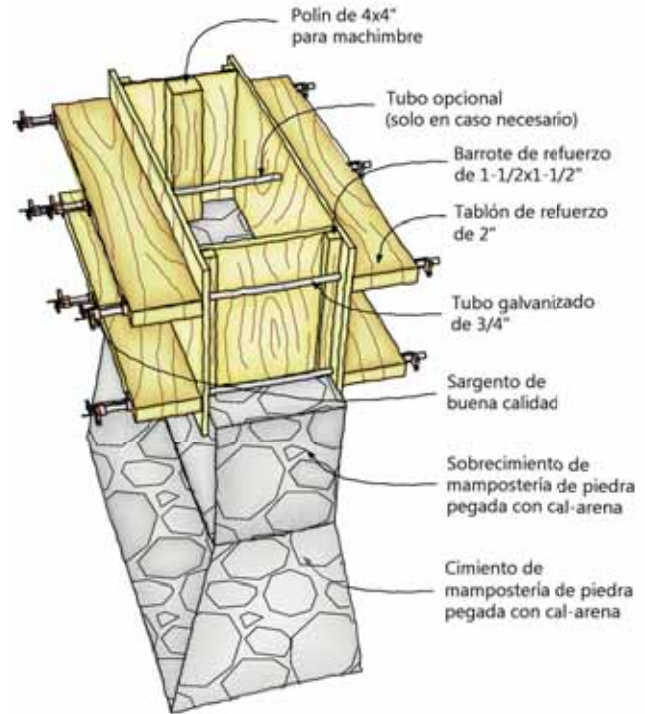
Esta técnica se caracteriza por la baja cantidad de agua que se emplea, pero para lograr un adecuado aglutinamiento de las partículas de la tierra es necesario un cuidadoso proceso de apisonamiento del material adentro de una cimbra o encofrado.

Se empieza por cribar tierra arcillosa para lograr una granulometría uniforme. Luego se compensa agregándole una cantidad importante de tierra arenosa o incluso directamente arena. Se estima que para lograr una buena compactación y evitar que al secar se fisure el muro, la arcilla presente en el sistema no debería pasar de un 15%. Un aspecto a considerar con relación a las técnicas antes revisadas es que, a diferencia del adobe y el cob, la construcción con tapia no lleva fibras.

Una vez compensada la mezcla de tierra se agrega con una regadera un poco de agua. El material debe estar semiseco de manera que se pueda hacer una esfera con él presionándola entre las manos. Luego se deja caer la esfera más o menos desde una altura de 1.5m sobre un terreno sólido y debe desmoronarse. Si esto no sucede y la esfera conserva su forma en el suelo significa que tiene demasiada agua, por lo que es necesario mezclarla un poco más para que se evapore.

Cuando la tierra tiene ya la humedad adecuada se va colocando dentro de la cimbra en capas uniformes con un grosor no mayor a 10cm. Se extiende la tierra dentro de la cimbra y con un pisón de madera se va compac-

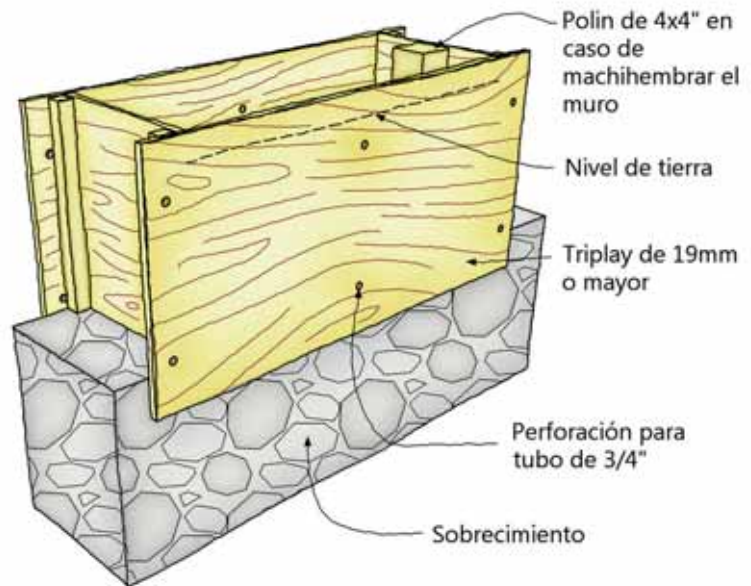
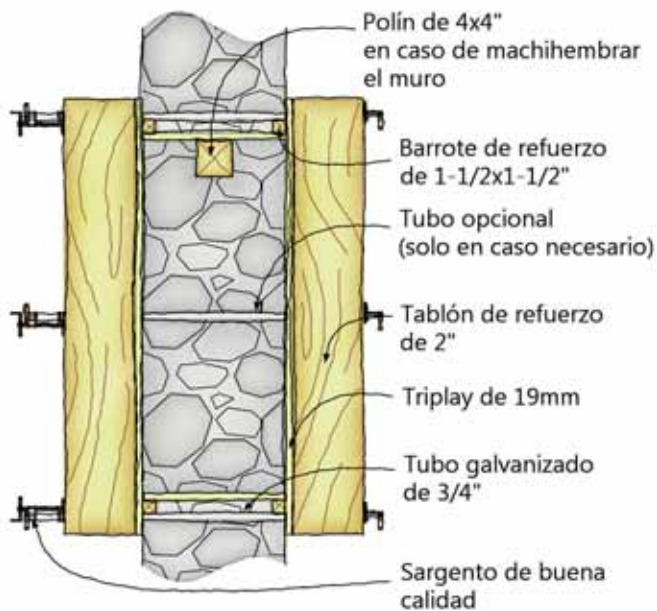




tando primero en la periferia. Una vez compactadas las orillas se procede a compactar el centro con un pisón metálico.

En el punto en que la superficie adquiere consistencia y el sonido de los golpes de pisón adquiere mayor intensidad, es momento de agregar la siguiente capa y repetir el procedimiento hasta llenar la cimbra por completo. Entonces ya se puede desarmar y colocar cuidadosamente junto al bloque recién terminado para ir avanzando en la conformación de la hilada.

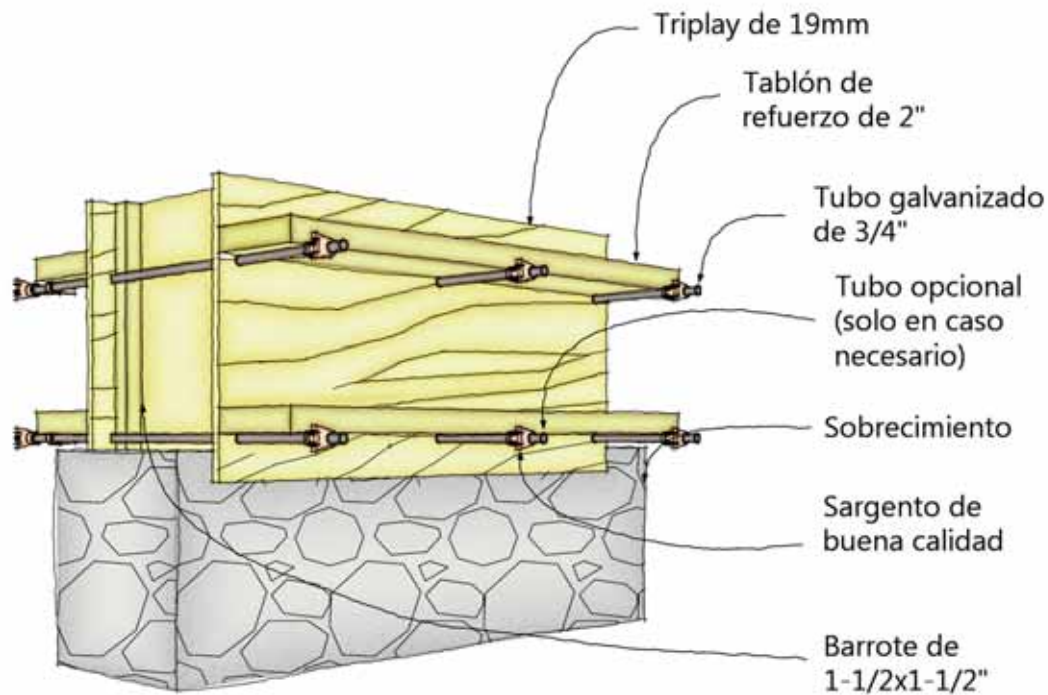
Es importante recordar que los muros de tierra compactada tienen un comportamiento similar al de cualquier mampostería, por lo que el traslape (amarre, contrapeo o cuatrapeo) es



fundamental. Nunca deben coincidir las juntas verticales entre los bloques de las hiladas superpuestas y es recomendable que la junta de la hilada de abajo quede al centro del bloque que irá en la hilada superior. Así se avanza hasta completar la altura del muro deseada.

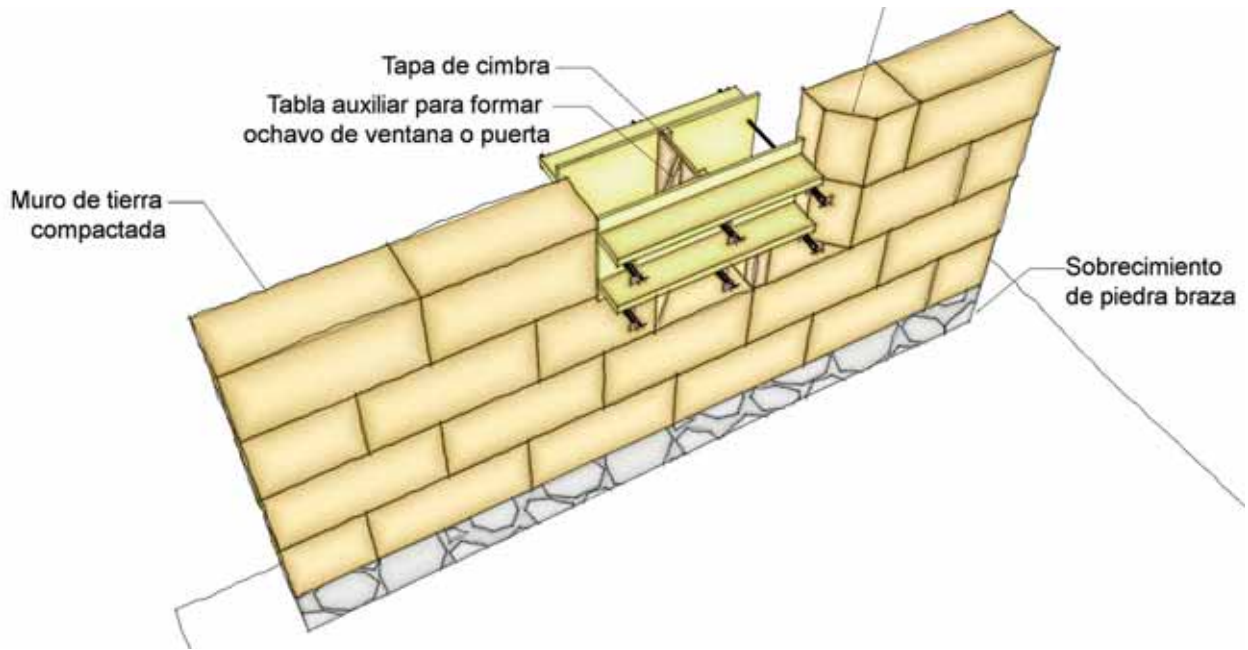
Es importante aclarar que, aunque en muchos textos y páginas web se recomienda estabilizar la tierra compactada con cemento, con el paso el tiempo se ha visto que esa estrategia, además del impacto económico y ambiental que representa, hace que la arcilla desarrolle comportamientos inesperados. A veces se presentan eflorescencias salinas, otras se marcan separaciones entre las capas,





y casi siempre el material se vuelve deleznable debido a la carbonatación del cemento. Es por ello que lo más recomendable es realizar la mezcla de tierras adecuada y no aplicar cemento. En el último de los casos es posible agregarle un porcentaje mínimo de cal, nunca más del 10% en peso seco en el caso que se requiera modificar la plasticidad de las arcillas para que se puedan compactar mejor. En ese caso es necesario hacer pruebas porque cada tipo de tierra requiere diferente cantidad de cal y además, si se les agrega demasiada, el material puede perder cohesividad.

Con respecto a las alturas de los muros, se ha visto que en zonas medianamente sísmi-

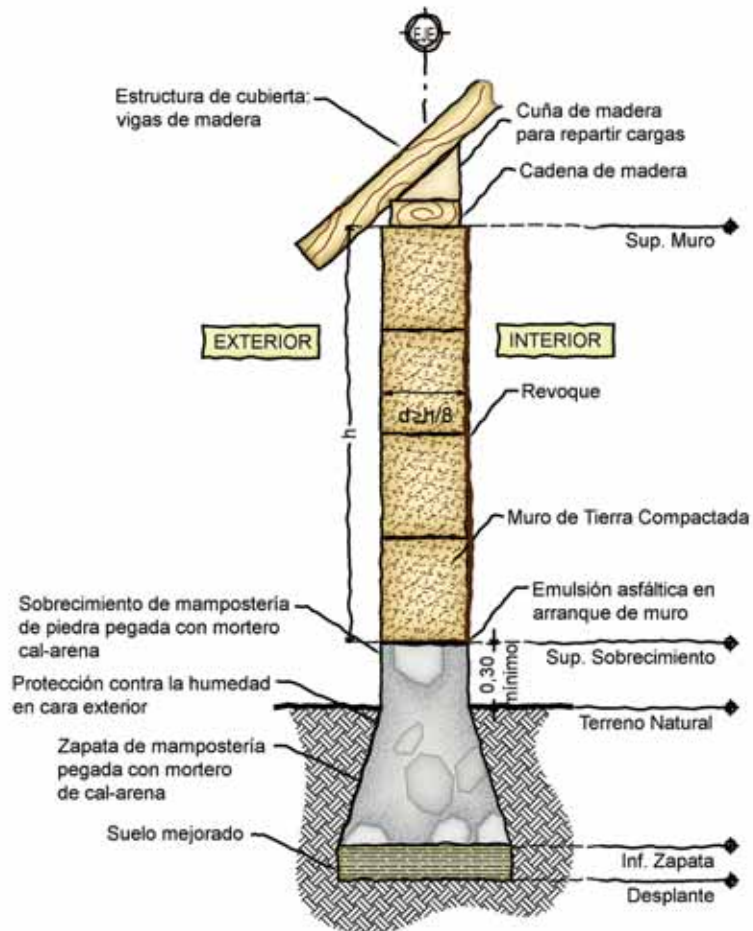
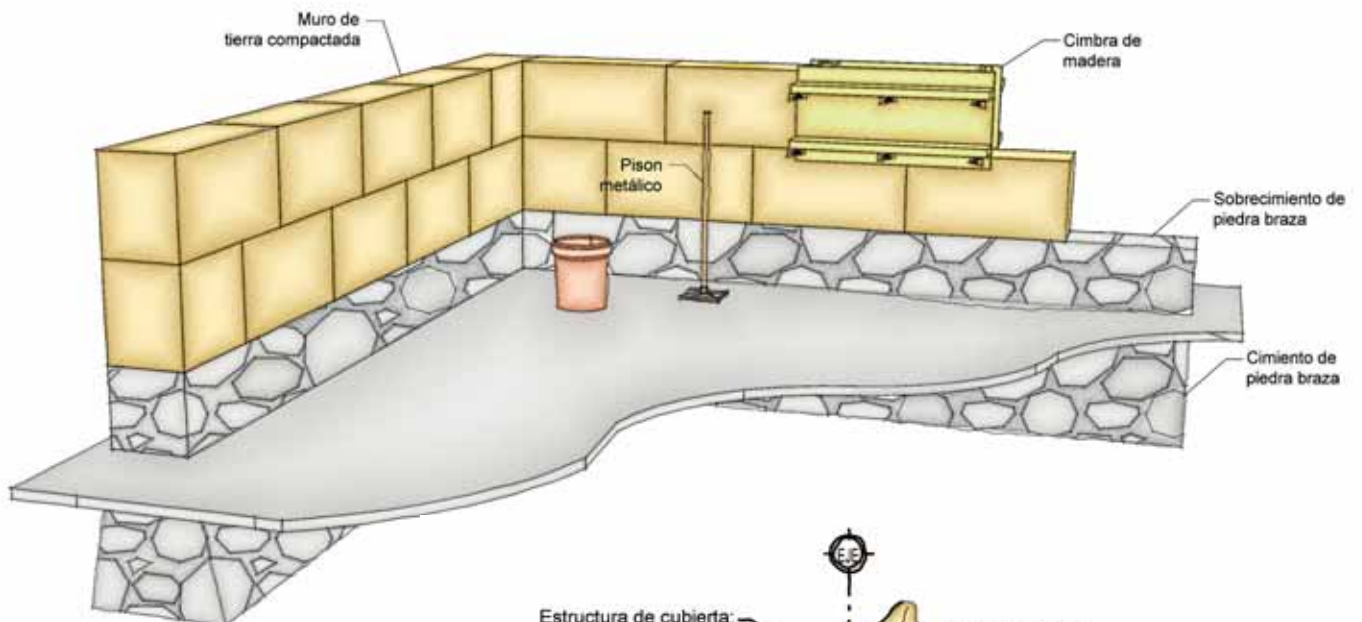


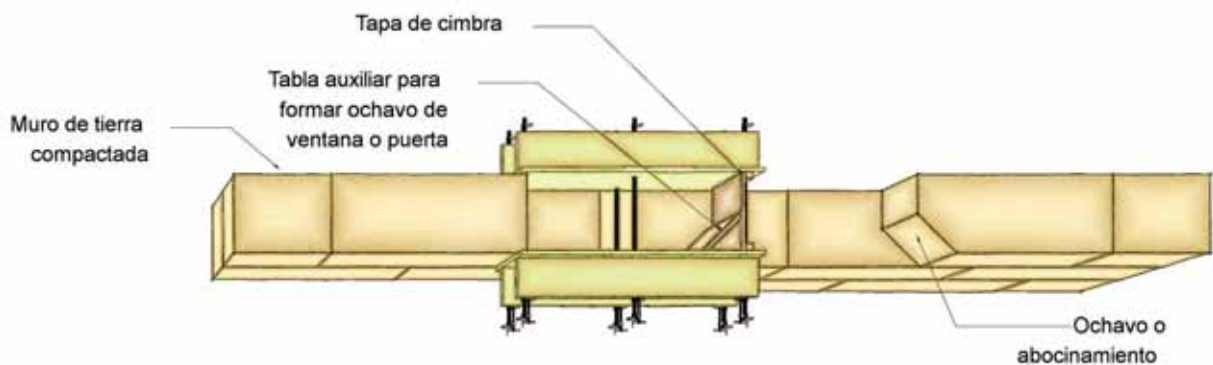
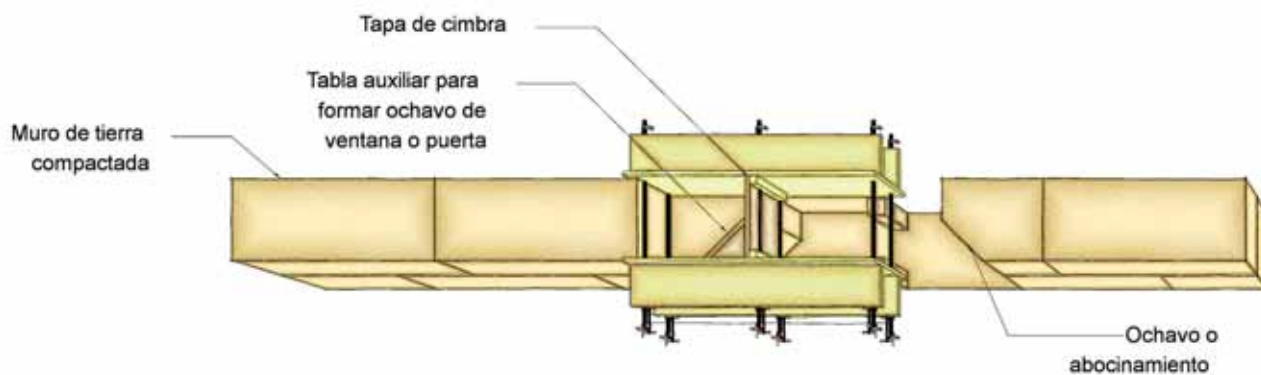
cas la relación ancho-alto conviene que sea de 1:8. Eso significa por ejemplo que un muro de 50cm de espesor resistirá un máximo de 4m de altura. Un muro de 3m de altura debería medir 37cm de ancho, aunque normalmente se opta por 40cm que es una dimensión más fácil de controlar.

Aunque existen tradiciones en las que se acostumbra disminuir el ancho del muro conforme se incrementa su altura, eso conlleva algunas complicaciones en el diseño de los encofrados. Es más sencillo mantener a plomo los paños al exterior e interior.

En cada región se han utilizado diferentes formatos de las cimbras dependiendo de las







CIMBRA PARA PUERTAS Y VENTANAS



MACHIHEMRADO

tradiciones locales y de la disponibilidad de la materia prima, pero siempre considerando que el proceso de armado y desarmado del encofrado sea los más sencillo y rápido posible.

Un tamaño que resulta adecuado por la facilidad de la maniobra y la velocidad de llenado y compactación es de 2.4m de largo por 60cm de alto porque de este modo se consigue mejor amarre entre las hiladas. Sin embargo, si se emplea la técnica para realizar, por ejemplo, muros perimetrales muy largos, de poca altura y que no habrán de recibir cargas, es posible tener cajones que midan 2.4m de largo por 1.2m de altura. De este modo, aunque pesan más, permiten avanzar a mayor velocidad la obra, al reducirse el número final de hiladas y de ocasiones en las que se debe armar y desarmar la cimbra.

Los criterios de dimensionamiento de los dinteles en puertas y ventanas dejando un tercio de empotramiento, así como el uso de zunchos de cerramiento para recibir las vigas de entrepisos y techos, son similares al del resto de los sistemas constructivos de tierra. Como los zunchos deben estar protegidos por 10cm de tierra de las caras externas, en un muro de 40cm, ese componente medirá 20cm de ancho para colocarse al centro de la corona a fin de recibir las vigas del entrepiso o de las cubiertas.



ENTRAMADOS



Las técnicas mixtas conocidas genéricamente como entramados combinan un “esqueleto” de varas, madera aserrada, rajas de bambú o carrizos. Estos elementos pueden ir entretejidos, amarrados o insertos a marcos para conformar una especie de paneles. Sobre esta trama se colocan capas sucesivas de tierra arcillosa generalmente muy aguada (barbotina) mezclada con volúmenes importantes de paja que es parte fundamental de los sistemas.

Aunque en esencia los entramados incluyen los mismos componentes, la manera en que se acomodan o incorporan las fibras les otorga un funcionamiento estructural y un procedimiento constructivo singular. Es por eso que se les han dado diferentes nombres tales como pajareque, pajarcilla, zacatlaniloli, bajareque y fajina.

Como se comentó al inicio de esta sección, aunque existen algunos edificios en los que se han usado estos sistemas como muros de carga, lo más frecuente es que se consideren solamente componentes de “relleno”. Eso significa que requieren de apoyos y refuerzos de madera con secciones mayores como vigas, morillos, bambúes para conformar entresijos o techos, así como postes de madera, columnas o muros de adobe, tapia o tierra amasada (cob) como recurso de confinamiento horizontal y como medio para transmitir las cargas a las cimentaciones.

Los componentes entretejidos pueden colocarse directamente sobre postes u horcones o bien mediante el diseño de paneles modu-



lares prefabricados a las dimensiones que se requieran y posteriormente unirse a la estructura de madera o bambú mediante amarres, ensambles o tornillos.

Estos sistemas están previstos para condiciones bioclimáticas en las que las variaciones térmicas no son significativas. Si se está en una zona semidesértica donde se alcanzan temperaturas de 45°C en el día y en la noche baja a 10°C, estos sistemas no funcionan porque resulta igual estar afuera que adentro de las habitaciones. En cambio, son ideales en zonas de trópico húmedo con variaciones térmicas diarias de 10 a 15 grados.



Es por eso que conviene observar las construcciones tradicionales locales. En las costas de todo el territorio nacional siempre han existido casas de bajareque con techos de palma porque se consiguen espacios confortables con muros delgados y aprovechando los materiales del lugar.

Cuando se decide incorporar muros entramados en las fachadas habrá que tomar en cuenta la orientación solar en la que se colocarán, a fin de aprovechar sus cualidades bioclimáticas. Como se indicó líneas arriba, la esbeltez de estas estructuras y su baja densidad hacen que tengan una baja capacidad como termomasa. En cambio, la presencia de la paja les confiere ciertas propiedades aislantes por el contenido de aire encapsulado al interior de las fibras.

Como en el resto de los sistemas constructivos, se suele emplear la fibra que regionalmente resulte la más sostenible, sea de pasto (zacate), trigo, avena, cebada, etcétera. En todos los casos, para la capa base se emplean las fibras casi en su longitud natural, sin tenerse que picar y siempre bien secas. Este tema es especialmente importante cuando se utilicen las acículas de pino que se conocen regionalmente como *ocoxal* o *huinumo*, las cuales se deben conseguir maduras. Las que están demasiado secas por llevar mucho tiempo en el suelo han perdido su resistencia y durabilidad, por lo que en poco tiempo se pueden pudrir.

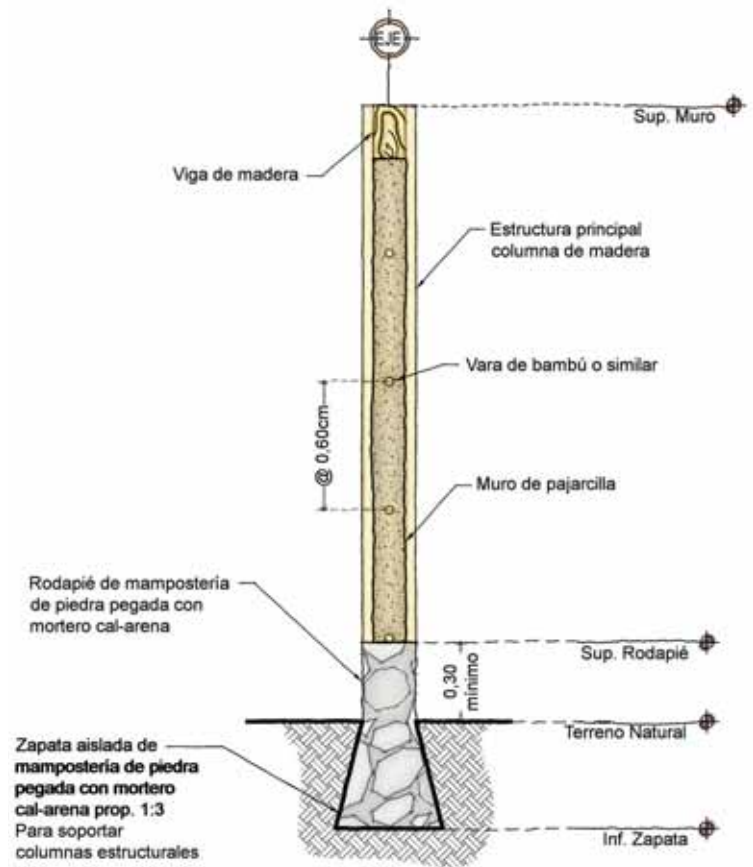
Deben conservar sus aceites esenciales, por lo que habrán de recogerse del suelo cuando todavía se ven de color verde amarillento. Hay regiones en las que los artesanos utilizan el ocoxal recién cortado de los árboles porque, como acostumbran mezclar el barro con los pies, las fibras están suaves y no les lastiman. Entonces se secan al mismo tiempo que la tierra y de este modo mantienen su trabajo estructural.

Pajareque

Para la preparación del entramado que recibirá el pajareque se arma esta estructura con varas o morillos (según el ancho del muro que se desee), la cual deberá estar bien sujeta y estable. Este entramado requiere tener la separación suficiente como para que puedan entretrejerse los haces de paja embarrada.

En una tina se vierten 20 litros de barbotina, es decir, tierra arcillosa muy diluida, y se le van agregando de manera gradual pajas largas hasta que se cubra y no se seque demasiado. Se busca tener una consistencia manejable. Se van formando pequeños ramilletes o haces de paja empapada en barbotina los cuales se entretejen en el entramado de madera, varas o alambre. Cada que se vaya integrando un amasijo, se debe ir apretando con las manos para ir consolidando el muro.

Ya terminado, se deja secar aproximadamente 15 días, aunque lógicamente el tiempo





puede variar en función del clima de la región en la que se trabaje.

Una vez concluido y seco el muro se perfila con un machete para eliminar excedentes de paja o abultamientos y así dejar las superficies más uniformes y listas para recibir un acabado.

En el proceso de ejecución de los muros de pajareque es posible incorporar botellas vacías para conformar vitrales. Estos componentes además de elevar notablemente la calidad y estética de los espacios por el tipo de luz que dejan pasar, tienen también cualidades bioclimáticas derivadas del aire contenido en las botellas que las convierte en medios aislantes del frío y el calor. Además, las botellas de vidrio son altamente resistentes por forma desde el punto de vista estructural.

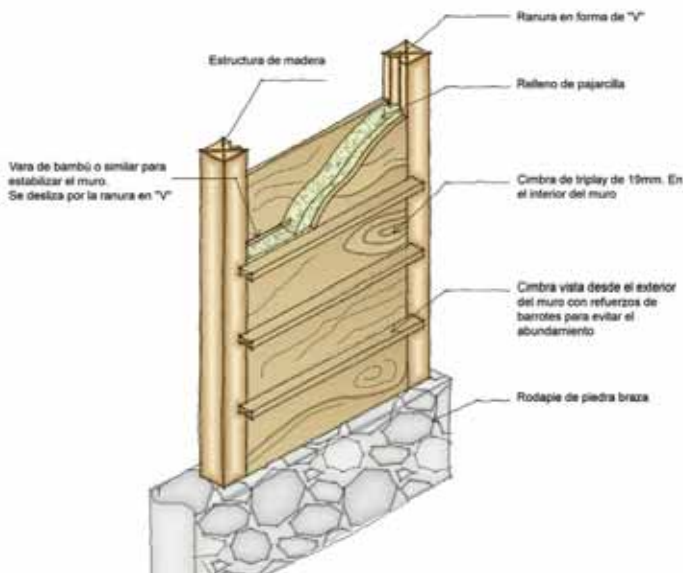
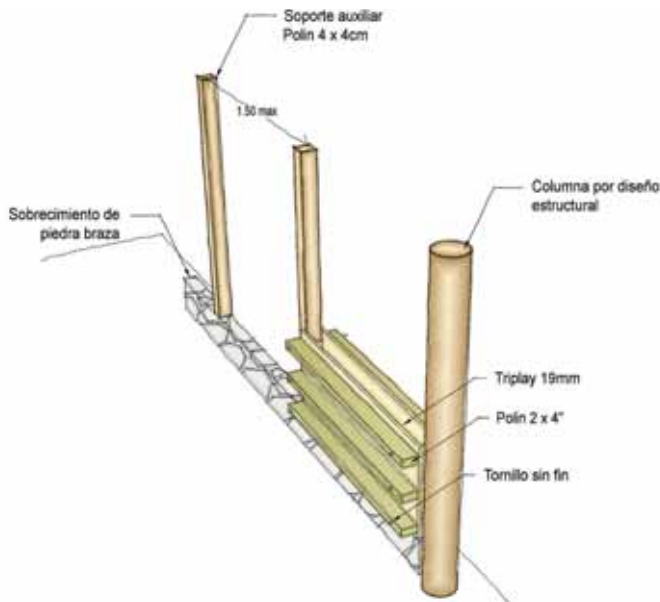
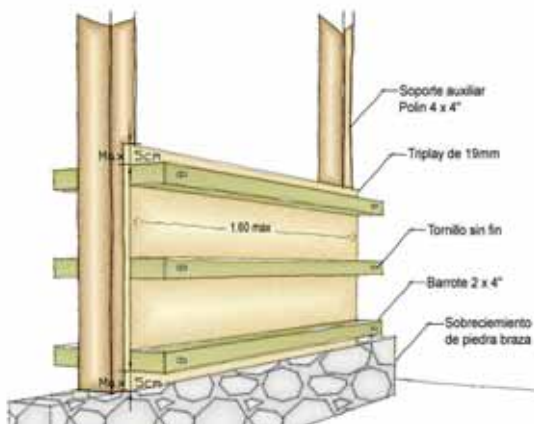
El diseño y colocación de las botellas es tan libre como se desee, pudiéndose intercalar simplemente las botellas horizontalmente conforme se elevan las hiladas de pajarcilla, o bien desarrollar una estructura de alambres a la que se amarran las botellas de forma radial o con cualquier otra geometría, y luego, paulatinamente se rellena el espacio que queda entre ellas y el tejido de alambre que las une, como medio de apoyo para la colocación de los haces de pajarcilla.

Se ha visto que no es necesario utilizar alambre galvanizado para hacer los entramados que soportan las botellas, porque suele ser más difícil de doblar que el alambre recocado, que

además es mucho más barato. Pero sobre todo, porque no tiene sentido que se preserve por mucho tiempo. En obras en las que se ha llegado a corroer el alambre recocido con el paso de los años, el sistema no sufre ningún tipo de afectación. El alambre cumple su función simplemente como medio para ubicar las botellas mientras se rellenan los espacios entre ellas mediante los haces de paja con barbotina. Pero una vez que ésta se seca y endurece, es la que realmente mantiene las botellas en su sitio y que garantiza una adecuada transferencia de esfuerzos en toda el área del muro.

La idea de usar botellas de vidrio y no de otros materiales, tiene que ver con varias cuestiones ecológicas tales como el hecho de que, se quiera o no, ese material está presente en todas partes. Para la elaboración del vidrio se emplean muchas sustancias químicas, algunas altamente contaminantes que además requieren una elevada temperatura para su fusión para tener un objeto que al final es de un solo uso y luego se vuelve basura. Y aunque se suele repetir que se trata de un material “ecológico” porque se puede “reciclar”, la verdad es que prácticamente no se lleva a cabo este proceso industrial porque suele resultar más barato partir desde las materias primas originales a fin de tener botellas de vidrio con características estandarizadas. Algunas de las grandes empresas productoras de botellas de vidrio sólo aceptan reciclar el 2% del material que producen, el resto se convierte en basura.





Existen pequeñas empresas de vidrio soplado artesanal de México que sí llegan a reciclar entre el 15 y 18% pero, lamentablemente, es una actividad que está en decadencia por la escasa demanda de sus productos. Además, el reciclaje nuevamente involucra altas temperaturas de fusión con la consecuente emisión de contaminantes y gasto energético asociados.

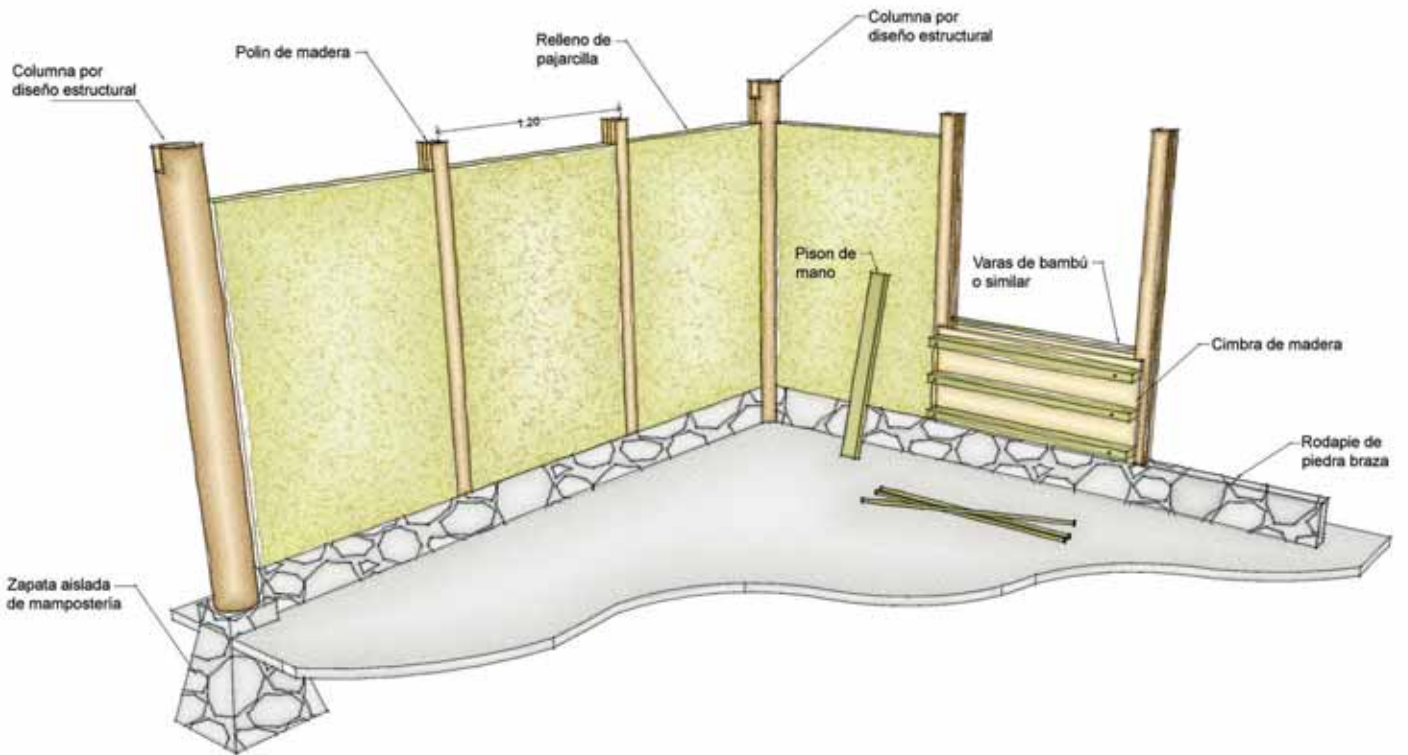
Pajarcilla

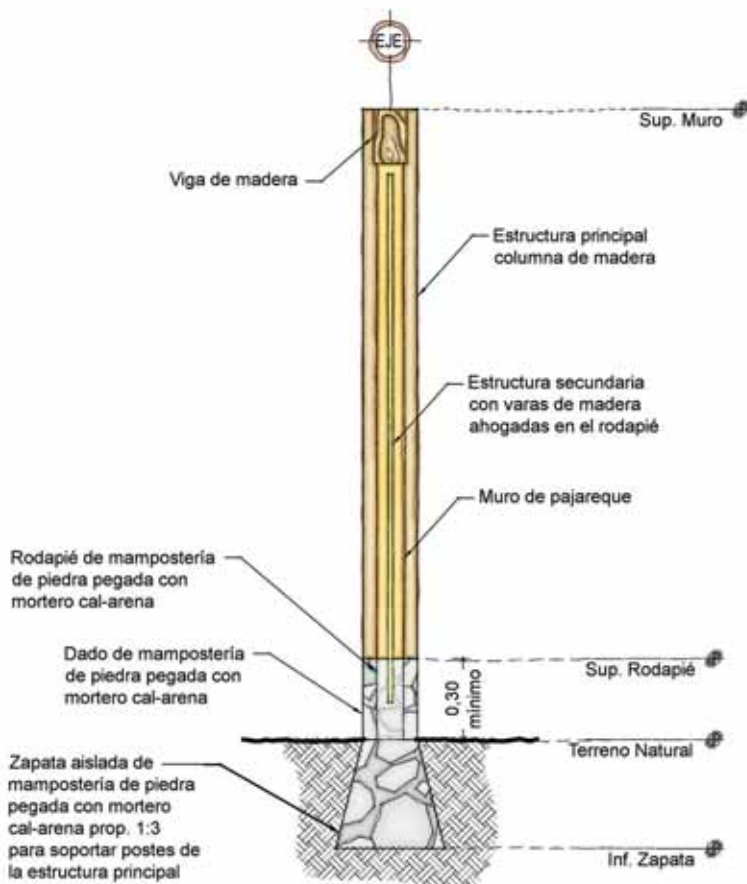
En lo que respecta a la técnica de pajarcilla, una variable clave es su proceso de compactación. A diferencia del manejo manual de los haces de paja con barbotina del pajareque, en la pajarcilla se requiere apisonar y además contar con una cimbra temporal contra la cual ejercer presión.

Para su elaboración se empieza por extender una lona en una superficie plana y sobre ella se coloca paja suelta. Se va humedeciendo la paja con barbotina, cuidando que no sea tanta que llegue a escurrirse al momento de levantar la paja. La consistencia debe ser un poco seca.

Cuando se va a utilizar esta técnica para muros, ya deben estar previstos y bien fijos los apoyos verticales que le servirán como refuerzo, a una distancia no mayor a 1.5m. De este modo se pueden modular los paneles de pajarcilla.

Posteriormente se asegura la cimbra en las caras externas de los postes y se procede a colocar la pajarcilla en su interior en capas de





20cm como máximo. Con ayuda de un pisón de mano se va compactando la mezcla y se repite la operación hasta alcanzar la altura de 60cm que debe tener la cimbra.

Al final de cada cimbra se coloca un refuerzo horizontal que se amarra a los postes. El refuerzo puede ser de torzales de alambre recocado o bien de varas flexibles. El refuerzo cumple una función muy importante ya que evita el posible volteo de los rellenos una vez secos.

Luego se sube la cimbra para continuar con el muro, procurando dejar un traslape de al menos 15cm en ambas caras del tramo recién terminado. Estos pasos se repiten hasta alcanzar la altura deseada. Ya que está seco, los ex-



cedentes de paja o bordos que pudieran tener las superficies se recortan con un machete y queda listo para ser revocado. Si se llegara a interrumpir por un par de días la construcción, será necesario agregar barbotina sobre la superficie del muro seco para lograr buena adherencia con el material a aplicar.

En el caso de que se quiera aplicar esta técnica para edificar entrepisos o cubiertas, se tienen que tomar algunas previsiones. Aunque el procedimiento es similar, la pajarcilla se coloca por tramos y se compacta horizontalmente entre las vigas o morillos que conforman la estructura portante. Para ello es indispensable prever el diseño de las cimbras a fin de optimizar el tiempo de colocación y descimbrado. Estos componentes no requieren demasiados refuerzos e incluso las tablas que forman las caras pueden ser delgadas, puesto que el peso de las placas de pajarcilla no es demasiado, y además, su esqueleto interno de madera ayuda a soportar el sistema. Son cimbras ligeras que se colocan entre las vigas existentes simplemente amarradas con alambre para que sean fáciles de poner y también de quitar.

El procedimiento constructivo requiere que la cimbra base esté fija pero la cimbra que sirve de tapa se debe poder clavar y desclavar fácilmente conforme el trabajador va llenando el espacio entre las vigas y las cimbras, compactando también por capas de no más de 10cm.

El espesor del entrepiso es de 10 a 12cm o lo que permita el ancho de las vigas, siempre y





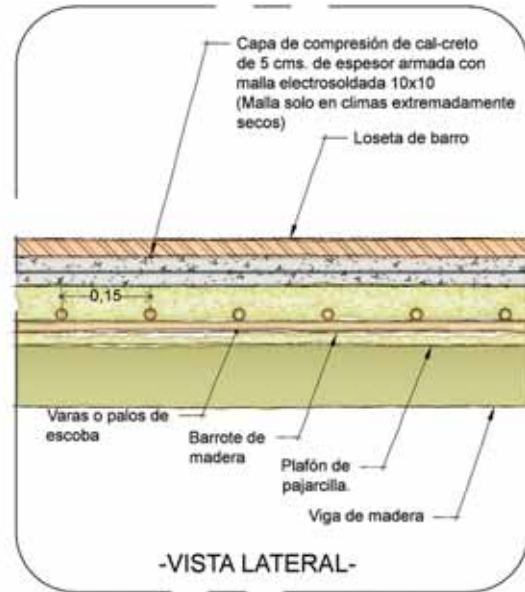
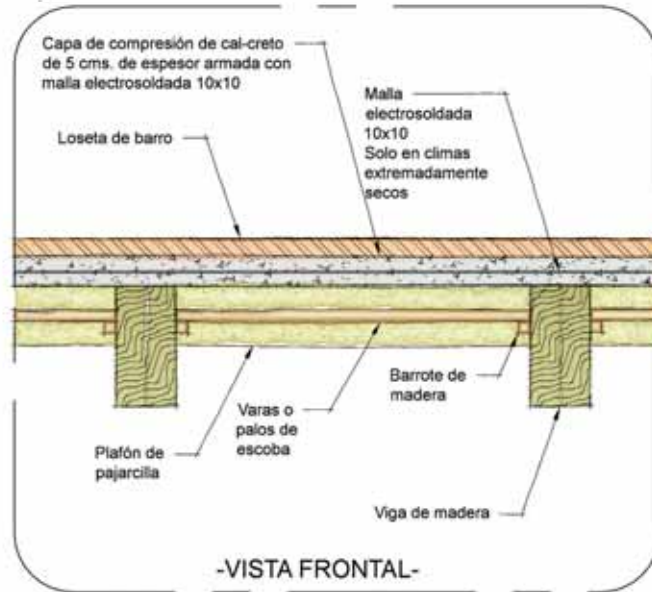
cuando no sea tanto que dificulte su secado o que pueda generar putrefacción en las fibras, retrasando el proceso de enjarrado.

Para ejecutar este entrepiso, hay que cimbrar la parte de abajo a todo lo largo del espacio entre vigas e ir colocando en la parte superior pequeñas cimbras. Luego se compacta la mezcla de pajarcilla horizontalmente. La estructura que soporta el entrepiso está dada por rieles de madera de perfil cuadrado (listones o tiras) que se atornillan al centro de las vigas en toda su longitud. Estos rieles colocados uno frente al otro en la parte interna de las vigas, soportarán varas o jirones que cargan la pajarcilla.

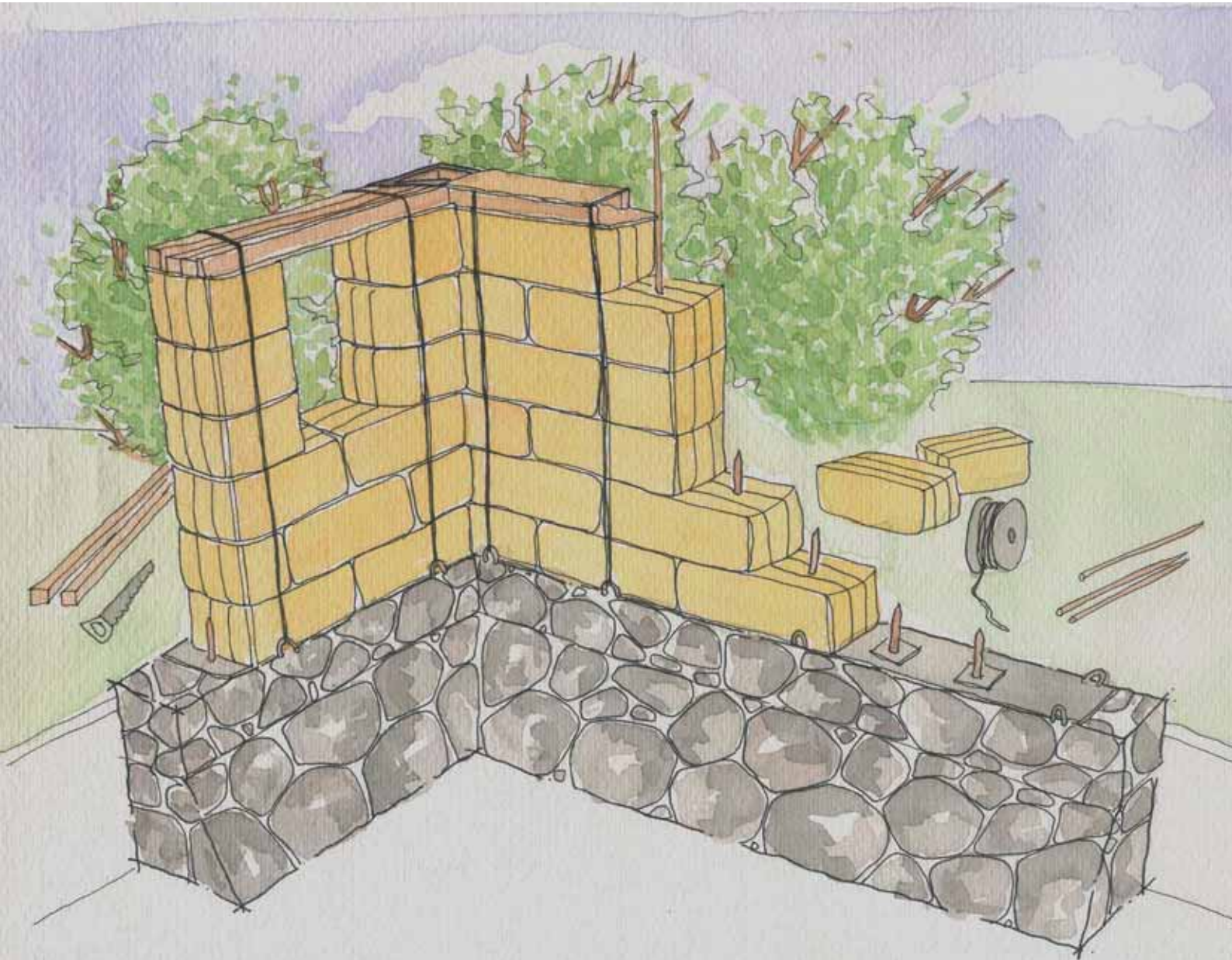
Las varas se colocan al momento de ir compactando el material, cada 20cm en techos que no habrán de recibir cargas vivas y cada 15cm en entrepisos. Como piso final se puede poner enduelado de madera o bien una capa de compresión de espuma volcánica, cal y arena, sobre la que se pueden colocar losetas cerámicas.



ENTREPISO DE PAJARCILLA



PACAS DE PAJA



Antes de comenzar a construir una casa, se debe hacer una cuidadosa selección de las pacas. Pueden ser de trigo, cebada, centeno, avena, sorgo, arroz y pastos nativos, siempre y cuando estos hayan sido empacados firmemente.

Para ello, lo mejor es platicar con la persona que va a realizar el empacado pidiéndole que aplique la máxima presión de su máquina y que el material esté completamente seco. Si no es posible hablar con el empacador, hay que seleccionar siempre las pacas más secas, firmes y uniformes, esto facilitará mucho el trabajo.

Cuando se va a construir con pacas es muy importante entender que no se está construyendo con ladrillos grandes, sino que se trata de un material singular que es fácilmente deformable. No está disponible durante todo el año y no es uniforme en su compactación, humedad, tamaño, etcétera. Además, requiere especial cuidado ante la humedad.

Desde el punto de vista estructural, se puede construir de tres maneras: con muros de relleno, con muros de carga o con una combinación de las dos estrategias.

Construir con muros de relleno significa que se va a levantar previamente una estructura, ya sea de madera o de metal, y posteriormente se conformarán los muros con pacas colocadas entre los componentes de carga. De este modo las pacas no reciben el peso del techo, aunque sí el impacto del viento. Las pacas solamente



cargarán su propio peso y actuarán como un buen aislante térmico y acústico.

Esta manera de edificar tiene, entre otras ventajas, que se pueden utilizar sistemas estructurales conocidos comúnmente y que son aceptados en los reglamentos de construcción. Es posible poner cualquier tipo y forma de techo, se pueden repellar las paredes casi el mismo día que se colocan y finalmente, es viable abrir las ventanas del tamaño que se desee.

Entre las desventajas del sistema destaca el que casi no se ahorra dinero y que se tiene mayor complejidad técnica para construir

cimientos y atar las paredes a los niveles superiores.

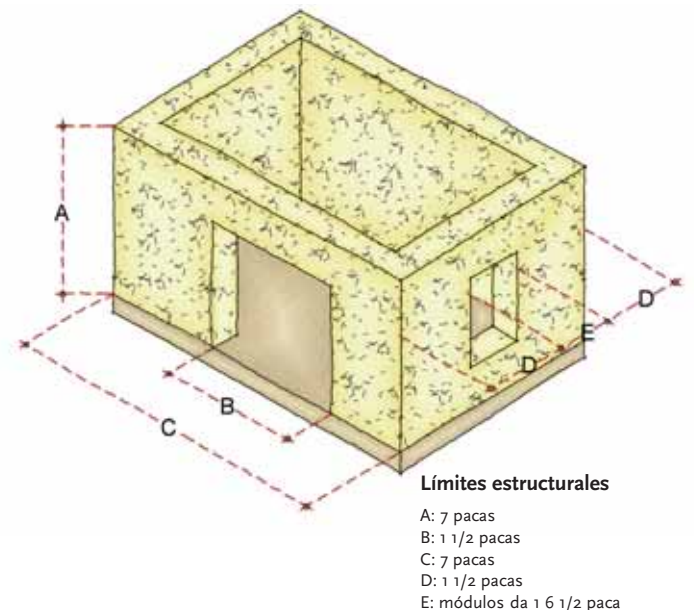
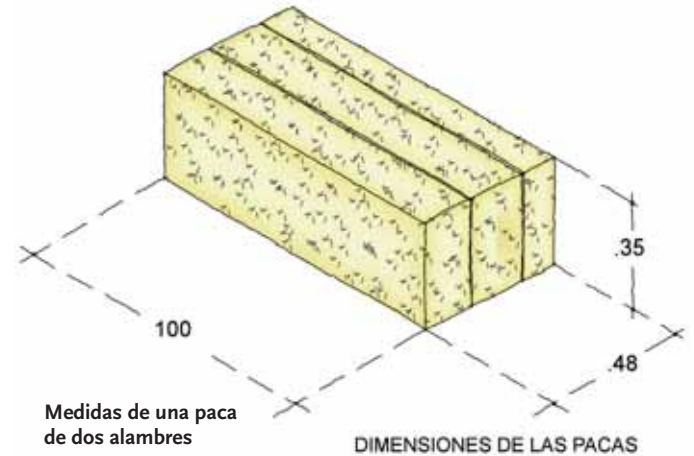
En cambio, diseñar el sistema bajo la lógica de muros de carga, significa que las pacas recibirán el peso del techo y, de este modo, se aprovecharán sus cualidades estructurales, ahorrando una buena cantidad de dinero.

Las desventajas más importantes con relación a la primera estrategia es que se requiere un techo muy ligero, es difícil construir un segundo piso, y se debe prever un ocasional cuarteo en el revoque debido a cargas vivas eventuales, tales como granizo en los techos.

En esta sección se explica cómo construir con muros de carga.

Comenzaremos por el diseño de la casa tomando en cuenta que:

1. No es adecuado tener ventanas mayores a 1.30m de largo, que representarían un dintel caro y difícil de solucionar.
2. La distancia entre la esquina y las puertas o ventanas no deberá ser menor de una paca y media, lo mismo que la distancia entre vanos.
3. La altura máxima debe ser de siete pacas, lo que se traduce en 2.45m.
4. Es recomendable no construir muros de más de 7m de largo.
5. También vale la pena considerar la orientación para una mayor ganancia térmica, tomando en cuenta que las pacas de paja son un excelente aislante ($R=40$).



Materiales



Pacas de paja



Estacas



Alambre



Fleje de plástico

Herramientas



Martillo



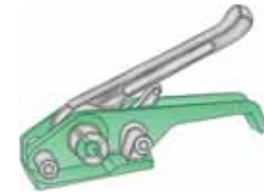
Serrote



Aguja



Amarrador



Flejadora

6. No hay que olvidar que la humedad y el fuego son los principales enemigos de las pacas por lo que es importante evitar localizar las construcciones en sitios donde puedan afectarlas, como en la parte baja de las lomas, junto a muros colindantes, etcétera.
7. Para proteger la casa de la lluvia es recomendable incorporar aleros.

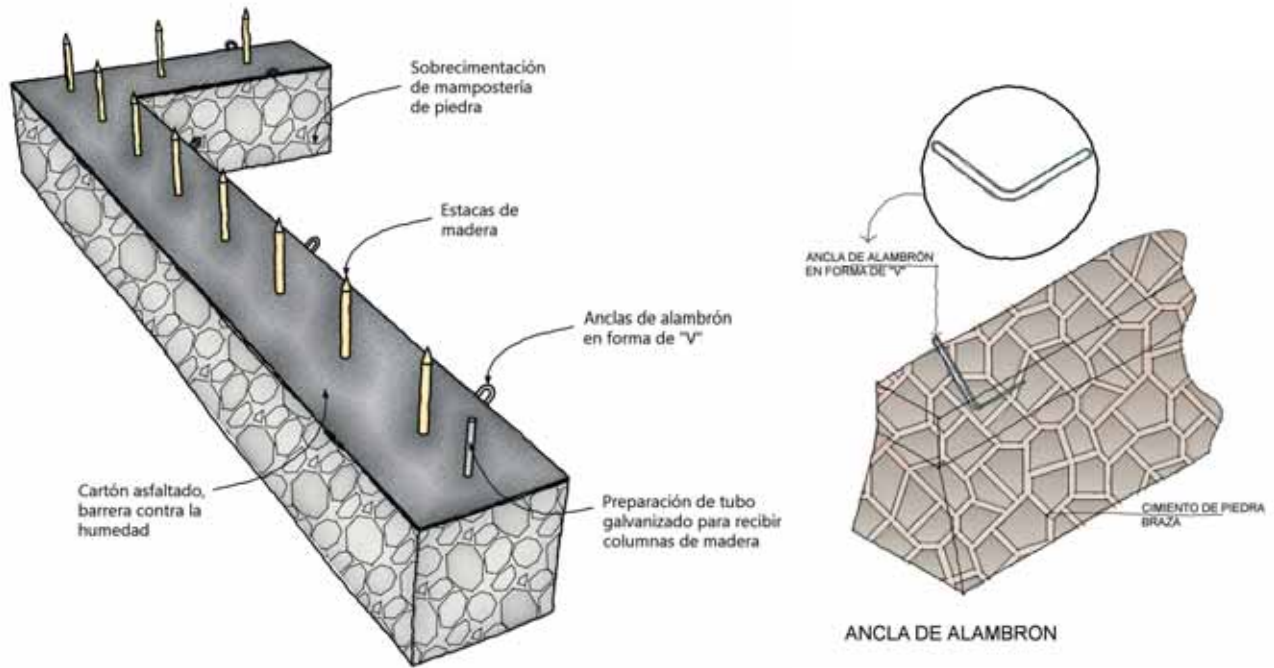
La mayoría de las herramientas y materiales necesarios son los mismos que se emplean en la construcción convencional o en algunas otras tareas. No se requiere nada especial, a excepción de una aguja que ayuda a cortar pacas.

Esta aguja se puede hacer en cualquier pequeño taller de herrería, a partir de un tramo de alambro pulido de 1/4" de diámetro, 80cm

de largo, con la punta ligeramente afilada y en forma de gancho para tejer.

Una vez definido el diseño, se procede a construir la cimentación, la cual puede ser bastante sencilla. Es posible emplear casi cualquier material, piedra, sacos de grava, etcétera. Lo más importante es que cuente con un zócalo que sobresalga del suelo por lo menos 35cm y que en el centro de su corona, a todo lo largo y a partir de las esquinas, se dejen ancladas estacas de 1/2" a cada 50cm, con una longitud de 70cm. Donde van las puertas no se anclan estacas.

En el caso de cimentación de sacos de arena o grava, es necesario tender dos tiras de alambre de púas entre cada hilada de sacos, para evitar su deslizamiento.

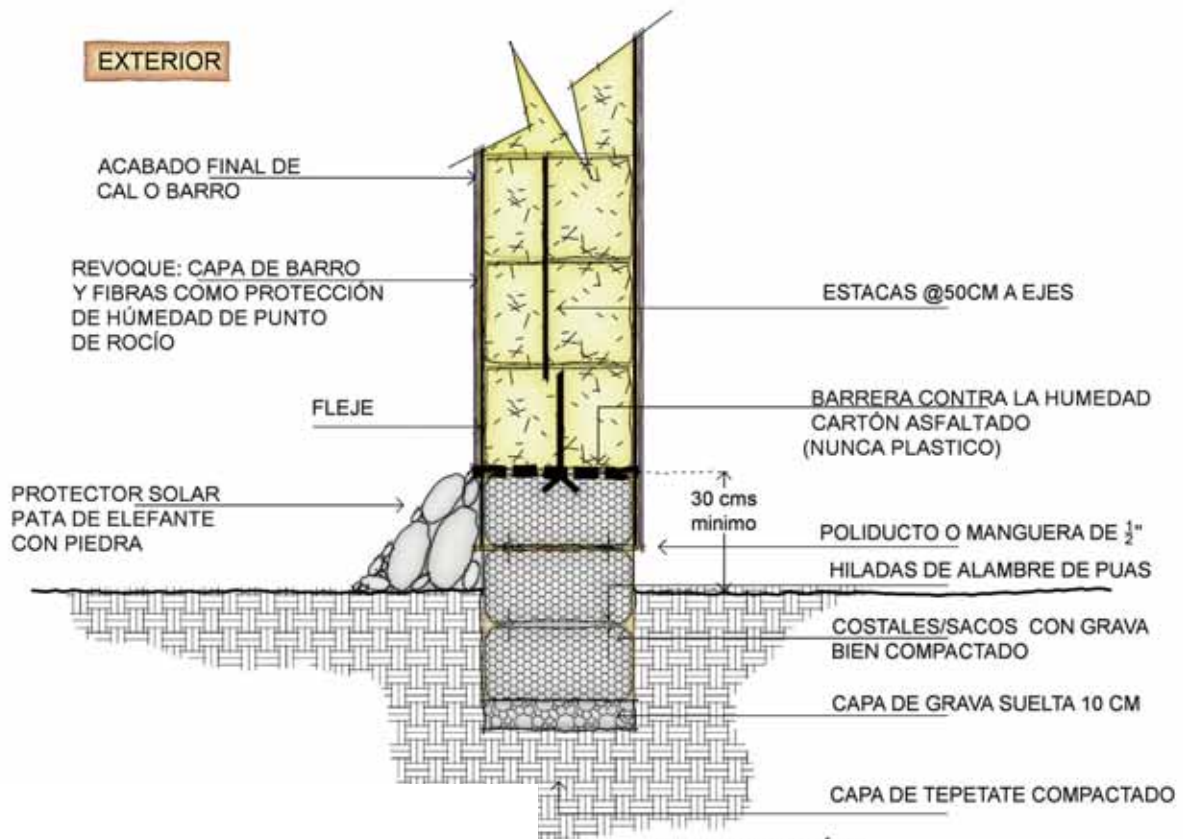


También es necesario dejar enterrados de lado a lado de los cimientos, en el sentido transversal, tramos de 50cm de poliducto o manguera de 1/2". Estos componentes permiten traspasar el fleje que dará rigidez a los muros.

Asimismo, a 20cm del paño interior de las esquinas y de los lados de puertas y ventanas habrá que dejar siempre estos tramos de tubo.

No deberán quedar distancias mayores de 1.20m entre cada tramo de poliducto, de lo contrario será necesario colocar tramos intermedios.

Una vez terminados los cimientos, se coloca una barrera contra la humedad, que será la protección que tengan las primeras hila-



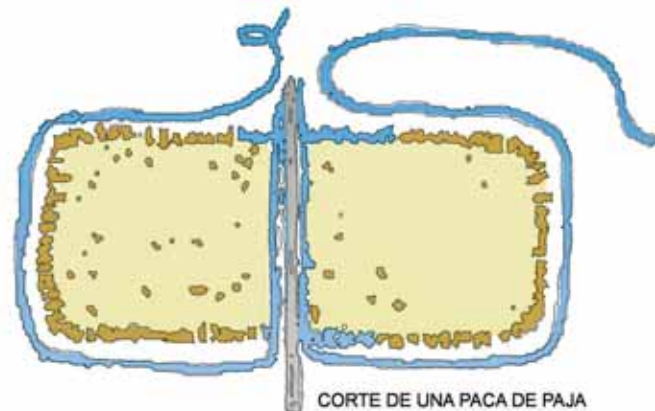
CIMENTACIÓN DE SACOS DE GRAVA

das de pacas para no verse afectadas por el agua que por capilaridad llegará del suelo a través del cimient.

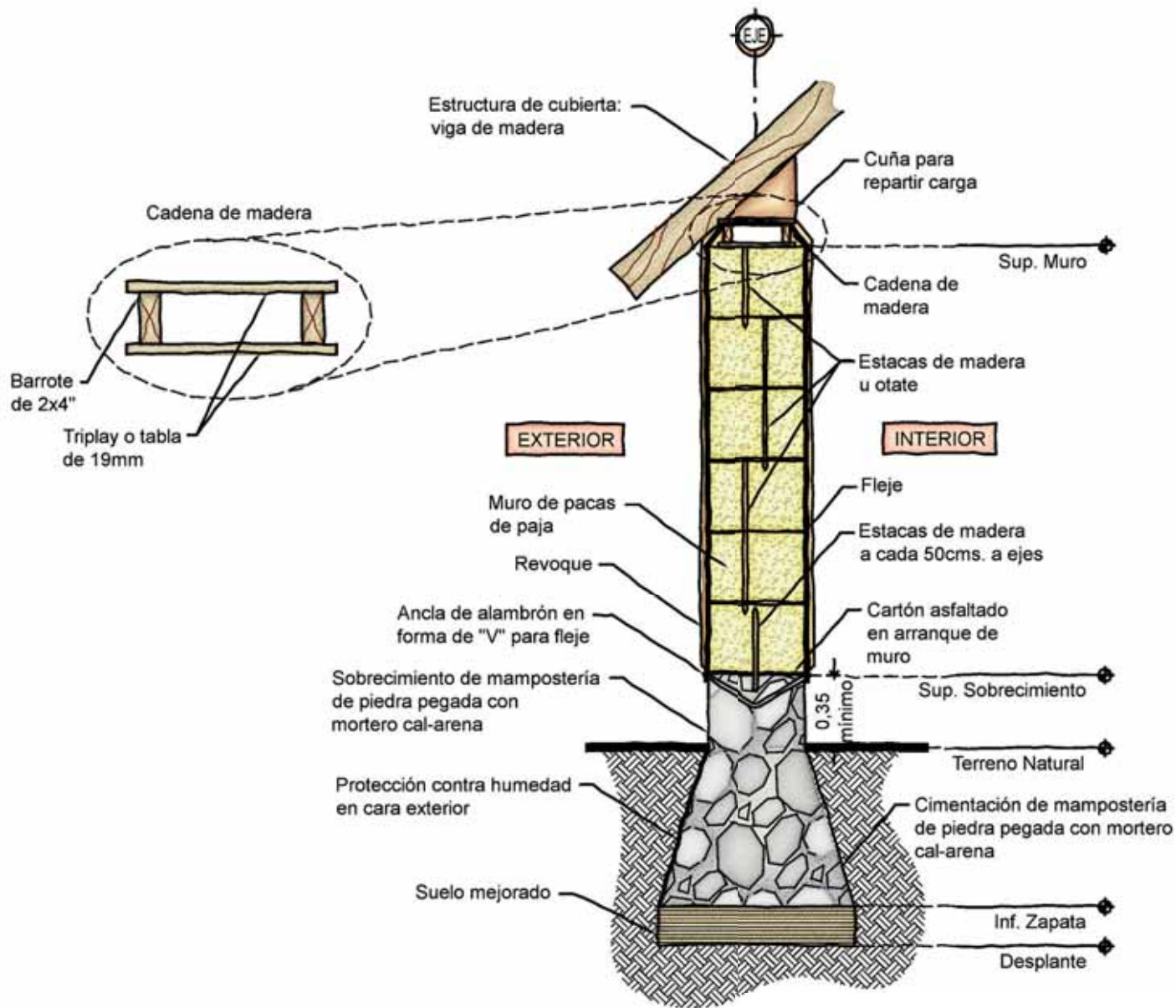
Generalmente se usa cartón asfaltado, pero puede utilizarse también chapopote, aunque es el menos recomendado.

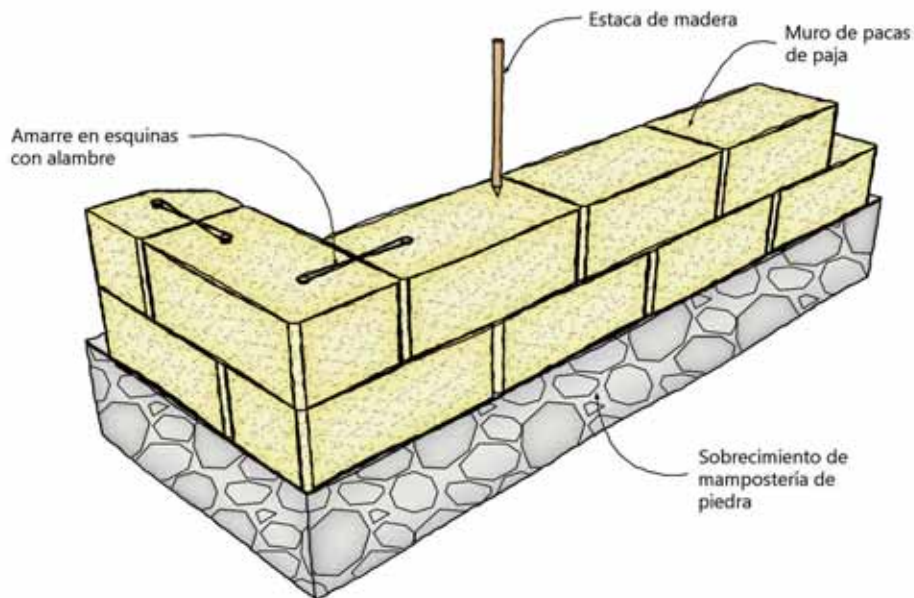
Para sellar los orificios por donde entran las varillas, se le colocan pedacitos de cartón a cada varilla.

La colocación de las pacas debe iniciarse en las esquinas y de ahí continuar hacia los lados, procurando que no se rompan las estacas y que las pacas entren suavemente, ya que si se presionan, las esquinas tenderán a abrirse y será muy difícil remediar posteriormente este error.



CORTE DE UNA PACA DE PAJA





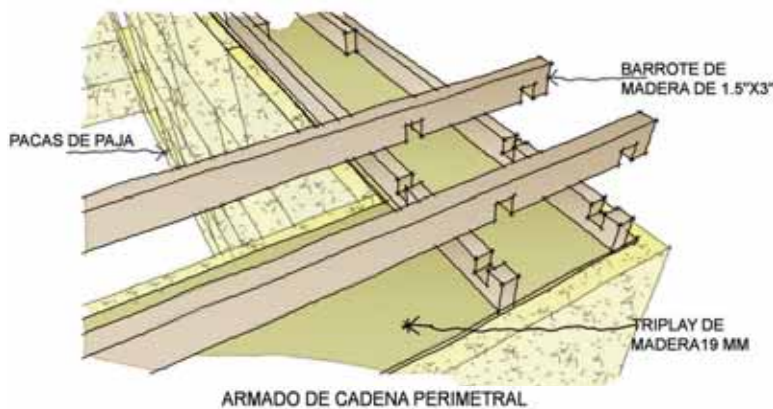
Para lograr esquinas rectas, lo mejor es colocar unas guías de madera que se hacen clavando en ángulo recto, en sentido vertical, dos estacas, apuntalándolas fuertemente adosadas a las esquinas.

La segunda hilada se coloca provocando un cuatrapeo a partir de las esquinas, al igual que se hace con los muros de ladrillo.

Cuando esté completamente terminada la primera hilada, es necesario saltar encima de ella para ayudar a uniformarla y compactar las pacas. Este procedimiento debe hacerse con cada una de las hiladas.

Si es necesario cortar pedazos de pacas, se procede a utilizar la aguja e hilo de rafia o alambre, procurando no afectar la compresión original de las pacas, por lo que habrá que hacer primero los amarres y posteriormente cortar los alambres.





Las pacas se pueden cortar a la medida que se requiera, usando la aguja de alambrión.

A partir de la segunda hilada, es necesario empezar a amarrar las esquinas. Durante los sismos éste es uno de los puntos críticos en toda construcción y su resistencia futura depende de un buen amarre inicial.

Existen varias maneras de amarrar las esquinas y es posible utilizar una o varias de ellas.

La primera consiste en clavar pequeñas estacas en el centro de las pacas y amarrarlas fuertemente con rafia o con alambre. Después se clavan las estacas hasta el punto donde no se salga el amarre.

Otra opción consiste en coser las pacas tanto en el sentido horizontal como en el vertical.

Además de las esquinas, es necesario ir plomeando bien las paredes. A partir de la cuarta hilada, habrá que encajar, de arriba hacia abajo, dos estacas de madera por paca, carrizo, bambú o algún otro material resistente que se tenga a la mano.





Al terminar de colocar las pacas, es necesario colocar otra barrera de humedad, para lo cual también se emplea cartón asfaltado.

Es importante probar qué tipo de acabado final de los muros se aplicará ya que si se desea dejar en paredes perfectamente rectas, es mejor ir preparando las pacas antes de colocarlas, enderezándolas en una superficie plana y/o “rasurándolas” con machete, serrote, podadora de setos o motosierra.

Si no se rasuran las pacas una por una antes de colocarlas, se puede rasurar el muro ya construido. Los pedacitos de paja que van cayendo conviene guardarlos en costales, ya que se pueden ocupar para el repellado.

Así mismo es posible ir recortando las pacas si se pretende dejar huecos para nichos.

La cadena de distribución de carga es un elemento sumamente importante, ya que además de repartir uniformemente el peso del techo en toda la superficie de la paca, estabiliza los muros y fija el techo.



No existe una receta para construir la cadena, ya que básicamente se trata de un elemento rígido que cumpla las funciones antes mencionadas. Es fundamental que este componente se conecte con el cemento por medio del fleje.

La cadena más usada y de menor costo es de madera (que puede ser de la más barata), y es básicamente una “escalera de mano” hecha con barrotes de 1-1/2" x 3-1/2" o 4" que se clavan sobre una tabla de 3/4" o 1" con 30cm de ancho.

La cadena debe ser de una sola pieza, por lo que es muy importante escalonar las uniones de los barrotes, ya que de esto depende su resistencia.

También hay que reforzar la cadena en los huecos de las ventanas y puertas para evitar que se flexione.

Al igual que en los muros, los empalmes de las esquinas son los puntos críticos de la cadena. Se les puede reforzar con pedazos de madera o metal clavados diagonalmente.



En caso de tener ángulos diferentes de 90°, también es importante reforzar las uniones.

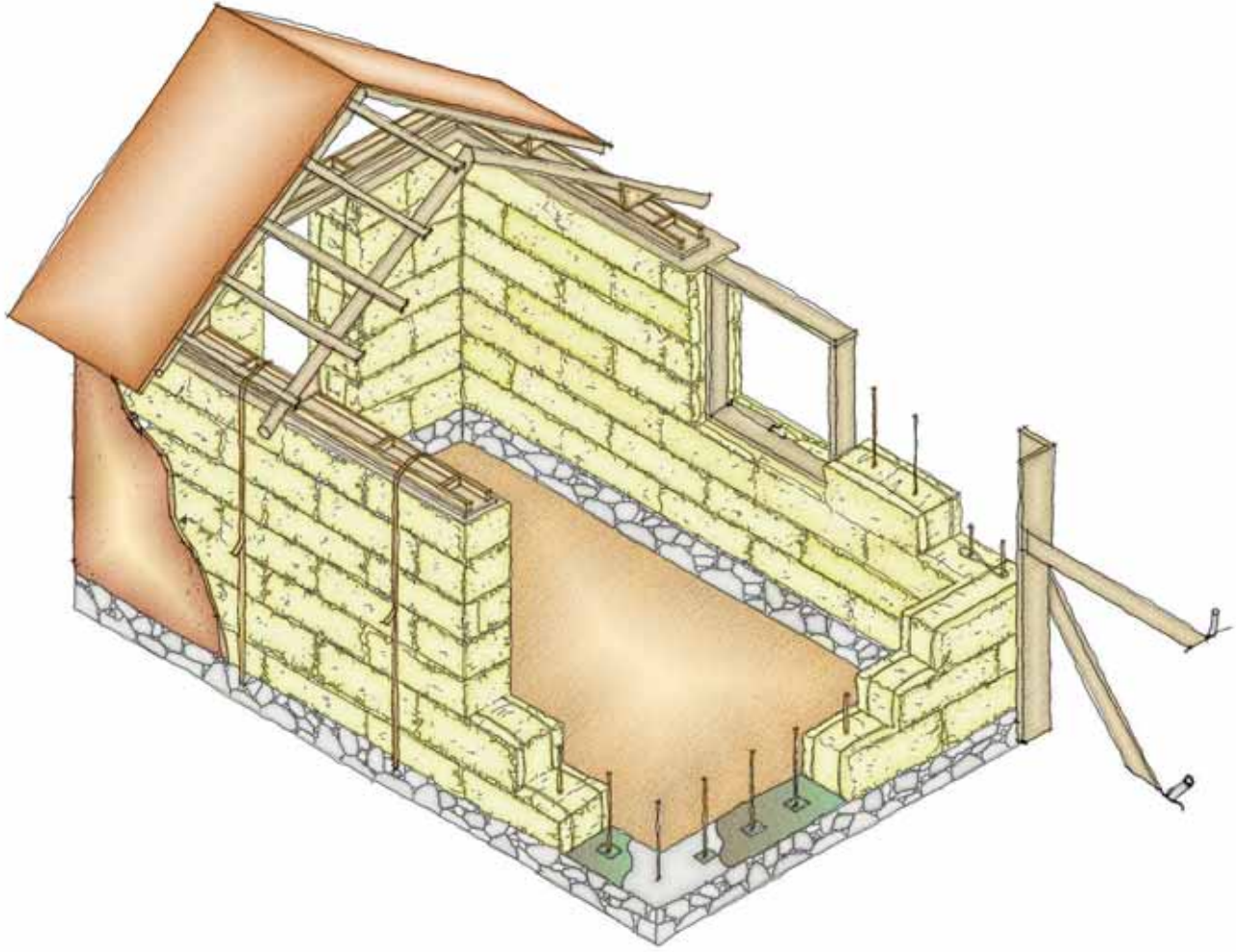
Como es indispensable esperar a que las paredes se compacten lo suficiente antes de repletar, durante el tiempo de espera es posible colocar las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.

Las primeras se integran igual que en construcciones de ladrillo, es decir, insertando poliducto y registros en ranuras de la pared para cablear posteriormente. La única diferencia es que para fijar los registros en el muro, es necesario clavarlos previamente en un pedazo de madera en forma de punta.

Las instalaciones hidráulicas tienen que hacerse con mucho cuidado, ya que una fuga puede representar un serio problema a futuro. Es mejor colocarlas sobre el repellado o bien en un muro húmedo de ladrillo, diseñado específicamente para ellas.



ENJARRE



Cuando ya se ha esperado el tiempo de compactación, los flejes se habrán aflojado y es necesario darles tensión nuevamente antes de proceder al repellido. Es momento también para rectificar el plomo de las paredes.

Debido a que las pacas son muy irregulares, si se requiere una pared perfectamente recta, hay que colocar una buena base de barro y paja, que servirá también para proteger los muros de la humedad exterior. Antes de iniciar el revoque ayuda mucho rellenar las cavidades más grandes con un mortero de lodo y paja para reducir la cantidad de mezcla final. Además, este relleno le añade resistencia estructural al muro.

El revoque se coloca en tres capas, la primera es un poco suelta para que penetre en todas las cavidades de las pacas. La segunda le dará

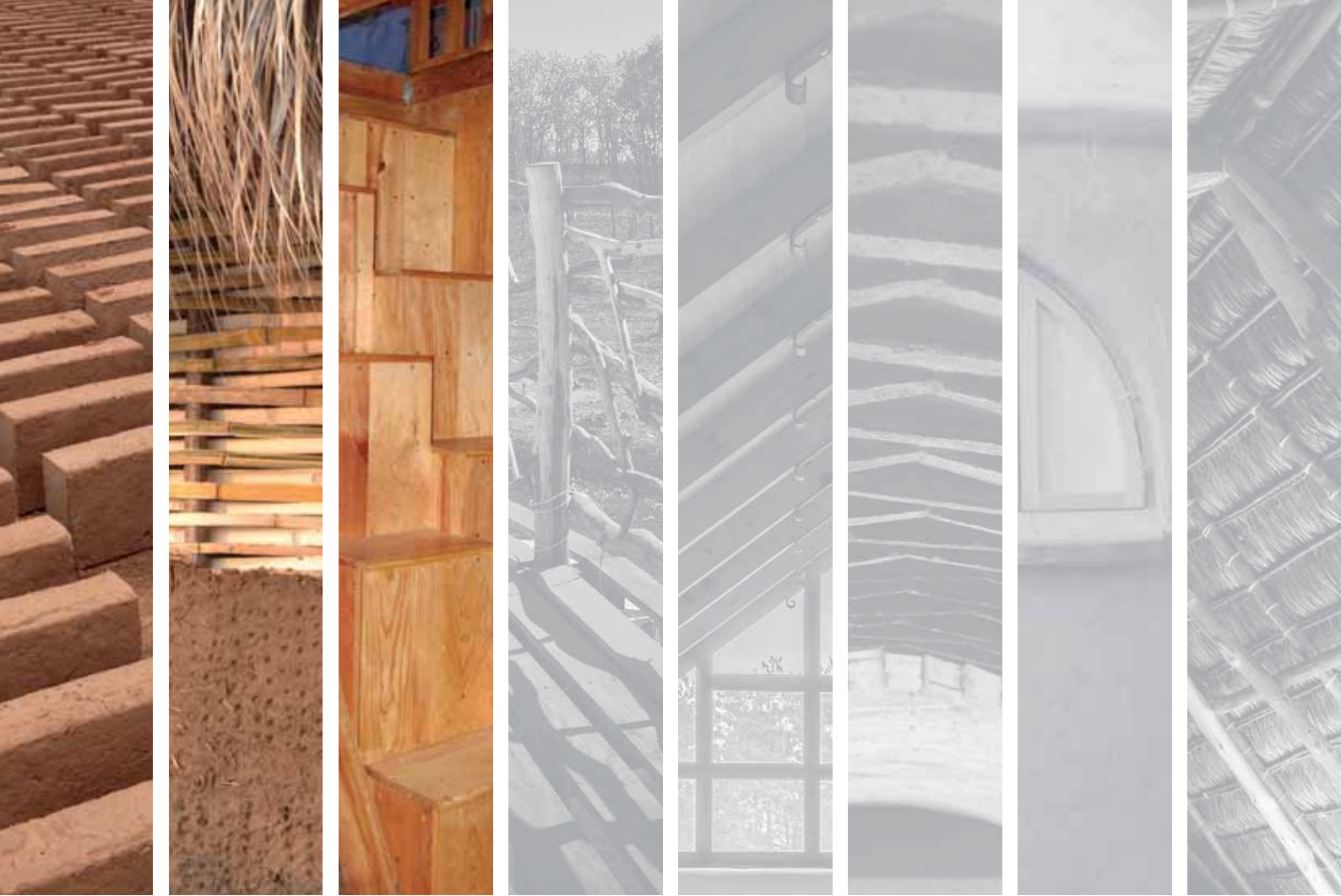
una apariencia más uniforme y la tercera será el acabado definitivo.

También es importante tomar en cuenta que la base de tierra que se coloca en los muros de pacas antes del acabado final sirve como barrera de protección para prevenir que el punto de condensación de humedad local sea de tal profundidad que llegue a las pacas y las pudra. En climas semiáridos 3cm de espesor es una buena base.

Esta base de tierra es indispensable para un buen acabado final, ya que si no se tiene bien resuelta esta parte, habrá problemas de cuarteaduras.

Por ello, es importante considerar que entrará una elevada cantidad de tierra en todas las bases para revoque, más aún si el terminado mismo de la casa será de barro.





TERCERA PARTE

ADOBE





Casa Caballero Zamora



ESTA VIVIENDA está ubicada en la población de Tlaxco, en el estado de Tlaxcala y fue diseñada por Alejandra Caballero Cervantes para ser utilizada regularmente por un solo habitante, que es María Caballero Zamora y, en determinadas temporadas del año, por su familia.

Se trata de una obra fuertemente condicionada por las características urbanas de su predio tanto en lo que se refiere a su orientación como a sus dimensiones. El terreno tiene una forma casi rectangular con 8m de frente y 25m de fondo y un desarrollo orientado de este a oeste. Tiene frente a la calle al lado oriente pero con colindancias en los otros tres lados del terreno. Además, el predio presenta un nivel más alto con respecto al de la calle.

Tlaxco tiene un clima templado subhúmedo, con presencia predominante de lluvias entre junio y septiembre. Los meses más calurosos del año son marzo, abril y mayo aunque la temperatura rara vez supera los 26°C. El regis-

tro máximo anual en promedio es de 22.9°C y la temperatura media mínima es de 5.3°C. La precipitación pluvial promedio máxima es de 122.5mm y la mínima de 7.6mm. Normalmente se tienen vientos que corren de norte a sur, por lo que, para lograr adecuadas condiciones de confort, se requiere tener vanos abiertos al sur para permitir el asoleamiento.

Este requerimiento determinó que el diseño de la vivienda se desarrollara longitudinalmente al paño de la colindancia norte y abriendo fachadas interiores parciales de cara al sur. El terreno mide 200m² pero el área construida ocupó solamente 101m² para conseguir espacios abiertos de iluminación.

La casa tiene un solo nivel que incluye una sala, comedor, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recámaras. Los espacios exteriores se emplean como áreas ajardinadas al frente y fondo del predio, además de cochera para un vehículo.

Se procuró que tanto los trabajadores de la construcción como la mayor parte de los materiales fueran originarios de la propia región para incrementar el nivel de sostenibilidad de la obra. La cimentación se hizo con piedra brasa asentada con un mortero de cal y arena en una dosificación de 1 a 5. Todos los muros son de adobes asentados con mortero de tierra arcillosa y se incorporaron algunos detalles hechos con la técnica de pajareque combinada con botellas de vidrio recicladas.

El techo es una “losa catalana”, es decir, un sistema de cubierta plana hecho a base de una estructura de vigas de madera que soporta dos capas de ladrillo cocido, al que localmente se lo conoce como “petatillo”.

Los pisos de la mayor parte de los espacios son de loseta de barro y en el baño se usaron lajas de piedra.

Los pavimentos exteriores en andadores y cochera son de piedra laja y los espacios ajardinados tienen césped.

Los recubrimientos interiores son de cal y arena con pinturas naturales al fresco en color rojo oxidado y pinturas a la cal con baba de nopal o leche y pigmentos naturales.

Se empleó un lambrín a base de azulejos tipo talavera de diferentes colores en el área de regadera del baño, así como en las barras de la cocina.





En las fachadas exteriores se dejaron los adobes aparentes protegiendo las juntas con rajuelas de piedra. Los marcos de puertas y ventanas, así como algunas esquinas se recubrieron con una cenefa de mortero cal arena también pigmentada con pinturas naturales.

Los adobes fueron fabricados en Tlaxco. La piedra braza, cal, arena y tierra para revoques fueron adquiridas en casa de materiales de la localidad.

Las instalaciones hidráulicas están conectadas a la red municipal y se hicieron con tubería de polipropileno random de alta densidad. La energía eléctrica es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y utilizan solamente focos LED.

Las instalaciones sanitarias también se hicieron con tubería de polipropileno y tanto las aguas negras como las grises se conducen al sistema colector municipal.

La basura se separa para el compostaje de los residuos orgánicos.

En lo referente a las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático se utilizan calentadores de agua a base de leña y uno solar. Se incorporó un WC de bajo consumo y asoleamiento natural.

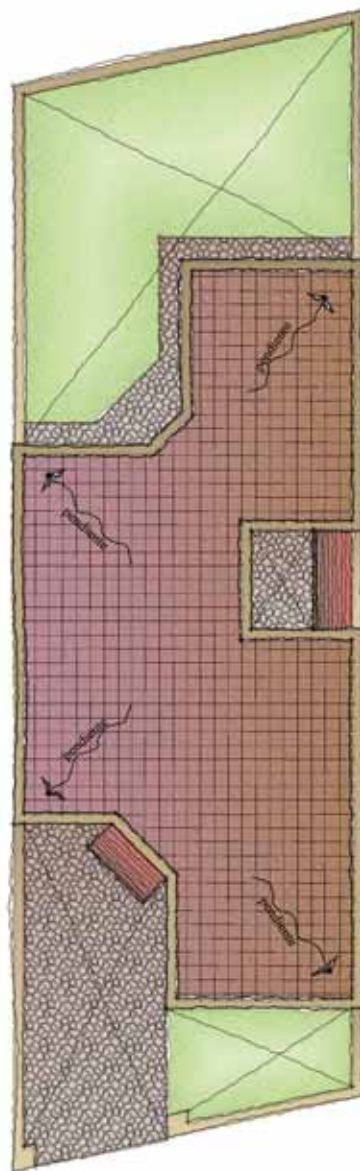
Como consideraciones adicionales para disminuir la huella ecológica, es importante destacar que las puertas de la casa tienen el sello de SFC que otorga el Consejo para la Silvicultura Sostenible.



SIMBOLOGÍA

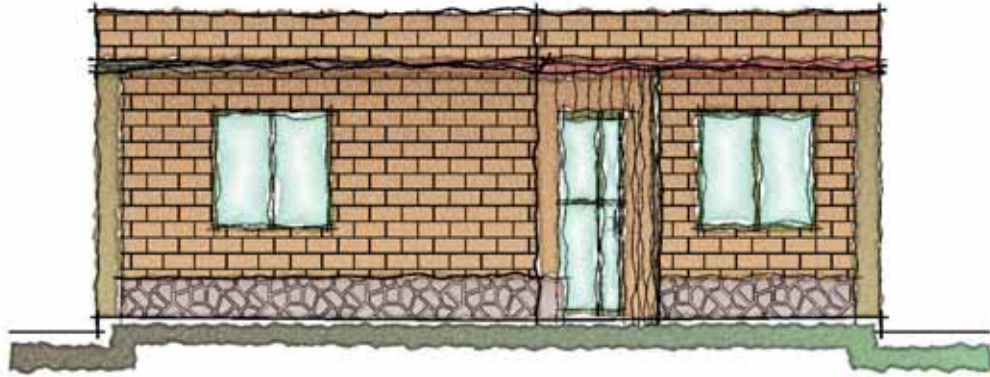
- 1 COCHERA
- 2 JARDÍN FRONTAL
- 3 ACCESO
- 4 SALA
- 5 COMEDOR
- 6 COCINA
- 7 PATIO DE SERVICIO
- 8 PASILLO
- 9 RECAMARA 1
- 10 BAÑO
- 11 RECAMARA 2
- 12 SALIDA JARDÍN POSTERIOR
- 13 JARDÍN

 MUROS DE ADOBE

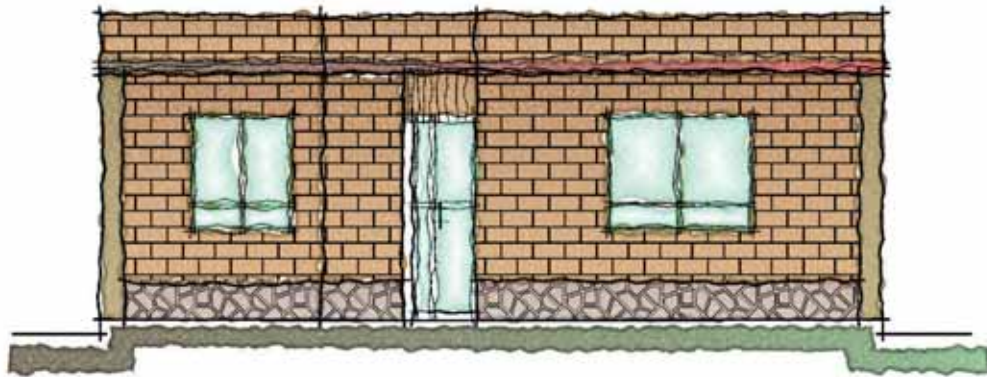


PLANTA ARQUITECTÓNICA

PLANTA AZOTEA



FACHADA ORIENTE



FACHADA PONIENTE



Casa en San Andrés Huayapam



ESTA VIVIENDA está emplazada en el número 79 de la calle llamada Camino a Huayapam, del Paraje La Era, en San Andrés Huayapam, Oaxaca. El clima local va de semi-cálido a templado subhúmedo con lluvias en verano y regímenes pluviales que oscilan entre los 600 y 1200mm al año.

Fue diseñada por Maribel González Apodaca para ser ocupada por Ana María Hernández, Eduardo Liendro y sus dos hijos, un joven y una niña.

La obra se materializó mediante la colaboración de Maribel González Apodaca, Israel Hernández responsable de la albañilería, Lidia Aguado encargada de las instalaciones y un equipo de ayudantes, albañiles y artesanos.

La superficie total del terreno es de 280m² y el área edificada ocupa 130m² que se desarrollan en dos niveles.

Los espacios cubiertos incluyen en planta baja un pórtico de acceso, cocina-comedor-estancia, vestíbulo, baño de visitas y dos recáma-

ras. La planta alta cuenta con un vestíbulo, recámara principal, terraza y medio baño.

Los espacios descubiertos se componen de un área de patio, jardín, cisterna para captación de agua de lluvia y área de lavado.

El proyecto se originó como una solicitud de vivienda nueva, pero localizada en una zona rural cercana a la ciudad de Oaxaca. Se emplaza en un terreno pequeño con una pendiente moderada en el que se buscaba contar con el máximo aprovechamiento de iluminación y ventilación naturales. La zona no cuenta con red de agua potable ni sistema de drenaje municipal.

La cimentación consistió en la colocación de una plantilla de cemento pobre y zapatas de piedra asentada con mortero de cal y arena en proporción 1:5. La mayoría de los muros son de adobe pero también se incluyeron algunos elementos divisorios de panel de madera, baja-reqe y carrizo en casos puntuales. El sistema estructural se sustenta en muros de carga con

refuerzos de alambre de púas entre las juntas a cada 5 hiladas de los adobes.

El entrepiso se conformó mediante tablo- nes asentados sobre vigas laminadas de ma- dera, fabricadas *in situ* a partir de tablas.

Finalmente, las cubiertas se hicieron con teja de barro artesanal sobre una capa de fe- rrocemento con malla cubriendo un endue- lado que se fijó a vigas de madera laminada como las de los entrepisos. En otras seccio- nes, se incluyeron bóvedas autoportantes de ladrillo recargado –de fabricación local– con juntas de mortero o barro.

Los pavimentos interiores fueron de cal con grava y arcilla en planta baja y tablones de madera en planta alta. La escalera es de la- drillo rojo y, en los baños, los pisos se hicieron con cemento pulido pigmentado. En los espa- cios exteriores se incluyeron huellas con pie- dra de la región en los espacios ajardinados con césped, gravas y tierra.

En la mayor parte de los muros se dejaron aparentes los adobes y ladrillos, y sólo algu- nas secciones se recubrieron con aplanados de tierra bruñida en exteriores, estucos de cal con tierras de colores y arcilla bruñida en in- teriores. En los baños se usaron aplanados de cal, cemento y arena.

Los adobes fueron comprados a artesanos del poblado que los realizan con tierra de la región. La piedra provino de bancos cercanos a la zona y la cal fue apagada en obra mez- clándose con arena del río Atoyac. La tierra





procedente de las excavaciones se usó para asentar los adobes.

Para las instalaciones sanitarias se introdujeron tubos de PVC y para las hidráulicas de cobre y polipropileno. La energía eléctrica proviene de la red de CFE.

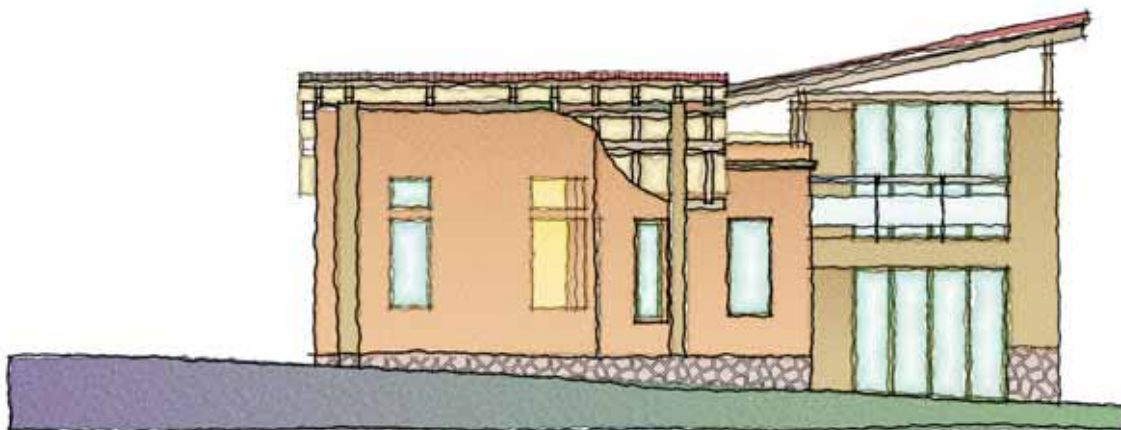
En lo que se refiere al manejo de residuos sólidos se utilizan baños secos, compostaje de excretas, separación de basura y lombricompostaje de residuos orgánicos.

El agua proviene en un 60% del pozo y 40% de captación de agua de lluvia. Las aguas servidas se separan mediante instalaciones de aguas grises y tratamiento a base de trampa de grasas, filtros de gravas, arena-carbón y un estanque de plantas semi-acuáticas.

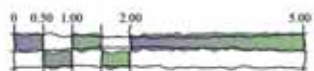
Entre las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático empleadas destaca el

estudio cuidadoso para el máximo aprovechamiento de las orientaciones y diseño de ventilación cruzada. Incorporación de patios, tragaluces, ventanas y cancelas como sistemas de iluminación, ventilación y calefacción.

Algunas consideraciones adicionales para disminuir la huella ecológica consistieron en el uso de madera local con sello de SFC (Consejo para la Silvicultura Sostenible); diseño de iluminación natural que permite el mayor aprovechamiento de la luz del sol durante las horas del día; tratamiento de la madera, pisos y acabados con aceites y productos naturales; calentadores solares de agua de fabricación casera, simple y de muy alto rendimiento, así como el empleo racional del cemento y la elaboración de puertas con el desperdicio de la madera de las cubiertas.



FACHADA SUR

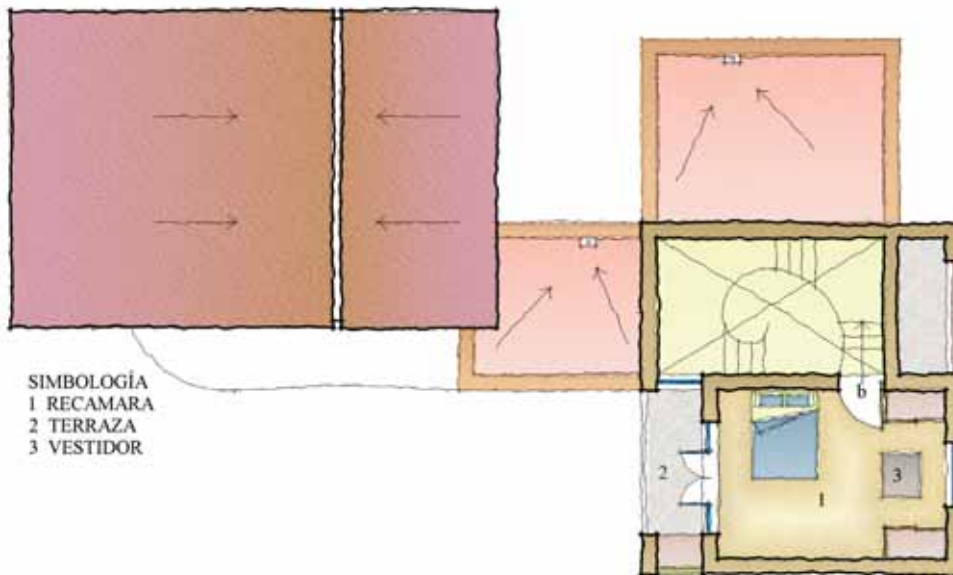


FACHADA NORTE





PLANTA BAJA



PLANTA ALTA





Tienda comunitaria



EL CONJUNTO se localiza en la calle Ampliación Cuchumá 1508, Tecate, Baja California, México en una región caracterizada por un clima de matorral costero, con lluvias en invierno concentradas de diciembre a febrero, que pueden llegar a ser torrenciales cada 10 años (200mm al año).

Lo proyectó Tonatiuh Magaña Guzmán, la decoración la diseñó el Dr. Sergio R. Bonilla Castellanos y la obra fue ejecutada por Madai, Rolando, Güero y Rob. Los usuarios son los miembros de la Escuela Montessori Anser-Centro de Permacultura Urbana Niños del Cuchumá A.C. que en promedio suman 60 niños de primaria y preescolar, 10 maestros y eventualmente padres, vecinos y visitantes.

La superficie total del terreno es de 19800m² pero el área edificada es de 21m² desarrollados en un solo nivel. Los espacios cubiertos incluyen un sótano y el área de exposición de productos en planta baja. El proyecto surge por la necesidad de un espacio adecuado para

ofrecer a la comunidad escolar productos alimenticios de calidad, orgánicos, caseros y de producción local. En segundo lugar, que la escuela facilite al público en general el acceso a su producción de hortalizas y que los ranchos vecinos puedan compartir sus excedentes en frutas, aceitunas, uvas, etc., así como aquellos productos que las propias mamás o abuelas de la comunidad escolar preparen caseramente con recetas tradicionales de cada familia, donde impere la cuidadosa selección de los ingredientes y su valor nutricional.

El diseño estuvo condicionado por el lugar de edificación, entre el límite de propiedad que corresponde a un camino vecinal y el piso del estacionamiento, que tiene un desnivel de 1.5m en su punto más alto y plantas nativas a los costados.

Se usó piedra braza asentada con mortero de cemento y arena en la cimentación. Los muros de la planta alta son de adobe (54cm x 28cm x 10cm) y mampostería de piedra en el

sótano. La estructura se sostiene a partir de muros de carga y el mortero es el mismo usado para elaborar los adobes. Cuenta con una cadena de tablón en la parte alta de los muros.

El entrepiso se edificó con hojas de triplay (4x8 pies x 1" de ancho) colocadas sobre polines de 4x4". La cubierta se hizo con tejas de metal, sobre cartón negro en un doble techo de triplay de petatillo de 1/2" en la parte superior, poliestireno de 2" en la parte intermedia y triplay ranurado de 1/2" (vista interior) en la parte baja, colocado sobre vigas de madera.

Los pavimentos interiores son de losetas cerámicas en sótano y triplay de 1" en entrepiso, y los exteriores que conforman los escalones de acceso principal son piedras del lugar. Los acabados en interiores son aplanados aparentes de arcilla roja con paja de trigo picada, estiércol molido de caballo en combinación con aplanados cal-arena. En el exterior se hicieron aplanados aparentes de arcilla roja con paja de trigo picada, estiércol de vaca, estiércol molido de caballo y 5% aceite de linaza en combinación con aplanados cal-arena.

Los adobes fueron hechos en el sitio, con una mitad de tierra extraída de la excavación para la cimentación y sótano, la otra mitad de arcilla roja de la región y estiércol molido de caballo. Para aplanados se usó arcilla roja de la región, paja de trigo adquirida en un expendio local y picada en el lugar. La piedra braza, cemento, cal y arena fueron adquiridas en una casa de materiales de la localidad.





Los materiales utilizados para las instalaciones eléctricas fueron a base de poliducto naranja y cajas eléctricas, y la energía se genera por medio de paneles solares.

Con respecto al manejo de residuos sólidos, se realiza la separación de basura, lóbricompostaje de residuos orgánicos. Existe un baño seco independiente. Las aguas servidas se utilizan para el riego directo a plantas nativas, gracias al uso de jabones biodegradables. El abasto del agua se realiza por medio de un carro cisterna a un contenedor de plástico.

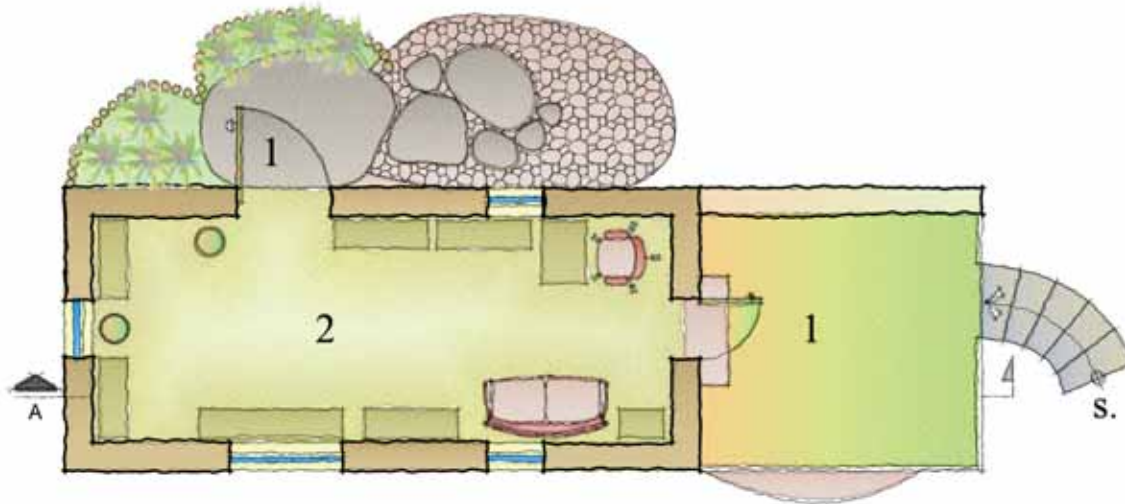
En cuanto a las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático se cuenta con ventanas de doble vidrio, ventilas en parte baja de ventanas regulables para la entrada de aire. El

80% de la iluminación es natural y el 20% con “solar tube”.

Entre las principales consideraciones adicionales tomadas en cuenta para disminuir la huella ecológica destaca el uso de ventanas de segunda mano y arcos en adobe para los dinteles de las mismas. El 80% de la madera empleada es de segunda mano, excepto triplay ranurado de vista interior del techo.

El 90% del acondicionamiento del mobiliario proviene del lugar. Los adornos y las piezas de cerámica del piso del sótano son reciclados. Las instalaciones eléctricas exteriores para el sistema de paneles solares, se encuentran ocultas en una escultura en forma de árbol, buscando un menor impacto visual.

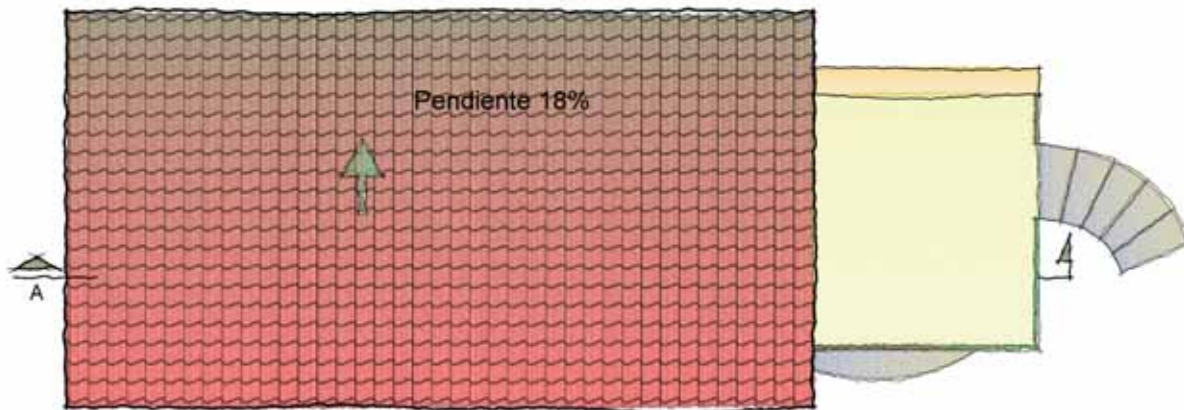
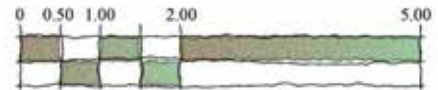




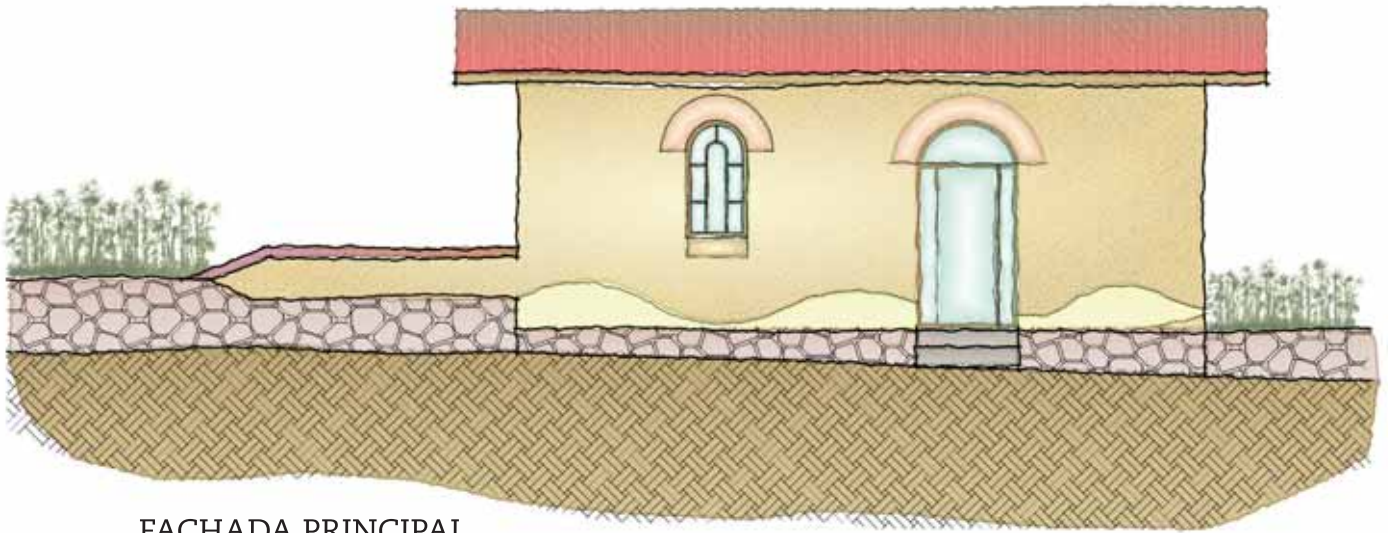
PLANTA ARQUITECTÓNICA

SIMBOLOGÍA

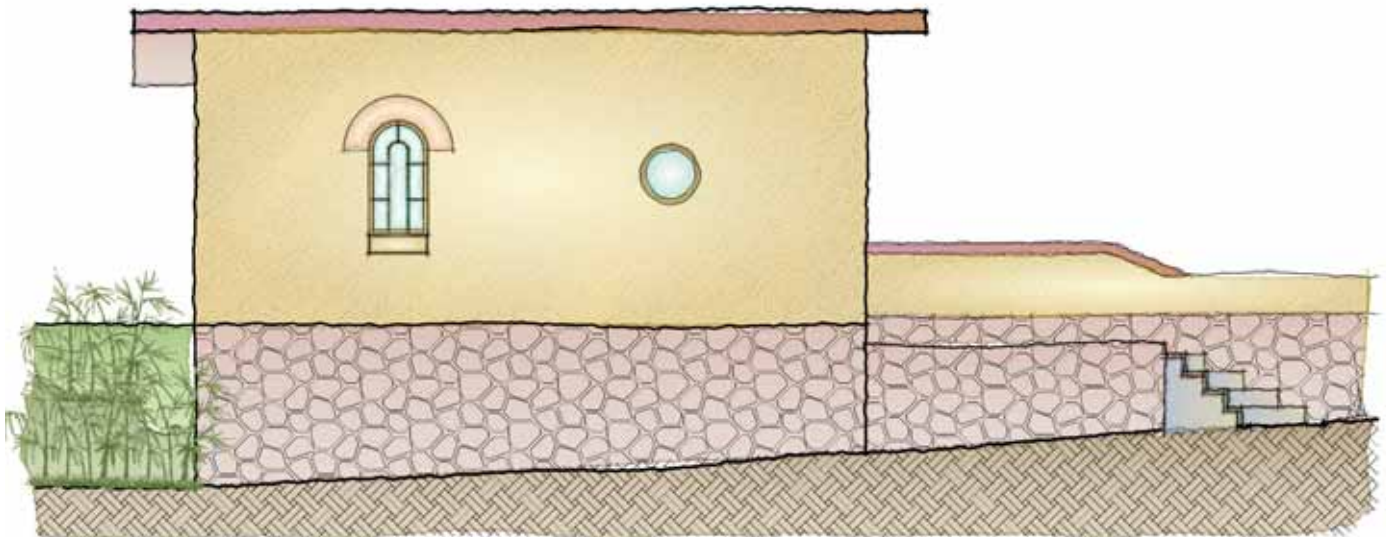
- 1 ACCESO
- 2 ESPERA
- 3 ATENCIÓN



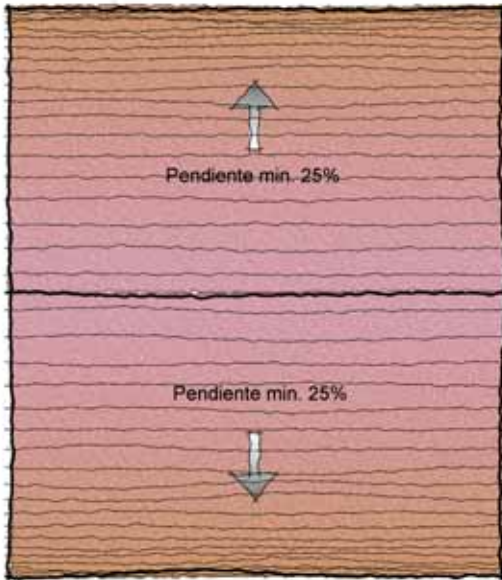
PLANTA TECHUMBRE



FACHADA PRINCIPAL



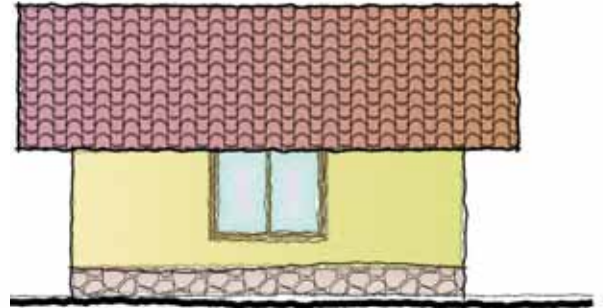
FACHADA POSTERIOR



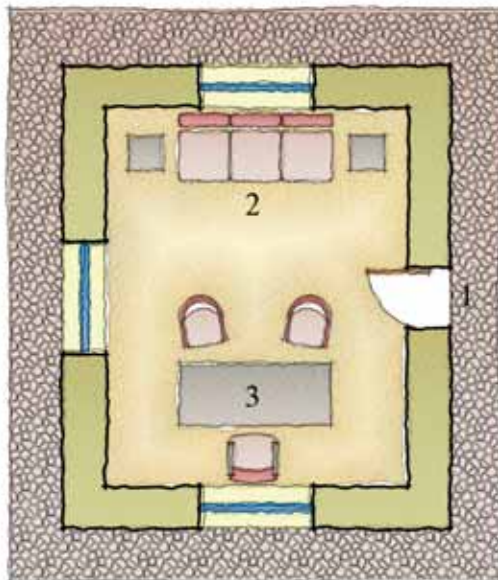
PLANTA DE TECHUMBRE



FACHADA POSTERIOR

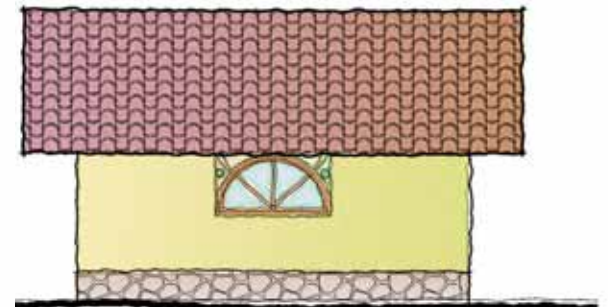


FACHADA LATERAL IZQUIERDA



PLANTA ARQUITECTÓNICA

SIMBOLOGÍA
 1 ACCESO
 2 ESPERA
 3 ATENCIÓN



FACHADA LATERAL DERECHA



El Semillero



ESTE INMUEBLE se localiza cerca del Rancho El Pardo, dentro de las instalaciones del Proyecto San Isidro, en Tlaxco, Tlaxcala. Fue diseñado y construido por Stevan de la Rosa en colaboración con Alejandra Caballero. Se propuso como un espacio para bodega, dividida en dos partes, una de las cuales se destina al guardado de semillas y la otra, de herramientas.

Tiene un solo nivel de 18m² y está en medio de un área abierta que era parte de una ladera que fue aterrizada para su aprovechamiento agrícola en combinación con el huerto e invernadero.

El proyecto surgió de un planteamiento en el que se buscaba usar bóvedas nubianas de adobe en climas menos áridos que donde se suelen emplear, con el fin de probar un recubrimiento impermeable conformado por un techo verde.

La región en que se emplaza tiene un clima cálido seco con lluvias concentradas entre ju-

lio y octubre que pueden llegar a ser torrenciales, con un régimen pluvial promedio de 1280mm al año.

La cimentación es de piedra braza labrada, asentada con mortero de cal y arena en proporciones 1:3.

La estructura se desarrolla a partir de muros de carga de adobes de 50x30x12cm. La cubierta es una bóveda de cañón tipo nubiana con adobes de 26x13x5cm sobre la que se colocó un entortado de cob de 5cm.

El sistema de techo verde que asienta sobre la bóveda se aisló con una lona ahulada y cuenta con canaletas perimetrales que son guiadas por el pretil a cuatro escurrimientos localizados en cada esquina.

En el exterior se dejó el adobe aparente con las juntas rajueleadas. Los interiores fueron aplanados con tierra y paja picada. Los adobes de la bóveda de un cuarto se limpiaron y dejaron aparentes.

Los pavimentos interiores se hicieron, uno de tierra sellada con aceite de linaza y el de la otra habitación, de mortero de cal y arena.

Los adobes fueron comprados a artesanos del poblado y están hechos con tierra de la región. La piedra, cal y arena fueron compradas en la localidad. La tierra para asentar los adobes y para aplanar se extrajo del propio terreno de la excavación para otra construcción. Se utilizó paja de trigo de la cosecha del rancho.

La bodega no cuenta con instalaciones hidráulicas ni sanitarias, ni tampoco utiliza energía eléctrica.

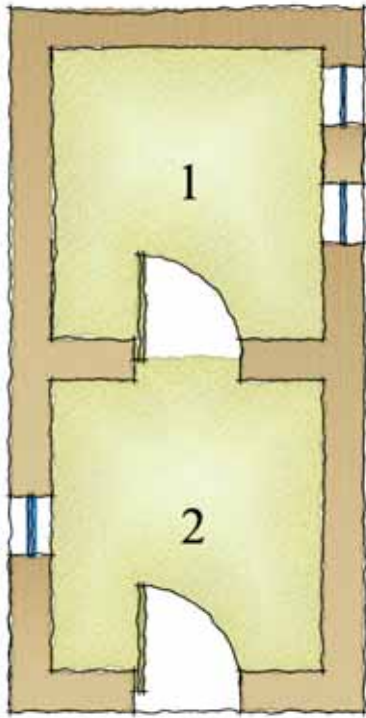
Entre las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático destaca el uso de ventanas tipo tronera, que fueron orientadas en la parte norte del cuarto semillero para captar vientos fríos y mantener bajas las temperaturas para la mejor conservación de las semillas.

La técnica de bóveda autoportante prescinde del uso de madera en la estructura y en su proceso constructivo. Las únicas piezas de madera utilizadas fueron para dinteles y son locales y de reuso. Esta construcción se realizó durante la primavera del 2010 como una serie de proyectos de Stevan de la Rosa en diferentes lugares, con colegas que tratan de extender la viabilidad del uso de bóvedas de adobe en climas menos áridos que donde se acostumbran emplear, con el fin de adaptar diferentes técnicas de protección de baja huella ecológica. Por el momento esta bóveda con techo verde ha tenido éxito y no ha requerido mantenimiento hasta ahora.



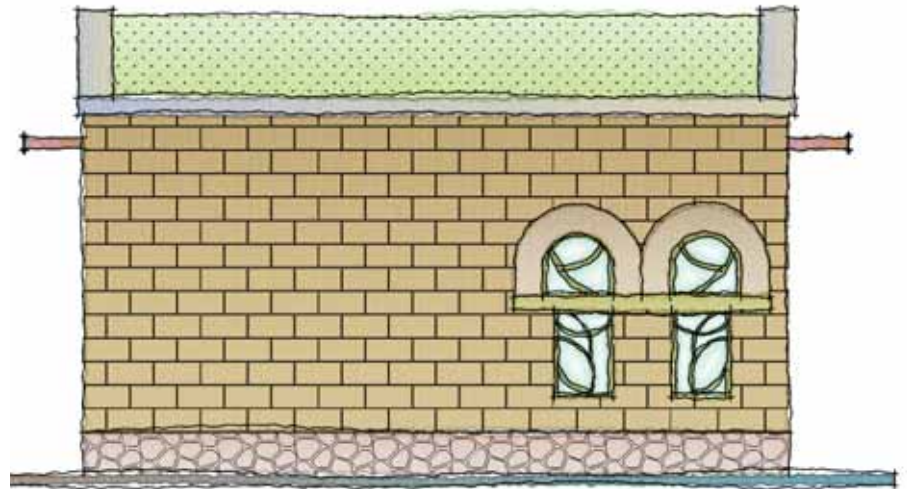
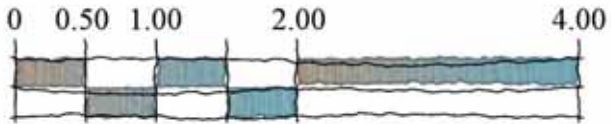




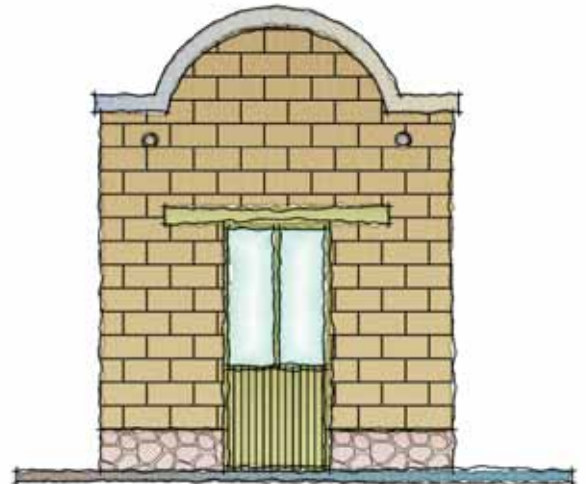


PLANTA ARQUITECTÓNICA

- 1 ALMACEN DE SEMILLAS
- 2 ALMACEN DE HERRAMIENTA



ALZADO SUR



ALZADO ORIENTE



La casa de adobe





EL INMUEBLE se localiza en la calle Prolongación Francisco Villa s/n, San Sebastián, Etlá, Oaxaca y fue diseñado por Ramón Aguirre Morales para ser habitado por la familia Núñez, conformada por una pareja de adultos mayores y su hijo. La obra la realizaron Ernesto Núñez, Víctor García, Juan Mejía y el maestro Francisco.

La región posee un clima cálido seco, con lluvias concentradas entre julio y octubre, que pueden llegar a ser torrenciales, con promedios anualizados de 600mm.

El terreno que originalmente estuvo destinado al cultivo, tiene una superficie total de 1000m² con un área edificada de 100m² desarrollados en un solo nivel. Los espacios cubiertos constan de un corredor de acceso, sala, cocina, baño, dos recámaras y cocina de leña. Los espacios descubiertos constan de una cochera y un espacio ajardinado.

La cimentación se hizo con cantera verde, asentada con mortero de cal y arena en una

dosificación de un volumen de cal por cinco volúmenes de arena.

Los muros son de adobe y trabajan como estructura de carga. Están reforzados por requerimientos sísmicos con contrafuertes en las esquinas y marcos de ladrillo en ventanas y puertas.

Los techos de las habitaciones se hicieron con bóvedas mexicanas de ladrillo cuña de 5x10x20cm y el corredor con tejas soportadas con vigas de madera. La bóveda más grande de 6x6m la realizó un experto bovedero de Querétaro y las demás se construyeron en talleres didácticos.

Los pavimentos interiores y andadores del jardín son de loseta cerámica, los espacios abiertos tienen césped, plantas endémicas y árboles frutales.

Los muros tienen aplanados aparentes de tierra con paja picada en interiores y de cal-arena en baños, cocina y exteriores, con una do-

sificación de un volumen de cal por cada tres volúmenes de arena. Además, estos últimos se pintaron con cal y baba de nopal. En las zonas húmedas de baños y cocina se colocaron azulejos y loseta cerámica.

Los adobes hechos con tierra de la región fueron comprados a artesanos del poblado. La cantera verde, cal y arena se compró en una casa de materiales de la localidad. La tierra para asentar los adobes y para aplanar se extrajo de la cimentación y cisterna. Se compró paja de trigo en un expendio forrajero de San Sebastián.

Se emplearon tubos de polipropileno para instalaciones sanitarias y Tuboplus para instalaciones hidráulicas. Se instaló un WC aho-

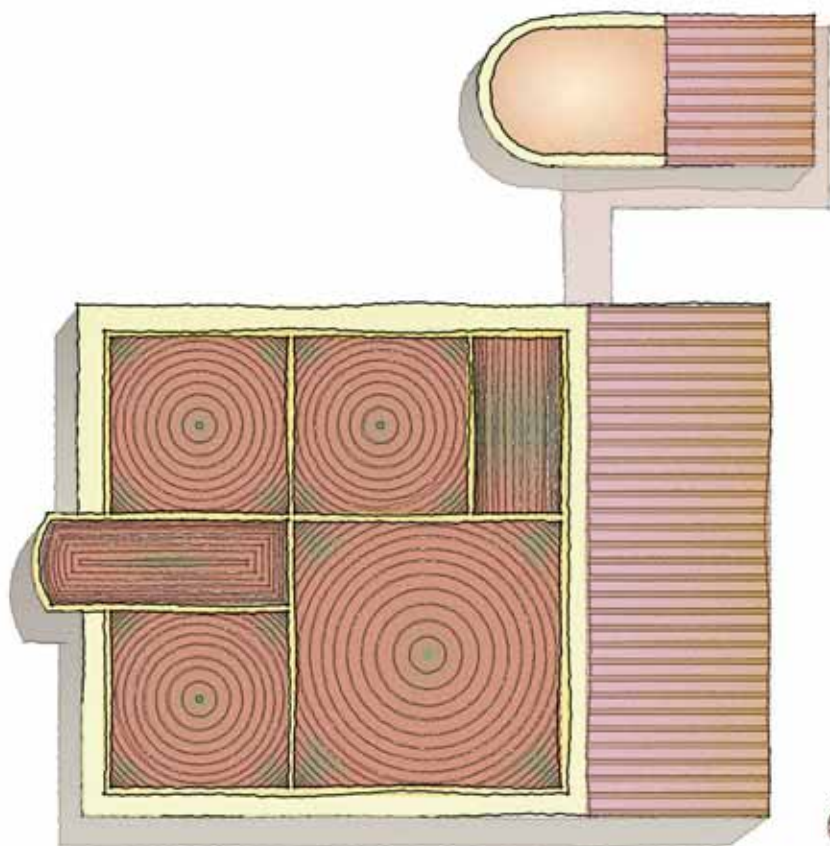
rador de 6lt, la electricidad proviene de la red de CFE. Existe una separación de instalaciones de aguas grises, trampa de grasas, fosa de descarga, biofiltros y fosa de excedentes. El 80% del abasto de agua proviene de la red municipal y el resto de captación de agua de lluvia.

Dentro de las consideraciones adicionales para disminuir la huella ecológica se incluyen sistemas de separación de basura, lombricompostaje de residuos orgánicos, una estufa Lorena, ventanas orientadas al sur y circulación de aire cruzado.

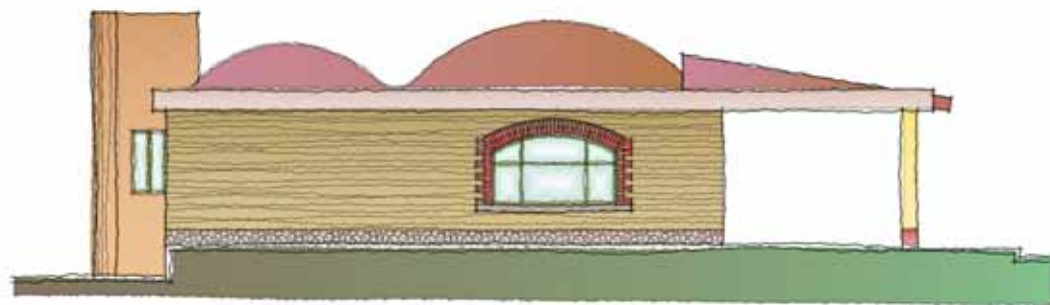
Los marcos de las ventanas son de madera local sin sello de SFC, focos LED en baños, recámaras, sala, comedor, cocina, y al exterior, calentadores solares de agua.







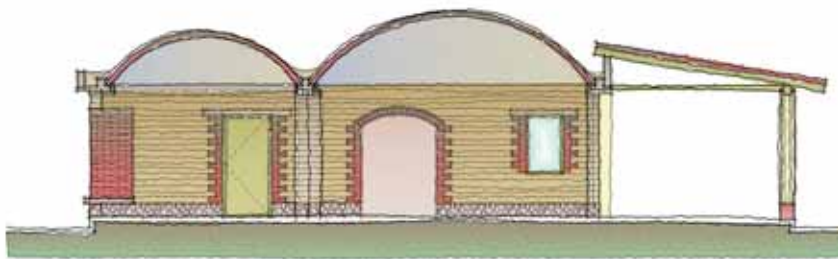
PLANTA DE TECHOS



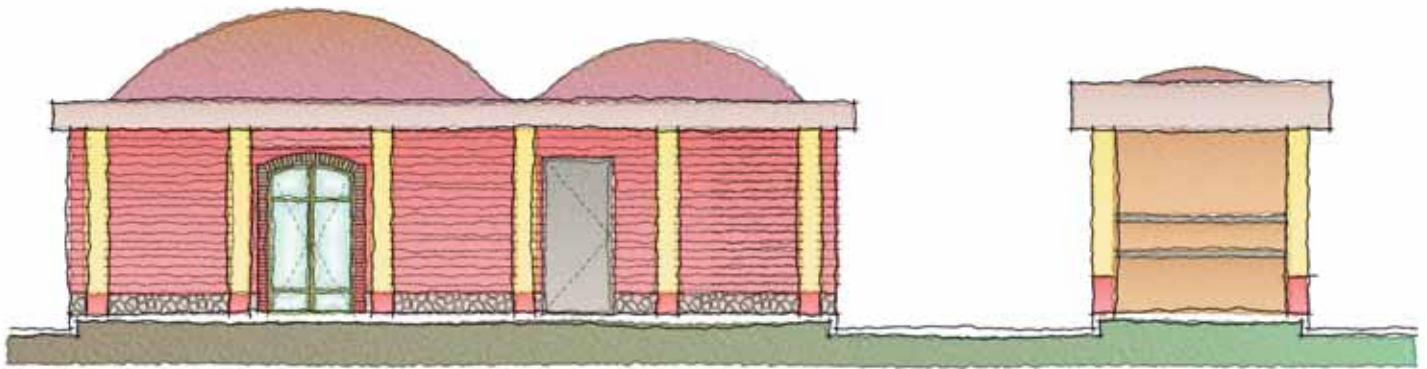
FACHADA SUR



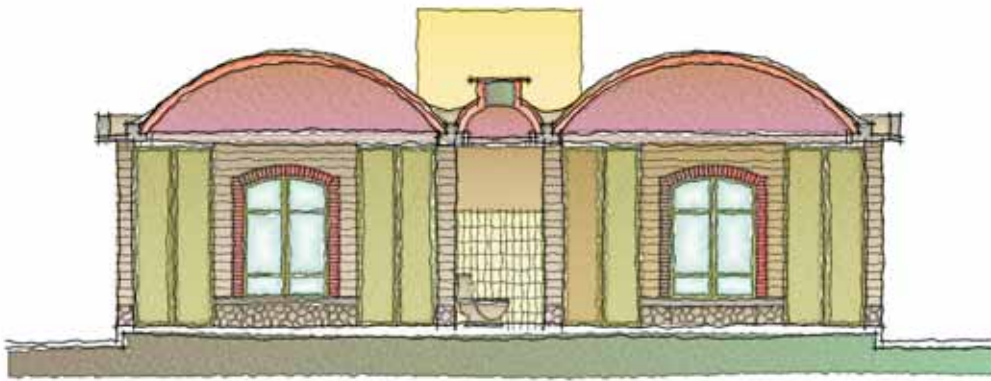
PLANTA ARQUITECTÓNICA



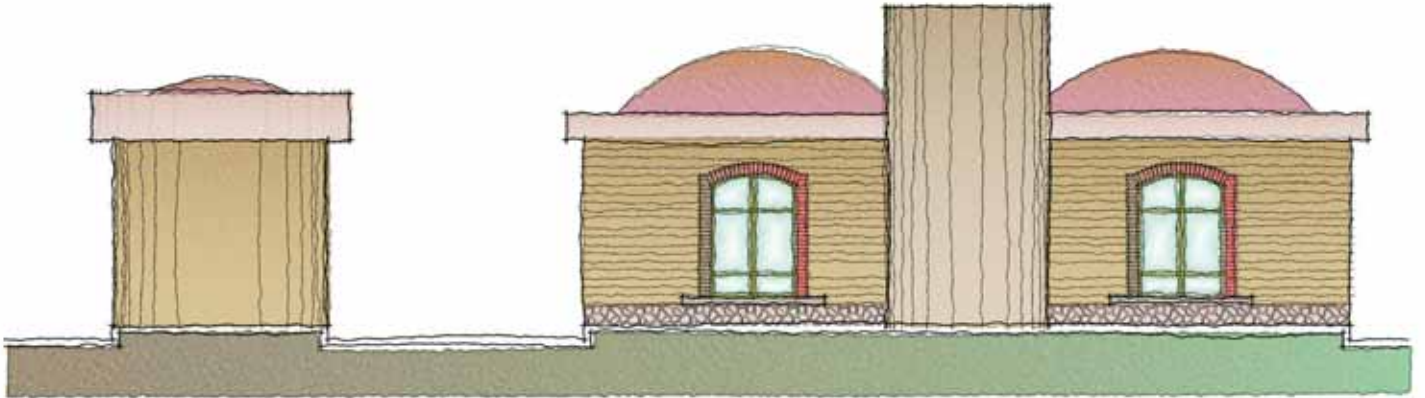
CORTE 2



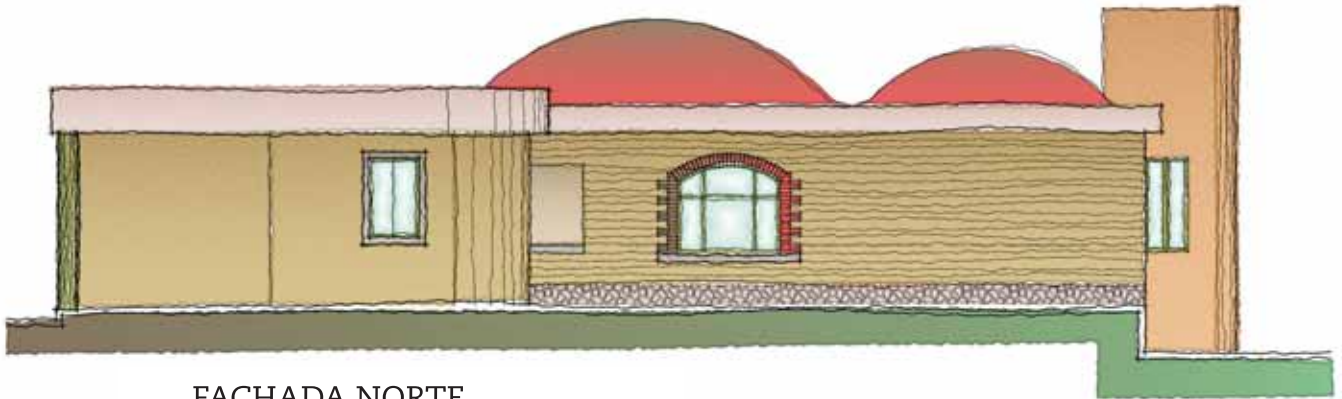
FACHADA ORIENTE



CORTE 1



FACHADA PONIENTE



FACHADA NORTE

A scenic view of a rural landscape. In the foreground, there is a field of tall, green grass. In the middle ground, a traditional house with a red-tiled roof is partially visible, surrounded by several tall, slender trees. The background shows a hilly, forested area under a bright sky.

Casas para maestros en la Sierra de Puebla



LA CASA se localiza en la comunidad de Zautla, Puebla, y fue diseñada por el arquitecto Oscar Hagerman para ser utilizada por los maestros que imparten clases en el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural (Cesder). Las obras fueron ejecutadas por el Maestro Agustín y alumnos del Cesder.

Además de estas viviendas individuales para maestros se hizo otro tipo de vivienda colectiva y una vivienda para alumnos, siguiendo el mismo criterio constructivo.

La región tiene un clima templado subhúmedo, con lluvias de julio a octubre y bajas temperaturas en invierno. El terreno del conjunto es de varias hectáreas pero las viviendas se emplazaron de manera aislada ocupando superficies de aproximadamente 81m² en una sola planta.

Entre las condicionantes del proyecto estaba la pendiente aproximada del terreno de

15% y sobre todo la presencia de pinos, que se previó conservar.

Los materiales de la cimentación fueron piedra braza asentada con mortero de cal y arena. Los muros son de adobe y trabajan como estructura de carga por lo que no se requiere ningún refuerzo adicional.

Los techos se conforman mediante vigas que cargan tablas sobre las que se colocó impermeabilizante y finalmente teja.

En algunas viviendas se colocó un entortado de 5cm sobre las tablas, preparado con 6 botes de granzón, 1.5 de arena, 2 de cal, 1 de cemento y 2 botes de paja.

Los pavimentos interiores y exteriores son de loseta de barro común de 30x30cm. Los muros se recubrieron mediante un enjarrado con paja picada, arcilla y arena en varias capas, la primera con paja más larga y las posteriores con paja picada.

Las instalaciones hidráulicas son de tubería galvanizada y las sanitarias de tubos de PVC. La energía que se consume proviene de la red eléctrica pública y sus instalaciones son convencionales.

Los materiales para la obra proceden del propio sitio –salvo la teja– que fue comprada en Tehuacán, Puebla.

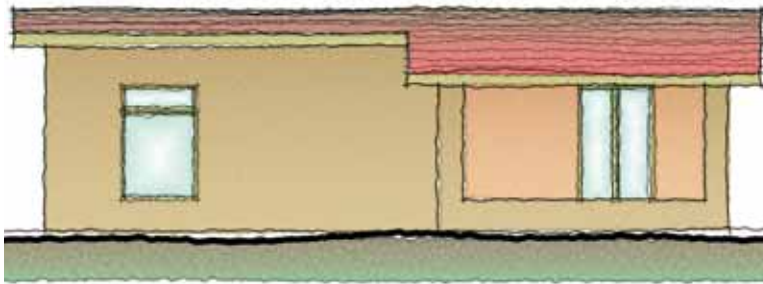
En cuanto al manejo de aguas servidas todo se envía a una fosa séptica y un pozo de absorción. El agua se extrae de manantiales existentes en el terreno. Como una considera-

ción adicional para disminuir la huella ecológica se da como alternativa el uso de letrinas secas que se encuentran en varias zonas del conjunto.

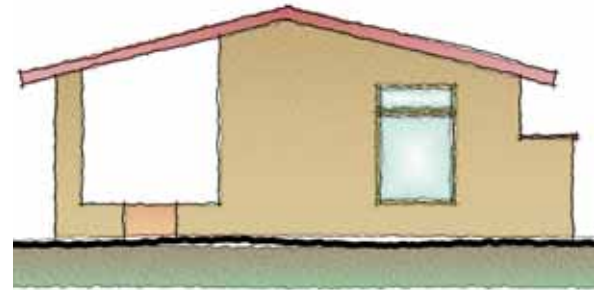
Se proyectó lo suficientemente retirado del follaje de los árboles para evitar que éstos proyectaran la sombra en el lado norte de la casa, pues el clima tiende a ser frío.

También se consideró que estuviera cerca del límite del terreno para no desaprovechar la zona reservada a los cultivos y los corrales para cabras.

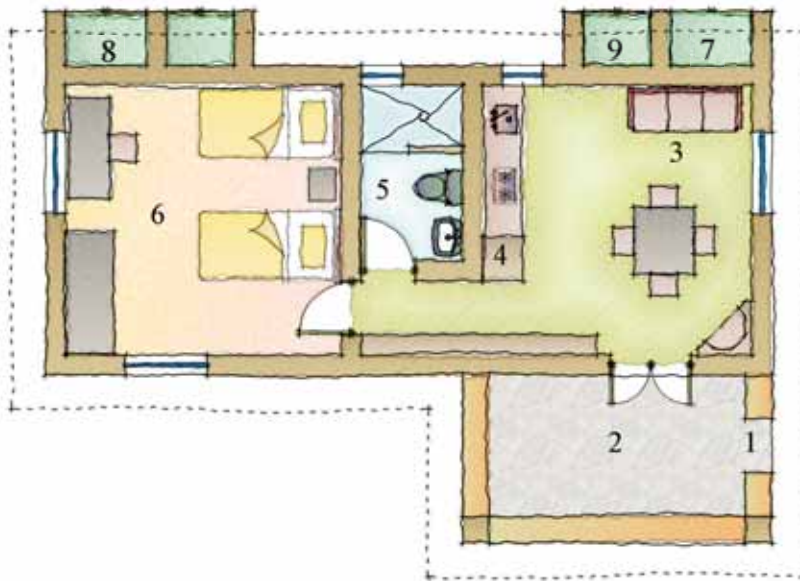




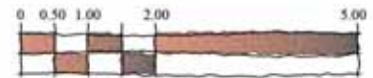
FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL DERECHA



- 1 ACCESO
- 2 TERRAZA
- 3 ESTANCIA
- 4 COCINETA
- 5 BAÑO
- 6 RECAMARA
- 7 GAS
- 8 BASURA
- 9 LEÑA



PLANTA ARQUITECTÓNICA



Casa Sawyer



LA OBRA está localizada en la calle Continuación Emiliano Zapata s/n, Col. del Carmen, Macpalo, Tecmilco, Tepoztlán, Morelos. El clima del sitio se considera cálido semihúmedo con una temperatura máxima 31.2°C en abril y mínima de 10.0°C en enero. La precipitación pluvial anualizada se consideró de 728mm para efecto de cálculo de agua recolectable, pero normalmente en junio pueden caer 528mm y hasta de 2000mm en julio, con un aproximado de 17.4 días de lluvia. Sin embargo, diciembre y enero suelen ser bastante secos.

En el proyecto y realización intervinieron Ron y Alicia Sawyer que son los propietarios; la arq. Lucía Figueroa, asesora de la familia; el arq. R. J. Gabriel Esnaurrizar, como encargado del método comunitario compartido, síntesis del proyecto y realización junto con el arq. Erik Aranda. Amel Kadic hizo los acabados, Salomé Quiroz es el artesano de la madera y Clinton McDowell realizó el diseño de paisaje. La ejecución de la obra estuvo a cargo del maestro

albañil Víctor García con el apoyo de cinco albañiles.

El arquitecto Esnaurrizar considera que “la arquitectura nace, no se hace, por ello se planteó dejar ser a la casa, lo que quería ser, a pesar de todos. Una casa que albergara la manera de ser y estar de la familia, en consonancia con el lugar y de inspiración para el futuro”. En el diseño se propuso una geometría de ejes y círculos, que permitiera hacer cambios sin alterar su armonía.

Los usuarios de la vivienda son los miembros de la familia Sawyer García, formada por cuatro adultos: los padres, una hija y un hijo, quienes tendrán solamente una ocupación temporal de los espacios.

La dimensión total del terreno es de 6441m², pero la parte ocupada mide 4157.18m² con una superficie edificada de 468.21m².

La casa se desarrolla en tres niveles. En la zona más baja se localiza una cisterna para almacenar agua de lluvia, bodega general, cava

y despensa fría. La planta baja incluye una cochera para dos autos y una moto, bodega de jardinería, porche, vestíbulo de acceso, baño de visitas (seccionado), estudio-recámara para huéspedes, estudio con tapanco, estancia, comedor con balcón verde, cocina, despensa-lavandería, terraza techada, recámara principal con baño, vestidor, área de meditación, terraza para vivero y jardín central. La planta alta solamente tiene un espacio para taller.

Dentro de las condicionantes físicas del proyecto destaca la pendiente del terreno que en su eje diagonal alcanza un 19%. Asimismo, se propuso respetar todos los árboles existentes. Además, el terreno tiene material tepetatoso con zanjas de permacultura de restitución de suelo. Como criterio de diseño se priorizaron

las vistas hacia los espacios exteriores cercanos y lejanos.

De este modo, la recámara principal tendría la vista con la mayor lejanía posible, los estudios con privacidad y ubicación estratégica de control de casa. La estancia, con vista lejana y cercana a la vez, el comedor con vista al jardín muy en contacto con el nivel del terreno. La cocina abierta hacia la hortaliza y la terraza cubierta, donde se pasaría el mayor tiempo posible, con la vista más dramática del sitio, hacia el cerro de “El enano”, emblemático en Tepoztlán. Estas vistas determinaron, junto con la orientación y las directrices de la forma del terreno, los ejes de trazo del partido.

La cimentación se realizó con cadenas y contratraves de concreto armado y piedra bra-





za asentada con mortero de cal y arena, en una dosificación de un volumen de cal por cada cinco volúmenes de arena. En la obra se combinaron muros de adobe, tabique y piedra. Se empleó block de cemento para la cisterna.

El sistema estructural se desarrolla a base de muros de carga con refuerzos de concreto en el área de tres niveles, básicamente en la cisterna, sótano y torre. En el techo central de la estancia se propuso un sistema de vigas recíprocas. El autor considera que “Este sistema era el obvio, pues revela el espíritu del proyecto, reciprocidad de saberes y su centro corresponde al punto central de la geometría generadora del proyecto”.

Como se trataba de un sistema experimental, se realizó primero una maqueta en el piso, siguiendo una forma hexagonal. Luego se probó una estructura de planta octagonal que fue la opción final que actualmente cubre el espacio. Los entrepisos tienen tablonas asentados



sobre vigas de madera en el tapanco y concreto sobre el sótano y en la torre.

La cubierta está soportada por vigas de madera de ayacahuite, duela machihembrada de madera de segunda de 15cm x 3/4", impermeabilizante de poliéster de 3mm pegado con calor, mezcla aislante de 6cm. de tierra, cal y paja, en proporción 1/1/1.5. El techo se recubrió finalmente con ladrillo de barro.

El aislante de tierra sólo se aplicó en los techos de los estudios, comedor y cocina. En el resto no se consideró necesario por tratarse de espacios suficientemente ventilados y protegidos del sol del sur y oeste.

Su hueco central se cubrió con un domo de vidrio con ventilación, con la estructura de la rosa de los vientos. La recámara principal tiene techo verde.

Los pavimentos interiores incluyen el uso de cemento pulido con color o con sulfato ferroso. En la terraza cubierta se usó material

reciclado proveniente de durmientes de ferrocarril seccionados y lajas de piedra.

Para los pavimentos exteriores se planteó mantener buena parte del material natural combinado con áreas ajardinadas con plantas suculentas y especies de la región y áreas con tezontle rojo y negro. Los andadores son de piedra laja combinados con piedra bola de río.

Los acabados interiores incluyen áreas con tierra y paja picada y otras con cal y arena. En exteriores se aplicaron tres capas de mortero cal-arena, terminados con pintura a la cal con baba de nopal y colores minerales.

En lo que se refiere a la procedencia de los materiales constructivos, los adobes fueron comprados a artesanos del Tepoztlán. El block, tabique y piedra braza, cal industrializada, cal viva, arena e instalaciones fueron comprados en una casa de materiales de la localidad. La paja de trigo se adquirió en un expendio forrajero.

Los materiales utilizados para las instalaciones hidráulicas y sanitarias fueron a base de Tuboplus y PVC hidráulico. La electricidad que se consume combina energía de la red de CFE con paneles solares.

El manejo de residuos sólidos incluye sanitarios con taza separadora y bajo consumo de agua, compostaje de excretas en fosa alternativa y campo de oxidación. Separación de basura, lombricompostaje de residuos orgánicos. Las aguas servidas se separan en instalaciones de aguas grises, trampa de grasas, fosa



de descarga, biofiltros y fosa de excedentes. El abasto de agua se desarrollará a partir de captación de lluvia.

Además de esas ecotecnologías y dispositivos se introdujo una fresquera, panel solar para calentar agua y sistemas pasivos de control bioclimático derivados de los techos con tierra y paja, ventilación cruzada en diagonal en todas las habitaciones, muros gruesos, buena orientación solar y de vientos, adecuada articulación de espacios.

Entre las consideraciones adicionales tomadas en cuenta para disminuir la huella ecológica destaca la reutilización de ventanas, compra de madera local con sello de SFC (Consejo para la Silvicultura Sostenible) y focos LED en baños.



PLANO ARGUMENTADO

Reserva Propiedad

CONTABILIDAD DE CUANTAS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

- PLANO ARGUMENTADO
- 1. PLANO ARGUMENTADO
 - 2. PLANO ARGUMENTADO
 - 3. PLANO ARGUMENTADO
 - 4. PLANO ARGUMENTADO
 - 5. PLANO ARGUMENTADO
 - 6. PLANO ARGUMENTADO
 - 7. PLANO ARGUMENTADO
 - 8. PLANO ARGUMENTADO
 - 9. PLANO ARGUMENTADO
 - 10. PLANO ARGUMENTADO
 - 11. PLANO ARGUMENTADO
 - 12. PLANO ARGUMENTADO
 - 13. PLANO ARGUMENTADO
 - 14. PLANO ARGUMENTADO
 - 15. PLANO ARGUMENTADO
 - 16. PLANO ARGUMENTADO
 - 17. PLANO ARGUMENTADO
 - 18. PLANO ARGUMENTADO
 - 19. PLANO ARGUMENTADO
 - 20. PLANO ARGUMENTADO
 - 21. PLANO ARGUMENTADO
 - 22. PLANO ARGUMENTADO
 - 23. PLANO ARGUMENTADO
 - 24. PLANO ARGUMENTADO
 - 25. PLANO ARGUMENTADO
 - 26. PLANO ARGUMENTADO
 - 27. PLANO ARGUMENTADO
 - 28. PLANO ARGUMENTADO
 - 29. PLANO ARGUMENTADO
 - 30. PLANO ARGUMENTADO
 - 31. PLANO ARGUMENTADO
 - 32. PLANO ARGUMENTADO
 - 33. PLANO ARGUMENTADO
 - 34. PLANO ARGUMENTADO
 - 35. PLANO ARGUMENTADO
 - 36. PLANO ARGUMENTADO
 - 37. PLANO ARGUMENTADO
 - 38. PLANO ARGUMENTADO
 - 39. PLANO ARGUMENTADO
 - 40. PLANO ARGUMENTADO
 - 41. PLANO ARGUMENTADO
 - 42. PLANO ARGUMENTADO
 - 43. PLANO ARGUMENTADO
 - 44. PLANO ARGUMENTADO
 - 45. PLANO ARGUMENTADO
 - 46. PLANO ARGUMENTADO
 - 47. PLANO ARGUMENTADO
 - 48. PLANO ARGUMENTADO
 - 49. PLANO ARGUMENTADO
 - 50. PLANO ARGUMENTADO
 - 51. PLANO ARGUMENTADO
 - 52. PLANO ARGUMENTADO
 - 53. PLANO ARGUMENTADO
 - 54. PLANO ARGUMENTADO
 - 55. PLANO ARGUMENTADO
 - 56. PLANO ARGUMENTADO
 - 57. PLANO ARGUMENTADO
 - 58. PLANO ARGUMENTADO
 - 59. PLANO ARGUMENTADO
 - 60. PLANO ARGUMENTADO
 - 61. PLANO ARGUMENTADO
 - 62. PLANO ARGUMENTADO
 - 63. PLANO ARGUMENTADO
 - 64. PLANO ARGUMENTADO
 - 65. PLANO ARGUMENTADO
 - 66. PLANO ARGUMENTADO
 - 67. PLANO ARGUMENTADO
 - 68. PLANO ARGUMENTADO
 - 69. PLANO ARGUMENTADO
 - 70. PLANO ARGUMENTADO
 - 71. PLANO ARGUMENTADO
 - 72. PLANO ARGUMENTADO
 - 73. PLANO ARGUMENTADO
 - 74. PLANO ARGUMENTADO
 - 75. PLANO ARGUMENTADO
 - 76. PLANO ARGUMENTADO
 - 77. PLANO ARGUMENTADO
 - 78. PLANO ARGUMENTADO
 - 79. PLANO ARGUMENTADO
 - 80. PLANO ARGUMENTADO
 - 81. PLANO ARGUMENTADO
 - 82. PLANO ARGUMENTADO
 - 83. PLANO ARGUMENTADO
 - 84. PLANO ARGUMENTADO
 - 85. PLANO ARGUMENTADO
 - 86. PLANO ARGUMENTADO
 - 87. PLANO ARGUMENTADO
 - 88. PLANO ARGUMENTADO
 - 89. PLANO ARGUMENTADO
 - 90. PLANO ARGUMENTADO
 - 91. PLANO ARGUMENTADO
 - 92. PLANO ARGUMENTADO
 - 93. PLANO ARGUMENTADO
 - 94. PLANO ARGUMENTADO
 - 95. PLANO ARGUMENTADO
 - 96. PLANO ARGUMENTADO
 - 97. PLANO ARGUMENTADO
 - 98. PLANO ARGUMENTADO
 - 99. PLANO ARGUMENTADO
 - 100. PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

Reserva Propiedad

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO

PLANO ARGUMENTADO



Casa Tierra Viva



ESTA OBRA fue diseñada para ser habitada por una familia que iniciaba una nueva forma de vida, como recién casados y como parte de un sistema sustentable. Por ello se buscó que a través del proyecto se pudieran incluir y difundir técnicas de construcción del menor impacto ambiental posible y lograr que sus habitantes pudieran vivir conectados al entorno natural, en busca de la sustentabilidad de manera profunda, mediante la incorporación de elementos de diseño basados en la permacultura.

De este modo se planteó la creación de un espacio para habitar en forma muy cuidadosa la Tierra, procurando incluso la mejora de la naturaleza. Los espacios de la casa brindan las herramientas para que en la vida cotidiana sus habitantes puedan ir modificando hábitos y crear nuevos que permitan disminuir el impacto ambiental desde la construcción de la misma hasta su uso cotidiano. Asimismo, se buscó la reducción del uso de recursos ex-

ternos para cumplir con la premisa de “habitar-cuidando la Tierra a partir del cuidado de sus habitantes”.

La obra está situada en el Callejón Emiliano Zapata s/n, Barrio de La Concepción, en la población de San Juan del Río, en el estado de Querétaro, a una altitud de 1945msnm. La región se caracteriza por tener un clima clasificado por el sistema Köppen-Geiger como de “estepa local BSk”, es decir semicálido seco, con una temperatura media anual de 17.5°C y una precipitación de 586mm al año.

Los autores del diseño fueron Paula Pimentel y Mariana Alcántara, que conforman el grupo “Tierra Viva Permacultura y Construcción Natural”. La obra fue ejecutada por las propias proyectistas con el apoyo de cuatro albañiles y está destinada para ocuparse por una pareja de usuarios adultos.

La superficie total de terreno es de 1000m² pero el área edificada ocupa 230m² en dos niveles. Los espacios cubiertos en planta baja



incluyen un pórtico de acceso, salón a doble altura, cocina, comedor, baño completo, cuarto de servicio y dos recámaras. En la planta alta se localiza una sala de juegos y la recámara principal. En los espacios descubiertos se encuentra un patio, estanque de peces, bosque comestible y huerto.

Dentro de las condicionantes físicas del proyecto destaca el hecho de que, a pesar de que el terreno es sensiblemente plano, corresponde a una fracción de un predio urbano de 6900m² donde antes había una huerta de aguacates con un espacio libre al centro para secado de semillas conocido como “La Era”. Por ello, en el terreno existen árboles de gran tamaño que fueron tomados en cuenta para el emplazamiento de los muros, a fin de respetarlos en su totalidad.

En lo que respecta a los materiales de construcción, los muros son de carga y se realizaron en su mayoría con adobe aunque los de las áreas de servicio fueron de piedra braza.



La cimentación también es de piedra asentada con mortero de cal y arena. Se decidió utilizar como refuerzo estructural alambre de púas ahogado en los morteros de pega a cada seis hiladas.

Los muros se confinaron sólo en la parte superior mediante cadenas de cerramiento en concreto sobre las que descansan las vigas de madera que conforman el entrepiso y la techumbre, desarrollados mediante duelas de madera. Por la amplitud de los ventanales se decidió incorporar contrafuertes de adobe a cada 3.5m.

El techo se realizó con tejas artesanales de barro asentadas con una capa de lodo aligerado con paja colocado directamente sobre duela. El pórtico de acceso a la casa tiene pérgolas de morillos de madera que se cubrirán con vegetación trepadora para generar un espacio de sombra en la fachada sur.

En los pavimentos interiores también se utilizó cerámica artesanal conformada por losetas de barro cocido de 20x20cm en la recámara y baño. En el salón, la cocina y el comedor se colocó piedra de travertino natural mate. En el área de regaderas se colocó piedra bola. Todos los acabados de planta baja se asentaron sobre un firme de cal y arena. Para los pavimentos del patio, el pórtico de acceso y los andadores exteriores se empleó piedra laja de San Clemente de 10cm de espesor, asentada sobre tierra compactada sin mortero



en las juntas, para que pudiera crecer hierba y pasto entre las rocas.

En la mayor parte de los muros se decidió dejar los adobes expuestos y sólo en algunos tramos de muro se colocaron aplanados de cal y arena. Estos acabados presentan tres capas de 5mm cada una con diferentes proporciones de mezcla, iniciando con 1:3 y arena gruesa, 1:2 para la intermedia y 1:1 en la capa final realizada con arena fina. Por último se pintó a la cal con baba de nopal en tonos cálidos tierra y “pastel”. En las zonas húmedas de baños se colocaron acabados de cal con marmolina, bruñidos con la técnica de “tadelakt”.

Con respecto al lugar de procedencia de los materiales de construcción es importante mencionar que el 80% de la obra está hecho con adobes que fueron elaborados en el sitio,



con tierra del mismo predio, compensada con una mínima cantidad de arcilla procedente de un banco cercano (a menos de 5km). La mampostería en toda la cimentación es de piedra local extraída de un banco a 6km de distancia, junteada con mortero de pasta de cal y arena.

El área de baños está construida con la misma piedra, y en el muro que lo separa de la recámara se dejó este material expuesto. Los techos, vigas y algunas columnas son de madera de pino tratada con técnicas naturales, la cual fue traída de bosques de la Sierra Gorda. La piedra de los pavimentos interiores proviene de San Clemente, a 5km de la casa. El aislante del techo es de pajarcilla protegida con listoncillo de barro cocido, hecho en San Nicolás (a 10km).

La cocina y patio de servicio cuentan con techos verdes sobre una estructura de made-

ra. Estos elementos además de servir como aislamiento térmico, generan oxígeno y vistas agradables para la recámara del segundo nivel. Algunas puertas y la madera de los muebles son de reúso.

Las fuentes de abasto de agua corresponden en un 40% al abasto municipal y el resto a la captación de agua de lluvia con recolección en una cisterna subterránea. Para las aguas servidas se tiene la separación de instalaciones de aguas grises, biofiltro y zanja de oxidación. Los materiales utilizados para las instalaciones incluyen tubos de PVC para sanitarias y Tuboplus para las hidráulicas (Polipropileno Copolímero Random/PP-R). La energía eléctrica que se consume proviene de paneles solares interconectados a la red de la Comisión Federal de Electricidad.

Con relación al manejo de residuos sólidos se consideró el uso de baños secos con separación de líquidos y compostaje de excretas, la separación de basura y lombricompostaje de residuos orgánicos.

En cuanto al diseño bioclimático se consideró que las fachadas fueran más cerradas hacia el exterior en las orientaciones sur y oeste, a fin de evitar el sobrecalentamiento por asoleamiento directo, debido a lo caluroso de la región.

Se tienen fachadas muy abiertas hacia el patio interior con vistas hacia las orientaciones norte y este que a su vez quedan protegidas de vientos por una barrera densa de árboles preexistentes. El patio funciona como sistema de enfriamiento evaporativo y como una conexión visual y física hacia la naturaleza.

Además de estos criterios de diseño sostenible, la casa cuenta con una fresquera, una estufa de leña ahorradora, bici-lavadora, focos LED, calentadores de agua con energía solar, dispositivos eficientes para el uso de agua, compostaje de desperdicios de cocina, huerto biointensivo, bosque comestible y estanque para crianza de peces. Paralelamente, se cuenta con un “Manual de la transición: guía para iniciar una vida más sustentable” (modificación de hábitos, uso de productos naturales para limpieza y uso diario doméstico, alimentación saludable-vegetariana, cultura y reducción del consumo).







PLANTA ALTA

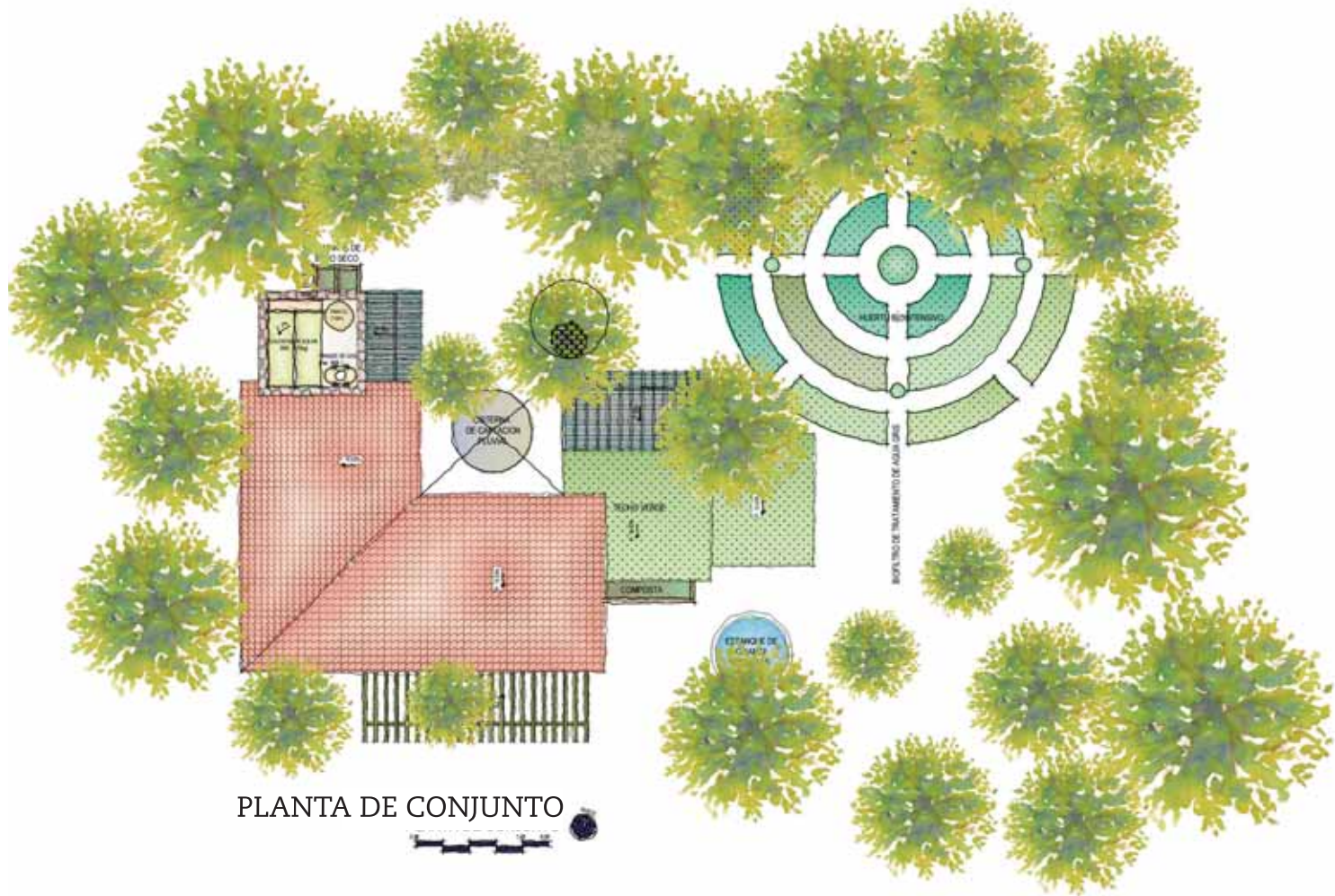


- 1 VESTIBULO
- 2 SALA DE JUEGOS
- 3 RECAMARA
- 4 VESTIDOR
- 5 REGADERA
- 6 BAÑO SECO
- 7 CALENTADOR
- 8 TECHO VERDE
- 9 MEZZANINE

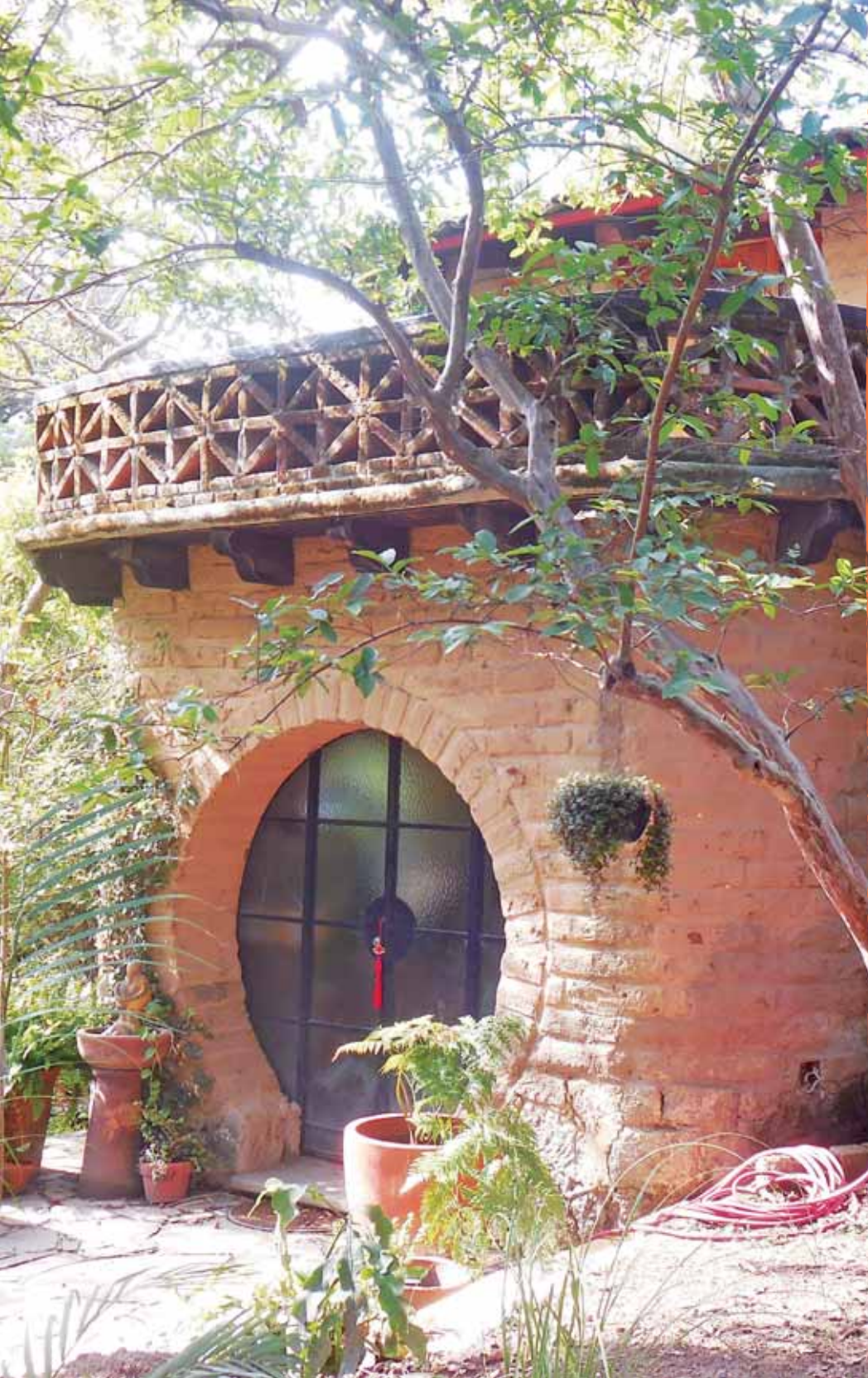


PLANTA BAJA

- 1 PORTICO PERGOLADO
- 2 ACCESO
- 3 ESTANCIA
- 4 BAR
- 5 COCINA
- 6 COMPOSTA
- 7 PATIO DE LAVADO
- 8 COMEDOR
- 9 ESTUDIO
- 10 RECAMARA
- 11 REGADERA
- 12 BAÑO SECO
- 13 PATIO DE CAPTACIÓN PLUVIAL
- 14 CÁMARAS DE BAÑO SECO



PLANTA DE CONJUNTO



Casa Fernando Araiza



LA OBRA está situada en la calle llamada Prolongación Ángel Leño 4000, en el Municipio de Zapopan, Jalisco. Es parte del conjunto de viviendas que constituyen la comunidad ecológica de los Guayabos. En ella se cuenta con una serie de acuerdos para mantener el equilibrio con el medio natural y la convivencia armónica entre los vecinos. Su diseño previó destinar dos terceras partes a espacios naturales y sólo una para áreas construidas. Se tienen zonas comunes que incluyen una hortaliza y un huerto compartido. El terreno de la vivienda Araiza colinda con estos espacios abiertos.

Entre las condicionantes constructivas de la comunidad, se limita la altura a un máximo de dos niveles para mantener el equilibrio visual con la naturaleza. Asimismo, se promueve evitar en lo posible el uso de materiales constructivos de origen industrializado, a fin de ponderar el empleo del adobe, piedra, madera y techos de tejas de barro cocido artesa-

nalmente. Se busca que las viviendas cuenten con importantes espacios arbolados en su perímetro, y así contribuir al predominio visual de la naturaleza.

Las condiciones ambientales imperantes en la zona corresponden al tipo de clima “Cwa” que según la clasificación Köppen-Geiger se define como templado moderado seco. El promedio anualizado de lluvia equivale a 950mm y la temperatura media anual es de 19.4°C. La altura sobre el nivel medio del mar es de 1500m.

El diseño de la vivienda fue realizado en 1998 por la arquitecta Elena Ochoa como respuesta a una solicitud de Fernando Araiza, quien requería una serie de espacios progresivos que pudieran desarrollarse en tres etapas, en las que los usuarios serían: la familia Araiza, la familia Salazar y la familia Águila. En la primera etapa se requerían espacios habitables para un adulto y tres niños, en la segunda dos adultos y dos niños, y en la tercera, tres adultos y dos perros grandes.

El programa fue difícil de definir debido a la dinámica de la familia que originalmente planteó requerimientos para una vivienda de 120m² pero que, después de cuatro anteproyectos, terminó siendo una obra tres veces más amplia. La casa comenzó a construirse en marzo de 1998 y se entregó concluida 18 meses después.

La superficie total del terreno es de 790m² y el área edificada ocupa 350m² desarrollados en dos niveles. La planta baja consta de un vestíbulo de acceso, sala, comedor, cocina, invernadero, cuarto de lavado, cuarto para invitados, medio baño, terraza, estudio con baño completo para un adolescente, cocineta y tapanco.

La planta alta cuenta con una recámara para los niños con baño completo y balcón al norte, recámara para niñas con baño completo, recámara para los papás, con vestidor y baño completo, así como un acceso a la cubierta.

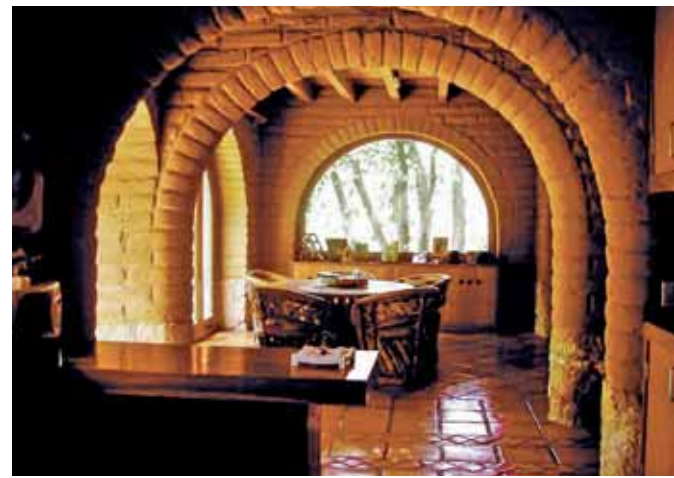
En torno a la casa se dejaron espacios ajardinados que se integran a las áreas comunes de Los Guayabos.

En lo que respecta a los materiales constructivos, los muros son de adobes de 40x40x10cm, fabricados dentro de la misma comunidad, a 300m de la obra. Para su elaboración se empleó “tierra de campo” que se estabilizó mediante el uso de fibra de maguey.

Los muros están desplantados sobre cimientos de mampostería de “cantera blanca” juntada con mortero de arena amarilla, cal y “un poco” de cemento. Estos componentes están coronados por una dala de cimentación de concreto armado.

Los muros de adobe fueron reforzados empleando pares de varillas de acero de 3/8" que recorren todo el perímetro de los muros a cada 5 hiladas.





Para la construcción del entrepiso se colocó una dala de cerramiento de concreto sobre la que reposan vigas de madera de pino de 4x8", colocadas cada 60cm. Estos componentes, a su vez, reciben una cama de tablas de madera de pino de 3/4", colocadas mediante clavos, después un plástico, una capa de malla electrosoldada y un relleno de 18cm de una mezcla de jal con cal. Las dalas de concreto están ocultas en el muro de adobe y unen todos los muros de planta baja.

El sistema estructural del techo es similar al entrepiso pero más ligero pues sobre la dala de coronamiento realizada con concreto armado se asentaron vigas de pino de 4x6" a cada 70cm. Sobre ellas se clavaron tablas de 3/4", luego una capa de plástico, malla electrosoldada, una capa de entortado de 10cm de jal con cal, y encima de todo, tejas de barro cocido. Parte de la cubierta está hecha con

una estructura de hierro y vidrio en forma de pirámide.

Los pavimentos interiores son de losetas de barro cocido de 30x30cm, protegidas con un sellador de acabado brillante. En los espacios exteriores se optó por pavimentos de piedra laja de tamaños diversos y pedacería de mármol. El diseño del acabado de los muros se previó para mantener la vista aparente de los adobes tanto al exterior como al interior.

Con respecto al lugar de procedencia de los materiales de construcción es importante resaltar que la cantera blanca fue traída del pueblo de Río Blanco, a 3km de la obra. También se desplazaron 10 viajes de 7m³ de "tierra de campo" de Tesistán, situado a 20km; 3 viajes de 7m³ de jal y 3 viajes de fibra de maguey, procedente de la región de Tequila, a 123km. La madera de pino proviene de la Sierra Sur de Jalisco, a 160km de distancia, y el acero de refuerzo, cemento, cal, vi-

drio, y demás componentes de origen industrializado fueron comprados en casas de materiales de la vecina zona metropolitana de Guadalajara.

La energía eléctrica es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el agua por la Red Municipal de Zapopan. La casa cuenta con un calentador solar de agua para las regaderas.

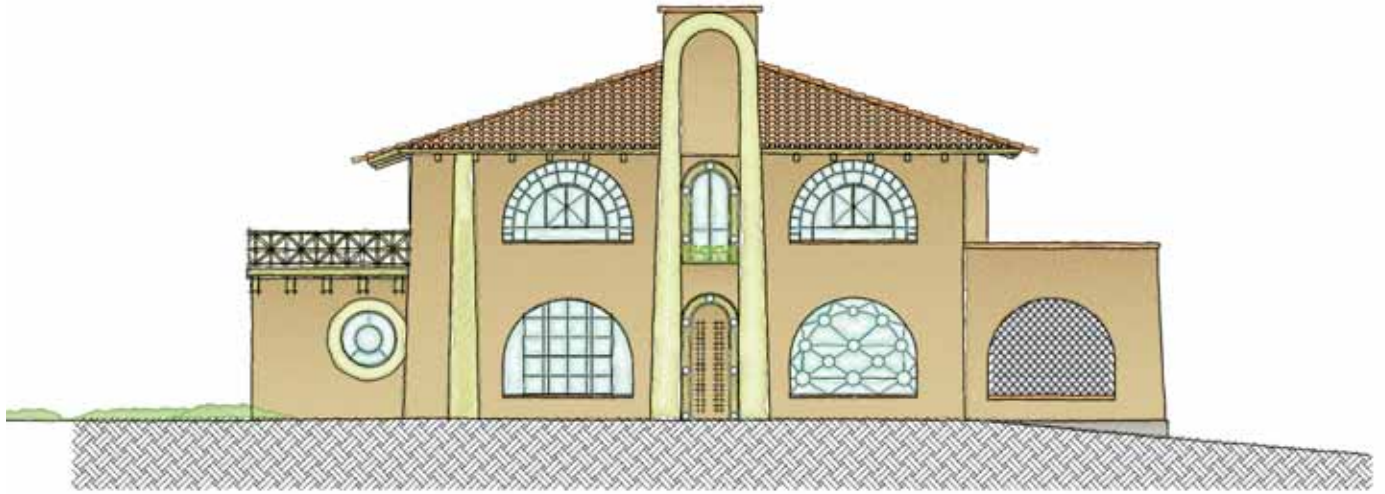
Se instalaron sistemas separados de drenaje: una tubería de 4" para las aguas jabonosas, con filtros de gravas y otro sistema de tuberías de 4" para aguas negras que las conducen a una fosa anaerobia, las aguas tratadas por ambos sistemas se emplean en el riego de las áreas ajardinadas, la hortaliza y el huerto.

Se instalaron jardineras de ferrocemento, rellenas de gravas para la filtración de aguas jabonosas. Para las instalaciones hidráulicas y sanitarias se emplearon tuberías de PVC y registros convencionales de ladrillo cocido, enjarrados con mortero cemento-arena y con tapas de concreto.

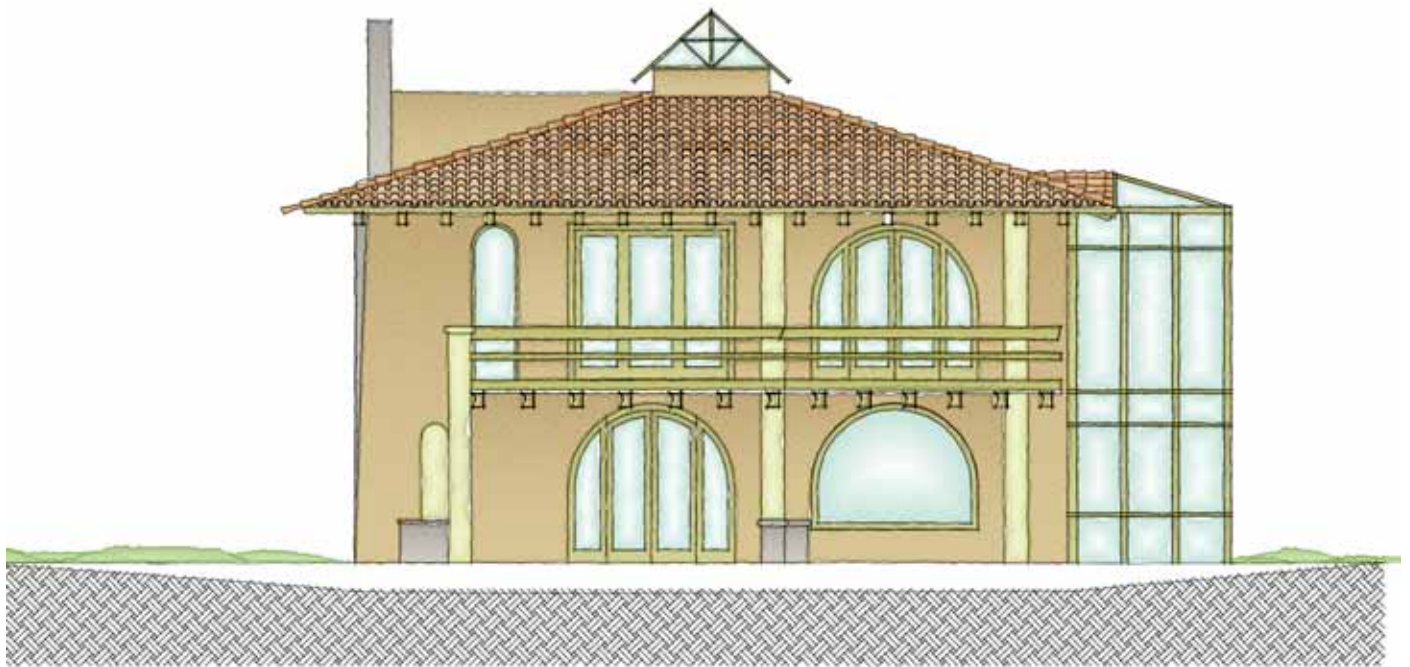
Los desechos orgánicos provenientes de la cocina se tratan en un compostero que sirve finalmente a los espacios de cultivo.

El equilibrio en los niveles de humedad y temperatura interiores se ve notablemente beneficiado gracias a la presencia de un invernadero adosado a los espacios habitables. Este componente acristalado contiene vegetación y espejos de agua que además de beneficios bioclimáticos, confieren tranquilidad auditiva la vivienda.





ELEVACIÓN OESTE



ELEVACIÓN SUR

- 1 RECÁMARA PRINCIPAL
- 2 ESTANCIA
- 3 VESTIDOR
- 4 BAÑO
- 5 RECÁMARA NIÑOS
- 6 VESTIDOR
- 7 BAÑO
- 8 TERRAZA NORTE
- 9 TERRAZA SUR



PLANTA ARQUITECTÓNICA ALTA

- 1 SALA
- 2 COMEDOR
- 3 COCINA
- 4 RECÁMARA DE INVITADOS
- 5 CUARTO DE LAVADO
- 6 INVERNADERO
- 7 TERRAZA
- 8 ESTUDIO O DEPTO PARA HIJO



PLANTA ARQUITECTÓNICA BAJA



CUARTA PARTE

BTC, TAPIAL Y TIERRA AMASADA (COB)





Casa Ochoa

Ochoa



A FINES DE 1994, en la familia Ochoa Mendoza surge la necesidad de proveer de casas a las hijas, María Eugenia y Elena. Es entonces que se compra un terreno de 1000m² en la comunidad ecológica llamada Los Guayabos, colindante con el bosque del Nixticuil, que se localiza al norponiente de la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco.

Su ubicación precisa es Prolongación Ángel Leño 4000, interior 10B, en el Municipio de Zapopan, aproximadamente a 1500msnm. El clima predominante se considera templado moderado seco, que corresponde al tipo “Cwa” de la clasificación Köppen-Geiger. En invierno hay mucho menos lluvia que en verano. La precipitación promedio es de 950mm y la temperatura media anual ronda los 19.4°C.

En lo que respecta a las condicionantes físicas del proyecto, es importante resaltar que la comunidad ecológica de los Guayabos, cuenta con un área total de 16ha, de las que el 66%

es de uso común y el 33% para el uso de lotes privados.

Existe un reglamento de convivencia muy detallado que incluye todos los temas vinculados con el manejo del sitio, en el que se destaca la preocupación por la construcción de las casas. Se especifica que deben usarse materiales locales y naturales, tales como la cantera de Río Blanco, el adobe, estructuras de madera y techos de teja. Además, se debe contar con un sistema de tratamiento y reutilización del agua.

La altura máxima para las viviendas es de dos niveles, y se prohíbe el uso de materiales contaminantes que contengan poliestireno expandido (conocido como unicel o “nieve seca”) así como productos insecticidas que puedan ser agresivos al medio ambiente.

El terreno originalmente adquirido se dividió en dos partes iguales para legar una a cada hermana. La familia Ochoa Ochoa decidió que

su casa se construyera con Bloques de Tierra Comprimida (BTC). El diseño lo desarrolló en un mes y medio la arquitecta Elena Ochoa Mendoza, y la construcción inició a fines de enero de 1995.

La obra duró nueve meses y para su ejecución Elena contrató al maestro Antonio Hernández y su equipo de albañiles.

El terreno es de 500m² pero el área construida en dos niveles es de 303m². El diseño contemplaba que la casa sería habitada por cuatro personas. Los espacios cubiertos incluyen en la planta baja un vestíbulo de acceso, cocina-comedor, sala, cuarto de música, cuarto para invitados, medio baño y una terraza-invernadero.

La planta alta se compone de una sala, estancia con televisor, recámara de niños, recámara de papás, dos baños completos, oficina y un invernadero a doble altura.

El espacio circundante a la casa fue diseñado como jardín y huerto.

La cimentación se construyó con mampostería de cantera blanca procedente del pueblo de Río Blanco, asentada con un mortero de arena amarilla y cal.

Todos los muros son de carga y se edificaron con bloques de tierra comprimida (BTC) de 29.5 x 14 x 11cm, estabilizados con 8% de cemento y 4% de cal. Se utilizaron 16 000 piezas que se produjeron a 1km de distancia del sitio de la construcción, mediante una prensa manual tipo Geo-50.





El aparejo de los muros fue “a tizón” de manera que se consiguió que tuvieran un espesor de 29.5cm. Adicionalmente se colocaron refuerzos horizontales conformados por pares de varillas de acero de 3/8" que corren a todo el perímetro del muro a cada 5 hiladas.

Para el desarrollo del entrepiso se emplearon dalas perimetrales de concreto sobre las que reposan vigas de madera de pino de 4x8", con una separación entre ellas de 60cm. Estas piezas tienen clavado encima un enduelado hecho con tablas de 3/4", sobre el que se colocó un plástico, una capa de malla electrosoldada y un entortado de 15cm que fue realizado con una mezcla de jal con cal.

En el techo se colocó, sobre la dala corona, una serie de vigas de pino de 4x6" a cada 70cm, luego las tablas de 3/4", la capa de plás-



tico, malla electrosoldada, y el entortado fue de 10cm con la misma mezcla de jal con cal. Finalmente, se terminaron los techos con tejas de barro cocido.

Los pavimentos interiores fueron de losetas de barro cocido de 30x30cm, recubiertas con un sellador de acabado mate. Los pisos exteriores son de piedra laja de tamaños diversos.

Todos los muros mantienen su acabado con los BTCs aparentes tanto al exterior como al interior.

Los lugares de procedencia de los materiales de construcción fueron: la cantera de Río Blanco, a 3km del sitio, 11 viajes de 7m³ de tierra roja de Acatic a 80km de distancia, 11 viajes de 7m³ de tierra de campo del valle de Tesistán, a 10km. La madera de pino procede de la Sierra sur de Jalisco, aproximadamente

a 160km. Los materiales de origen industrializado tales como el acero, cemento, cal, vidrio, etc., se compraron en la zona metropolitana de Guadalajara colindante con el fraccionamiento.

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias se ejecutaron con tuberías de PVC. Las aguas negras se desalojan en una fosa de concreto armado y los registros para su conducción son de ladrillo cocido enjarrados con arena y cemento.

En las áreas verdes se introdujeron jardineras de ferrocemento, rellenas de gravas para filtración. La energía eléctrica es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El abasto de agua proviene de la red Municipal y la casa cuenta con un calentador solar de agua. Las aguas negras se tratan en una fosa anaerobia de donde se conducen a un sistema de filtros de gravas, para después ser utilizadas en el riego de las hortalizas comunes. Las fosas sólo reciben agua de excusados y tienen más de 30 años de funcionar correctamente.

Las aguas jabonosas son tratadas por separado también, en los filtros, para su posterior uso en el riego de las áreas verdes.

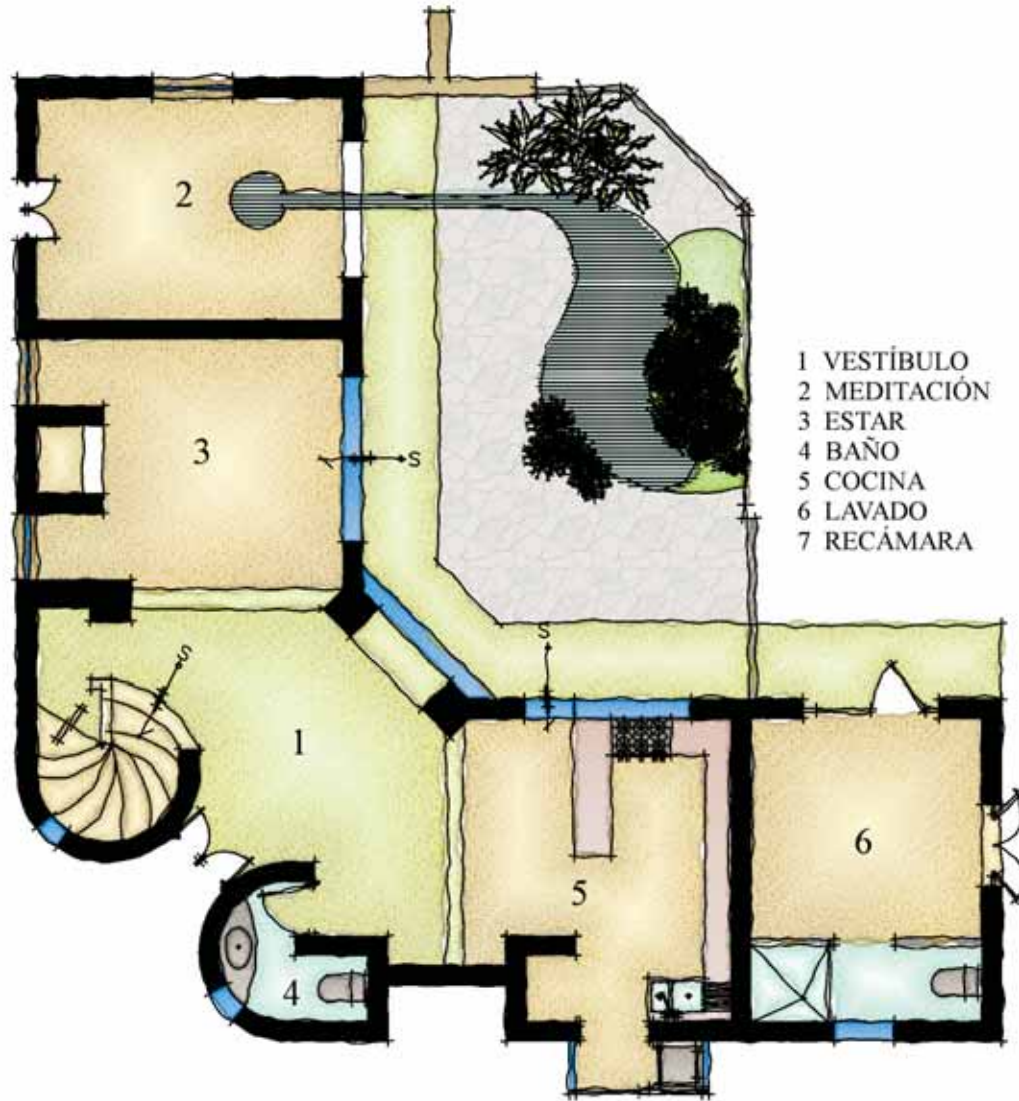
Los desechos orgánicos provenientes de la cocina se trasladan a un compostero cuya producción sirve de abono.

Entre las ecotecnologías y dispositivos empleados para lograr adecuadas condiciones de confort higrotérmico de los espacios destaca la inclusión, desde el diseño original del in-



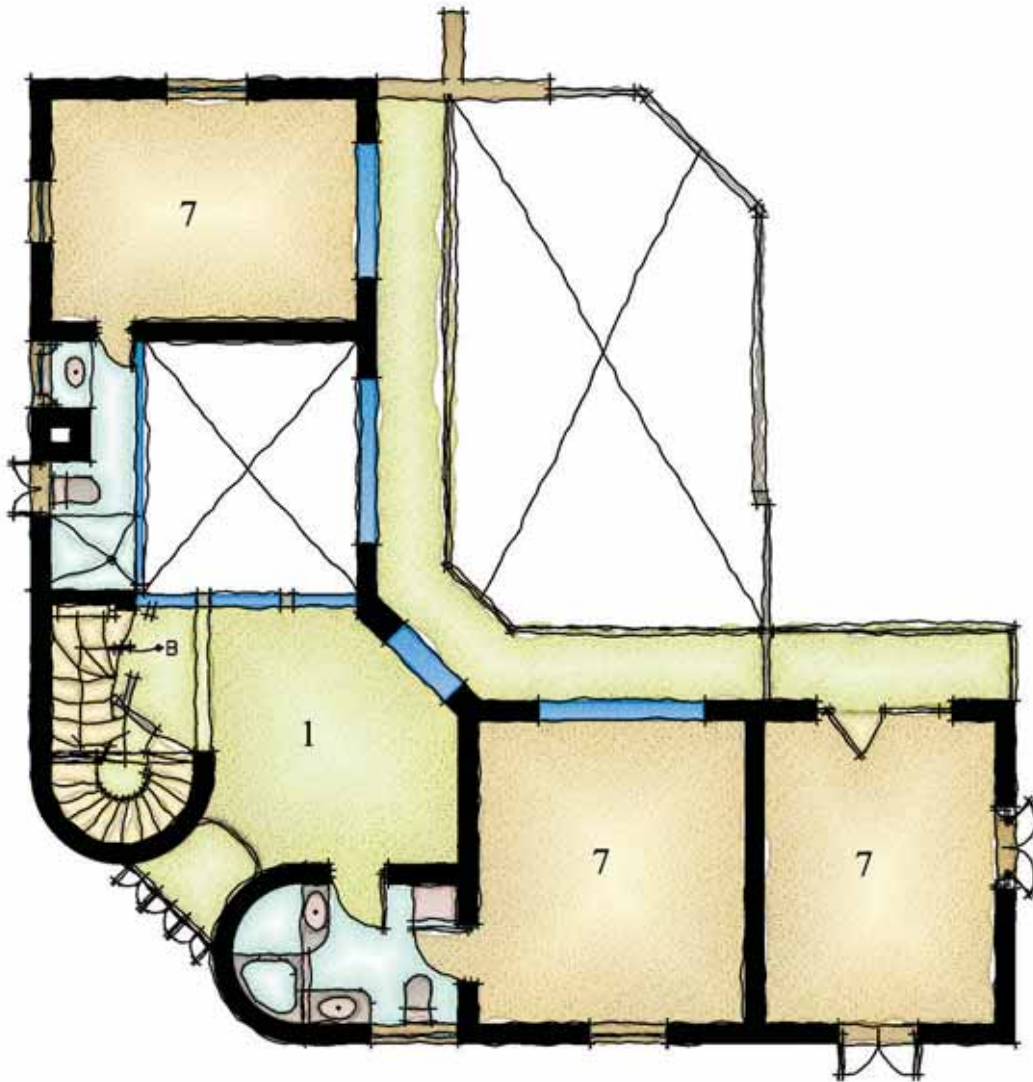
vernadero integrado a los espacios habitables. Este componente mantiene estable la temperatura y humedad de la casa durante la mayor parte del año gracias a su orientación. El espacio incluye plantas de ornato y un pequeño estanque en el que el agua está en constante movimiento para contribuir a la conservación de peces y tortugas que lo habitan, y para contar con un sonido que tranquiliza el ambiente.





PLANTA BAJA

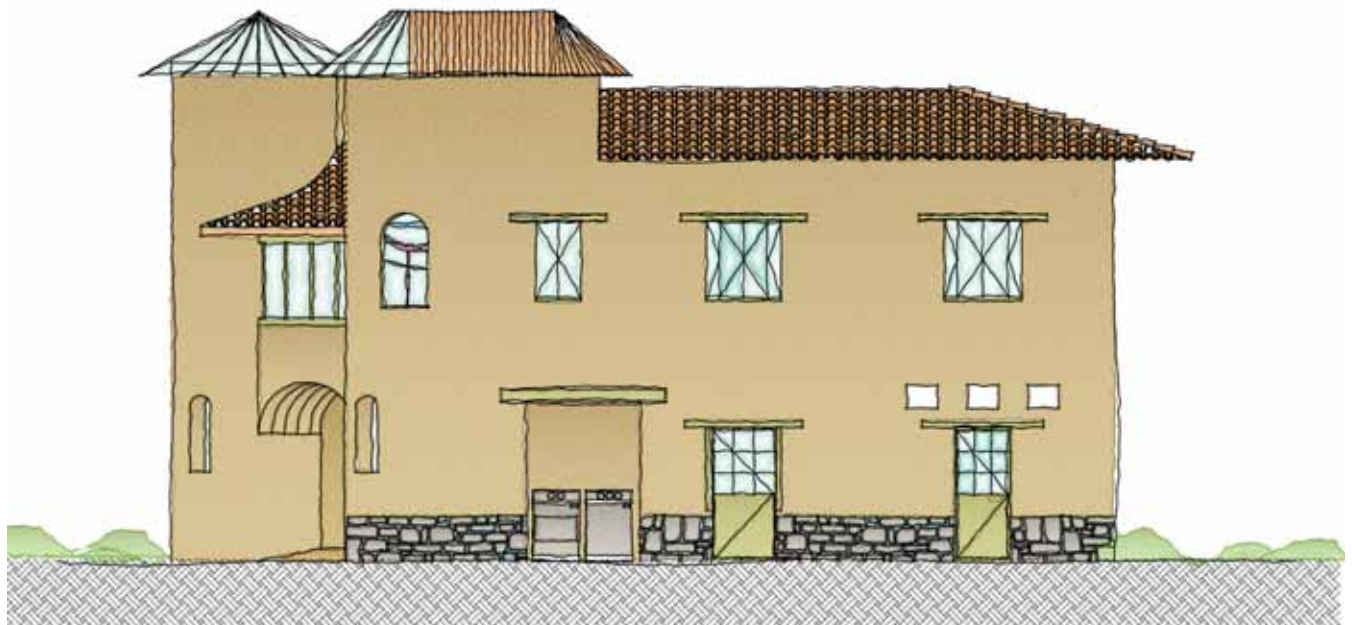




PLANTA ALTA



FACHADA ESTE



FACHADA SUR



SECCIÓN A-A'



La casa de lodo





EL INMUEBLE se localiza en la calle Benito Juárez 3, Col. La Soledad, ETLA, Oaxaca y fue diseñado por Ramón Aguirre Morales para ser habitado por la familia Aguirre Chávez conformada por una pareja de adultos y dos hijos (niña y niño). La obra la realizaron el Maestro Chuky, Pedro González, Juan Mejía, Jorge Mejía, Alejandro Mejía y Francisco.

El terreno, que originalmente estuvo destinado al cultivo, tiene una superficie total de 882m² y la superficie edificada es de 189m² desarrollados en un solo nivel, con un entrepiso en las recámaras. Los espacios cubiertos incluyen un corredor de acceso, baño de visitas, sala-comedor, cocina, sala de televisión, tres recámaras y un baño. El espacio descubierto tiene una cochera para dos autos y áreas ajardinadas.

No existieron condicionantes fuertes del proyecto ya que éste se localiza en un predio urbano con perfil plano, con 17m en su eje norte-sur y 49m en el eje oriente-poniente. La

región posee un clima cálido seco, con lluvias concentradas entre julio y octubre, que pueden llegar a ser torrenciales, con promedios anualizados de 1280mm.

La cimentación se edificó con piedra brasa asentada con mortero de cal y arena en una dosificación de un volumen de cal por cada cinco volúmenes de arena. Se colocaron sobrecimientos de cantera aparente para proteger las bases de los muros. Para ellos se empleó tapia pisada de 40cm. de espesor, con tierra estabilizada con cal y curada 48 horas antes de ser vaciada en los muros en capas de 10cm. El sistema estructural se basa en muros de carga con mochetas de refuerzo cada 4m y con una altura inferior a 3.2m y aplanadas con cal arena. Tanto los entrepisos como los techos se realizaron con bóvedas vaídas de ladrillos recargados.

Los pavimentos interiores son de loseta cerámica en la cocina y recámaras, mármol en el baño y recubrimientos pulidos de cal y

arena pigmentados con óxido de hierro. En el exterior se sembró césped y se colocaron andadores de ladrillo asentados con arena y espacios ajardinados. Los muros se recubrieron con aplanados pulidos de cal-arena, pigmentados en la cocina, sala comedor, recámara y andadores. Se aplicaron dos capas, la primera en una dosificación de un volumen de cal por cada tres volúmenes de arena y la segunda muy fina uno a uno. Se bolearon las esquinas salientes para su mejor conservación. Los exteriores se pintaron a la cal con baba de nopal mientras que en los interiores se dejó la tapia aparente con una protección superficial de tres capas de baba de nopal.

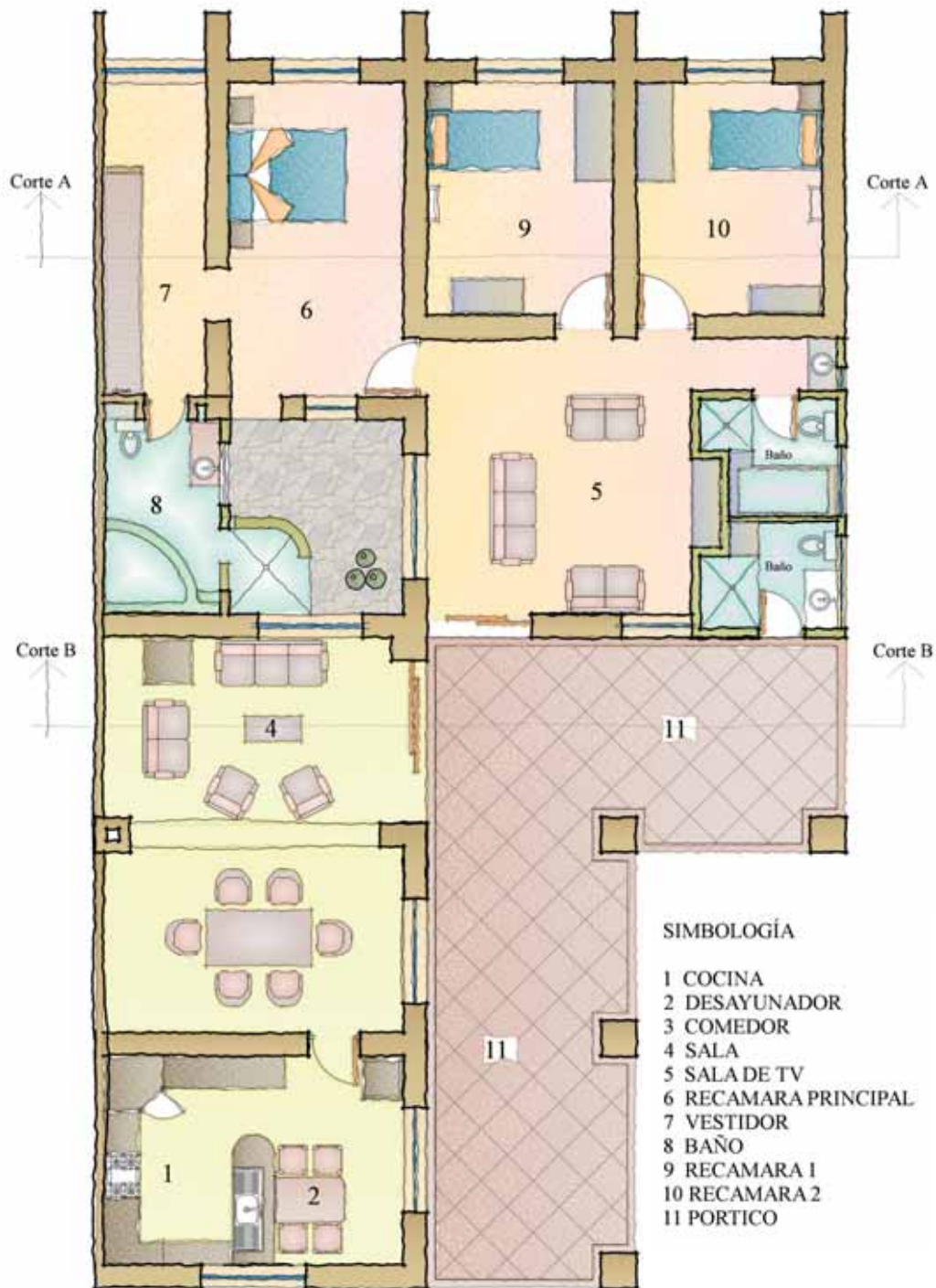
Se colocaron tubos de polipropileno para las instalaciones sanitarias y Tuboplus para las hidráulicas. La electricidad proviene de una conexión a la CFE. La tierra que se usó para los muros de tapia se compró en la región y la cantera, cal y arena provino de una

casa de materiales de la localidad. Se adquirió manguetería modular de aluminio para las ventanas también en el poblado.

Un baño cuenta con un sistema con ahorrador de agua y un baño seco, con compostaje de excretas, separación de basura y lombricompostaje de residuos orgánicos. Se previó la separación de instalaciones de aguas grises, trampa de grasas, fosa de descarga, biofiltros y fosa de excedentes.

El 90% del agua proviene del abasto municipal y el 10% restante de captación de agua de lluvia. Otros componentes dirigidos a la disminución de la huella ecológica consisten en el empleo de una estufa ahorradora, huerto de traspatio, ventanas orientadas al sur y ventilación cruzada, empleo de iluminación con lámparas LED en toda la casa, calentador solar de agua y sistema de recirculación del agua caliente que pasa por un termómetro y regresa a la cisterna.

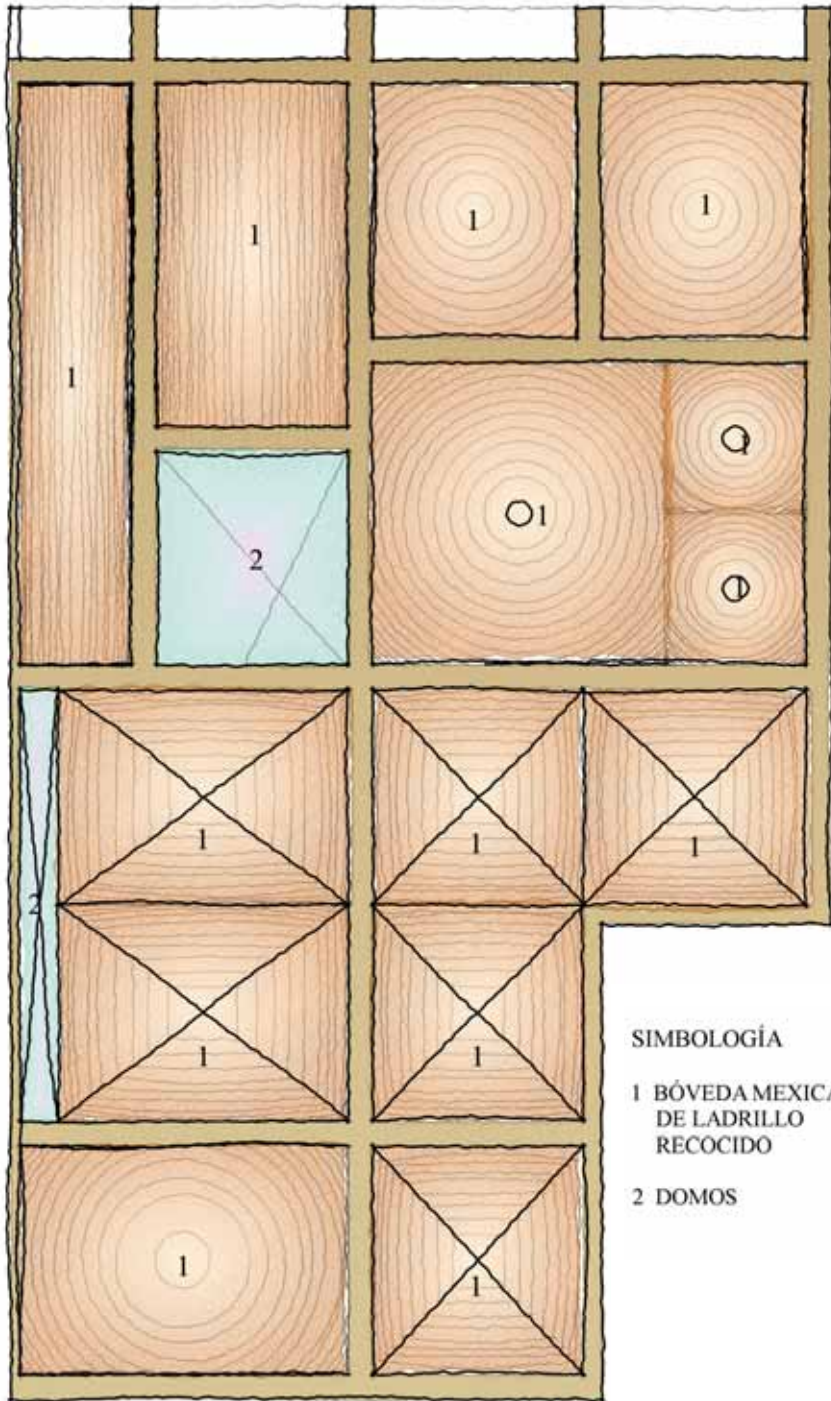




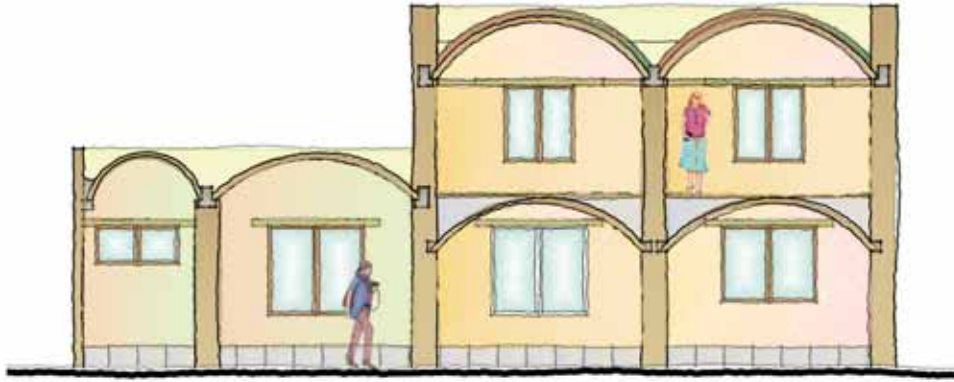
SIMBOLOGÍA

- 1 COCINA
- 2 DESAYUNADOR
- 3 COMEDOR
- 4 SALA
- 5 SALA DE TV
- 6 RECAMARA PRINCIPAL
- 7 VESTIDOR
- 8 BAÑO
- 9 RECAMARA 1
- 10 RECAMARA 2
- 11 PORTICO

PLANTA ARQUITECTÓNICA



PLANTA DE CUBIERTAS



CORTE A



CORTE B



Casa Aguacero



ESTA OBRA diseñada por Pedro Pizarro Villalobos se localiza en el Rancho El Aguacero, en Xalapa, Veracruz y la construyeron el Maestro Daniel, el Maestro Nacho, David, Alejandra y cuatro ayudantes.

Se trata de la adaptación de una casa existente hecha a base de perfiles de acero, para la que se solicitó cerrar un espacio a fin de hacer una sala con chimenea a base de materiales naturales, así como una terraza nueva.

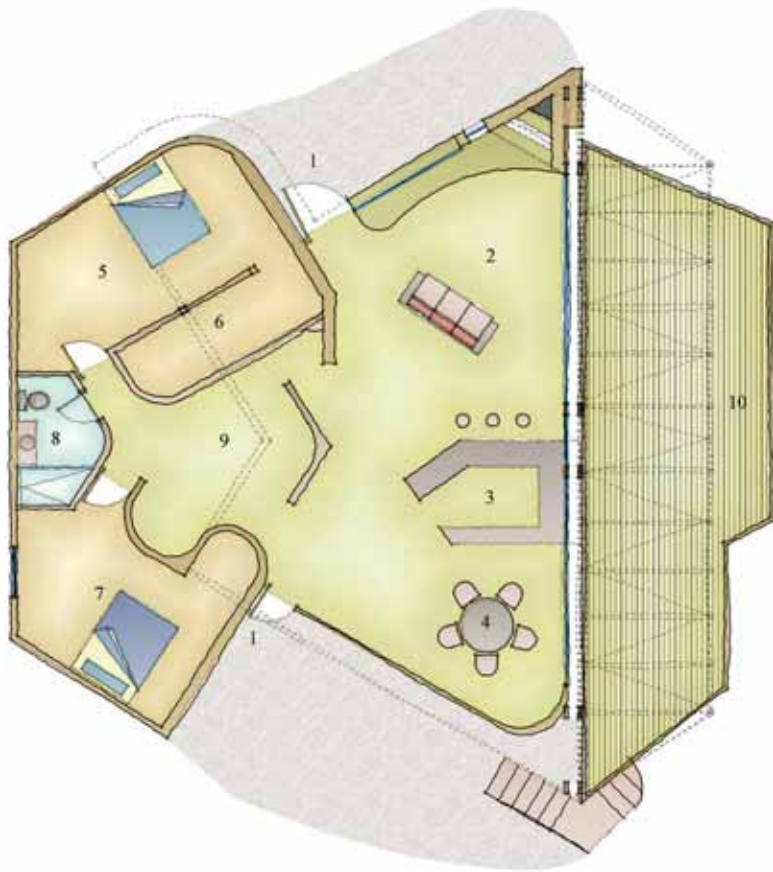
Entre las condicionantes del proyecto estaba la búsqueda de un espacio techado anexo al comedor de la casa, abierto al oriente y al norte definido por perfiles de acero tipo Montén.

Los muros se edificaron con cob y los acabados se hicieron bruñidos con pasta de cal reposada, marmolina, arcilla y jabón. Se terminaron con pinturas al fresco.

Los materiales son locales y la cal se compró en Puebla.

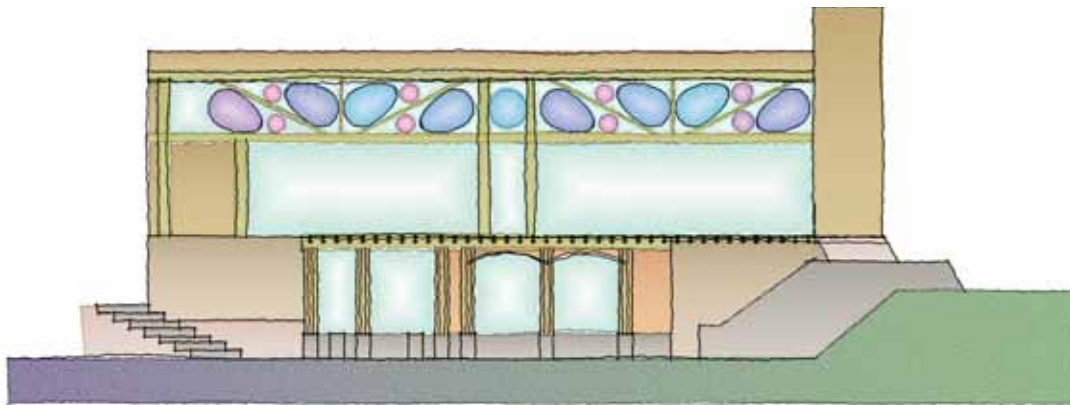




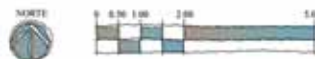


- 1 ACCESO
- 2 SALA
- 3 COCINA
- 4 COMEDOR
- 5 RECAMARA 1
- 6 VESTIDOR
- 7 RECAMARA 2
- 8 BAÑO
- 9 BIBLIOTECA
- 10 TERRAZA

PLANTA ARQUITECTÓNICA



FACHADA ORIENTE





Casa Sol



LA OBRA se localiza a la orilla del Parque Nacional del Tepozteco, en una zona rural aledaña a una pequeña población de origen náhuatl. Está rodeada por una cadena montañosa que desde la época prehispánica ha sido considerada sagrada y a la fecha alberga leyendas populares, petro-grabados prehistóricos y ruinas de antiguos templos.

El clima en Tepoztlán es cálido y templado, con inviernos secos y lluvias en verano. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Cwa con una temperatura promedio 19.7°C y una precipitación media aproximada es de 966mm. En la región se conservan árboles endémicos centenarios como el amate y el ahuehuete.

La casa se localiza en el Camino Antiguo Ocotitlán-Amatlán s/n, y se edificó bajo el proyecto y supervisión de la obra de Pedro Pizarro, quien contó con la colaboración de Gabriel de Lille, Amel Kadic y un equipo de albañiles de la localidad.

La superficie total del terreno es de 2000m^2 pero la construcción ocupa 120m^2 en una sola planta de diseño compacto para permitir el máximo aprovechamiento de las áreas verdes circundantes. Está planteada para una familia de tres miembros, dos adultos y una niña. El partido arquitectónico surge de un vestíbulo de acceso en torno al cual se localizan dos recámaras, dos baños, sala-cocina, comedor y lavandería.

Se planteó como una vivienda pequeña con posibilidad de crecer alrededor de un patio conforme a las necesidades espaciales de la familia. Se aprovechan los espacios a cielo abierto para hacerlos parte de la vida íntima de la casa.

La arquitectura está concebida como parte del entorno, no sólo en lo que se refiere al manejo de los materiales sino también en aspectos plásticos y vivenciales. La localización de las ventanas busca integrar al paisaje con el

espacio íntimo mediante la creación de una correspondencia del interior de la casa con la montaña distante.

Los materiales constructivos que se emplearon fueron obtenidos o comprados a no más de 10km de la casa. Para la cimentación se utilizó piedra braza asentada con mortero de cal y arena dosificada en un volumen de cal por cuatro volúmenes de arena. Todos los muros fueron diseñados para recibir el peso del techo y se realizaron mediante la técnica constructiva de tierra amasada, que se conoce convencionalmente por su nombre en inglés (cob). El manejo de este sistema conformando por muros-columnas de carga es un rasgo distintivo del proyecto pues estos

componentes casi escultóricos tienen una forma que incluye en su perfil los contrafuertes de las esquinas y se integran al mobiliario interior.

El sistema de la estructura portante del techo incluye vigas de madera sobre las que se colocaron soleras de barro artesanal, luego una capa de cob como sistema de aislamiento, una membrana asfáltica impermeable y, finalmente, un enladrillado a base de petatillo. El peralte de las vigas es proporcionalmente superior al convencional con relación a su esbeltez, lo que da a los espacios una sensación de ligereza en la cubierta, en contraste con la masividad de los muros y mobiliario fijo.



Los materiales utilizados para los pavimentos interiores buscan reforzar el mismo efecto de contraste de texturas al combinar piedra laja y cemento pulido. El pavimento del patio y la terraza de acceso también son de piedra y se delimitan con el tratamiento naturalista de las áreas ajardinadas y huerto.

Los acabados de los muros se realizaron con aplanados aparentes de tierra mezclada con paja picada, y en algunas secciones húmedas y puntos focalizados incluyen terminados pulidos de cal, marmolina y tierra.

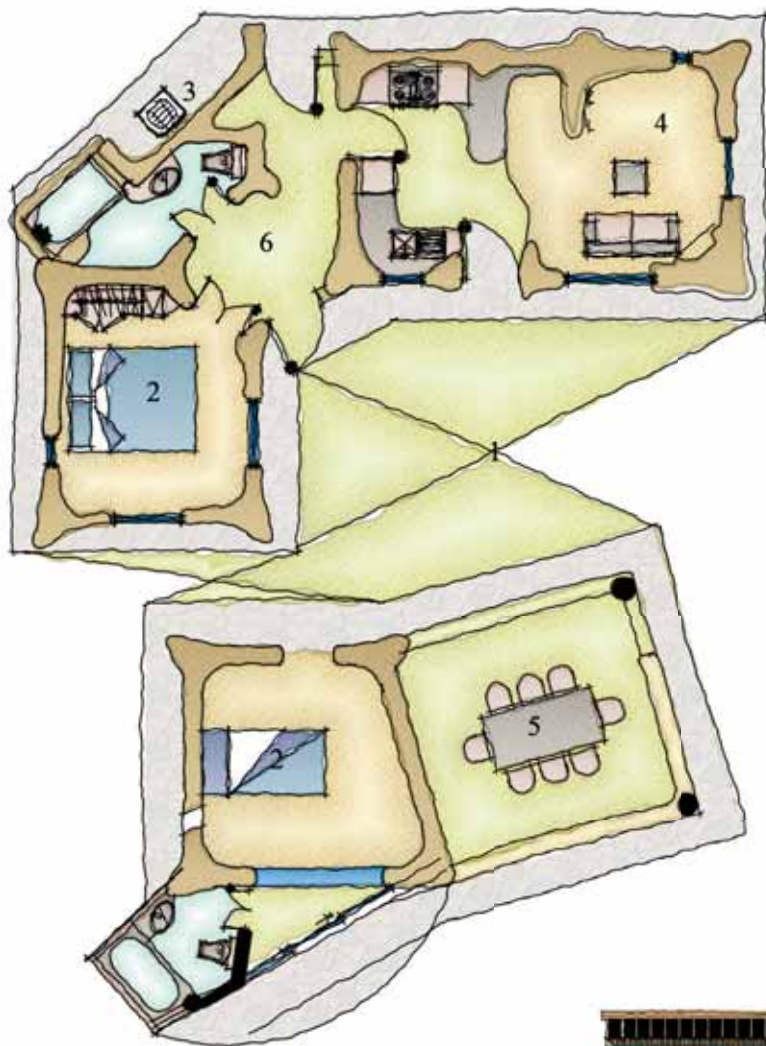
La piedra braza de la cimentación es producto de la excavación de la cisterna, mientras que la tierra y arena fueron adquiridas en el poblado de Amatlán, a 6km de distancia. La fuente de abasto hídrico proviene del diseño de captación de agua de lluvia almacenada en una cisterna. Las instalaciones hidráulicas son de tubos de cobre y las sanitarias a base de tubos de polipropileno. La energía eléctrica proviene en su totalidad de la red de la Comisión Federal de Electricidad.

En lo que respecta a los criterios empleados para el manejo de residuos sólidos se planteó un sistema de separación de basura con compostaje de residuos orgánicos. Las aguas servidas se aprovechan como riego para los árboles frutales como un biofiltro.

A pesar de las pequeñas dimensiones del proyecto, el manejo de los espacios y el emplazamiento consiguen un destacable equilibrio con el paisaje.



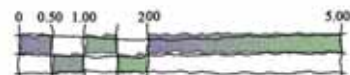




SIMBOLOGÍA

- 1 PATIO
- 2 RECÁMARA
- 3 LAVADO
- 4 SALA
- 5 COMEDOR
- 6 VESTÍBULO

PLANTA ARQUITECTÓNICA



FACHADA ORIENTE



Proyecto Honorio



ESTA VIVIENDA rural se localiza a 1700msnm en la zona montañosa correspondiente a la Mixteca Alta Oaxaqueña. Santiago Tilantongo es la cabecera del municipio y tiene 480 habitantes.

Es una zona semi-árida con fuertes problemas de erosión y deterioro ecológico derivados del tipo de suelo, la deforestación y la erosión provocada con fines agrícolas que fue iniciada mucho antes de la llegada de los españoles.

Los códices prehispánicos relatan 900 años de historia de un linaje real, el más extenso del continente americano. En este gran territorio existen notables ejemplos arquitectónicos, urbanísticos, paisajísticos, de orfebrería y cerámica prehispánica. Los antiguos campesinos mixtecos crearon unidades agrícolas domésticas altamente productivas que les dieron el poder y sustento para desarrollar una gran cultura.

El clima se considera de “estepa local” con una clasificación BSk dentro del sistema Kö-

ppen-Geiger. La temperatura promedio es de 16.7°C y a lo largo del año llueve poco, alcanzándose precipitaciones promedio anualizadas de 515mm. Sin embargo, la lluvia se concentra en pocos días al año, en los que suele ser torrencial. Es por ello que se planteó un diseño de cubierta que desalojara el agua con rapidez.



El autor del diseño es Pedro Pizarro Villalobos y la casa se proyectó para una familia conformada por padre, madre y dos hijos. La construcción con tierra funcionó como herramienta de cohesión social. La obra se hizo con mano de obra y donaciones de un equipo de voluntarios internacionales denominado “Soles de Piedra” en colaboración con trabajadores locales y la familia beneficiada. La obra contó con el apoyo de David González, Carlos Cornejo, Marjolaine Guyot y otros miembros de la comunidad de Tilantongo.

El proyecto se originó a partir de la necesidad de una vivienda para dos jóvenes que tienen que caminar dos horas para llegar a la secundaria. Entre las principales condicionantes físicas del proyecto destaca el hecho de estar ubicado sobre una terraza de cultivo prehispánica, en una zona con altos niveles de erosión de suelo. Se encuentra en una semiplanicie entre dos profundas barrancas abiertas por la erosión.

El terreno de la familia es muy amplio pues abarca 10000m² pero la superficie edificada se concentró en 50m² desarrollados en un solo nivel. La antigua terraza, característica de la cultura mixteca, constituye la zona más segura para el emplazamiento de la casa.

El diseño incluye un portal de acceso, baño, cocina-comedor, almacén y recámara. La idea principal del proyecto era el de una vivienda



que resolviera las necesidades básicas de una familia campesina. El vestíbulo abierto rompe el esquema al centro de la casa creando una transición entre el interior y el exterior desde la recámara y el baño.

La cocina con estufa de leña se abre, a su vez, al vestíbulo, formando el corazón del proyecto. Se trata de una estufa ahorradora de leña con chimenea que permite hacer tortillas, cocer una olla de frijol y hervir agua con el mismo fuego que calienta la casa. Los espacios exteriores tienen un huerto y una milpa.

La cimentación lógicamente se realizó con piedra local asentada con mortero de lodo y arena. La construcción se hizo con la técnica de tierra modelada, conocida convencionalmente con su nombre de origen anglosajón,



cob. Los componentes de carga son volúmenes diseñados para cumplir la función de muros, columnas y contrafuertes que reciben los empujes de la cubierta inclinada.

La estructura de los muros está resuelta con monolitos estables por forma que se separan en puertas y ventanas y se ligan por un anillo superior perimetral de madera que también juega el papel de dintel de todos los vanos. Los contrafuertes internos están integrados al mobiliario fijo y en algunos casos lo contienen.

Los pavimentos interiores son de tierra y los acabados de los muros tienen aplanados aparentes de tierra estabilizada con paja picada.

La construcción del techo fue sumamente importante por el hecho de que conjuntó el saber tradicional con la experimentación contemporánea. Se utilizó un sistema tradicional prehispánico casi extinto, dibujado en los códices que relatan la historia de Tilantongo en



el siglo XIV. Tiene la particularidad de poderse desarmar por completo para su traslado o de ser mudada como estructura completa si se cuenta con la suficiente fuerza humana. El sistema se conoce como “techo mixteco”.

La estructura está conformada por ramas de enebro cuya explotación es plenamente sostenible, pues al usar solamente las ramas, el árbol se mantiene vivo. Estos componentes se ensamblan en forma de tijera con pernos de madera. La cubierta se culmina entretejiendo una especie nativa de palma conocida como “palma ceniza”, porque al amarrarse en seco, tiene un color pardo.

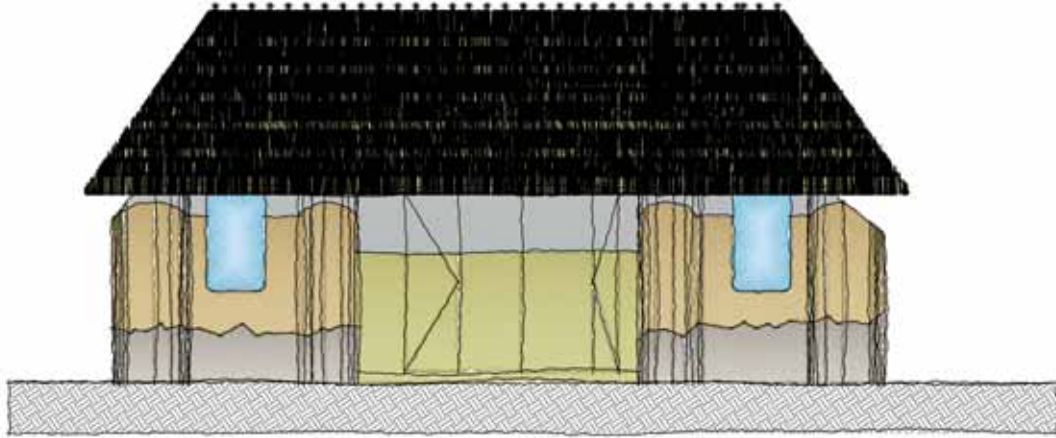
Todos los materiales de construcción provienen de un radio de 5km y no se usó ningún componente industrializado; fueron extraídos y acarreados del mismo terreno excepto la madera que provino de árboles de las faldas de Monte Negro.



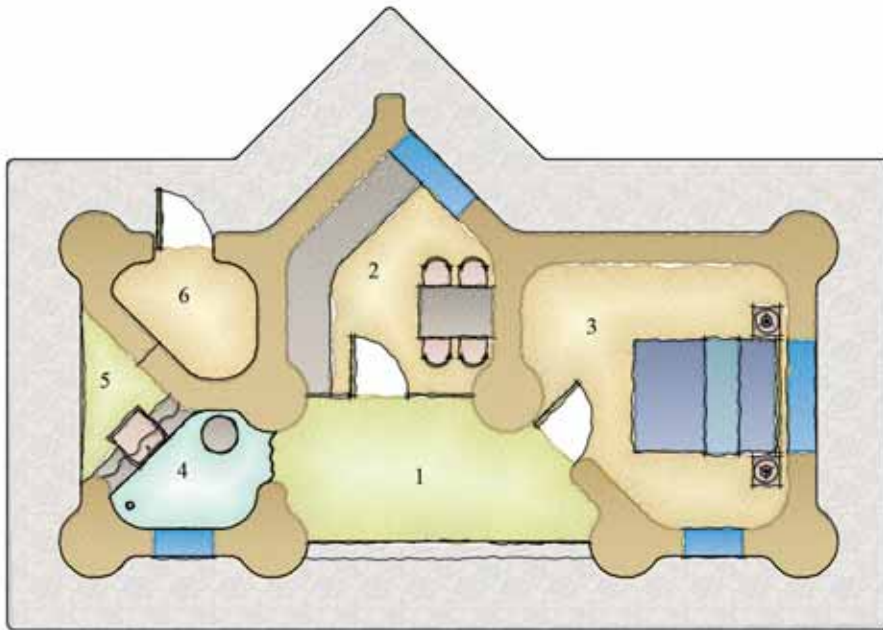
El agua que se consume proviene de un manantial. Las instalaciones hidráulicas y sanitarias se realizaron con tubos de polipropileno y la energía que se consume es a base de leña. Tiene un baño seco y se propone compostear los desechos. Las aguas servidas se utilizan como riego directo a frutales.

Es importante destacar la manera en que la bioconstrucción se enriquece con los conocimientos vernáculos, pero en el sentido opuesto, las tradiciones pueden incorporar en su bagaje conceptos y procedimientos constructivos que resulten compatibles con los recursos materiales y humanos de cada localidad. La tierra modelada como sistema constructivo tiene un elevado potencial de desarrollo y apropiación comunitaria, y resulta altamente pertinente en zonas sísmicas como las que caracterizan el territorio oaxaqueño.



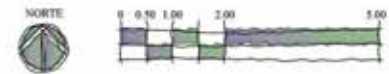


FACHADA



- 1 PORTAL
- 2 COCINA
- 3 CUARTO
- 4 BAÑO
- 5 LAVADERO
- 6 ALMACEN

PLANTA ARQUITECTÓNICA





QUINTA PARTE

ENTRAMADOS





Casa de Haydeé y Pablo



ESTA OBRA se localiza en Cerrada Pixquiac 7a, La Pitaya, Coatepec, Veracruz. Se construyó en 2008 y fue proyectada por Pablo R. Ricalde González para su uso particular y el de Ma. Haydeé Amaro Amaro.

Es una casa habitación con un cuerpo principal en donde se alberga la sala, comedor, cocina y recámara, dentro de un mismo espacio con tapanco; y un área de servicios donde está el baño, pórtico de lavado y una terraza para el tapanco ubicada sobre el techo del baño.

Fue diseñada para abrirse hacia el jardín y el paisaje de la zona aprovechando el sol de la mañana y tarde.

Se ocupó la tierra cruda como material de los muros en el cuerpo principal de la casa, utilizando el sistema constructivo de entramado tipo bajareque, realizando repellos exteriores e interiores también con tierra cruda.

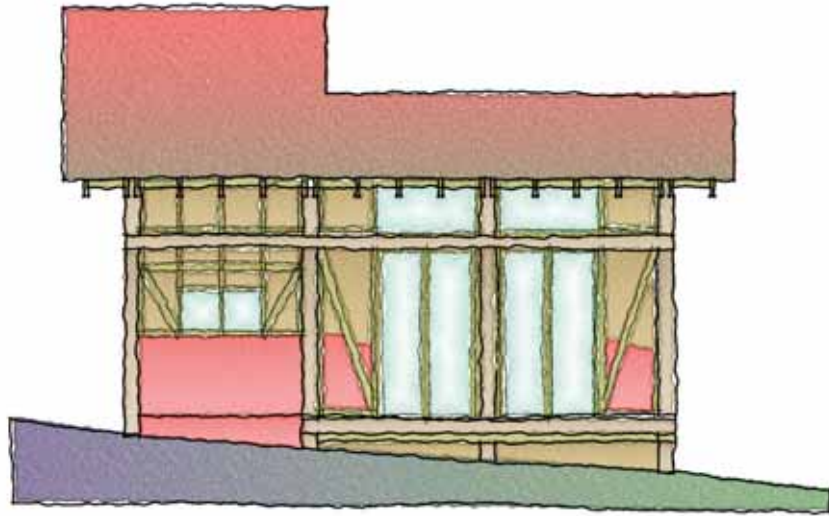
La estructura del cuerpo principal es de tipo palafítico apoyada sobre postes de madera. El

techo es de madera y está protegido del exterior con loseta de barro recocido. El piso es de duela de bambú.

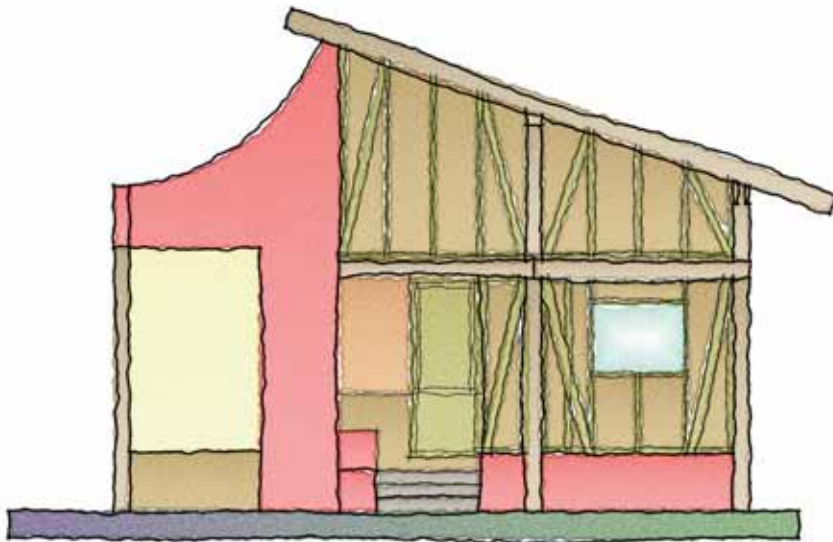
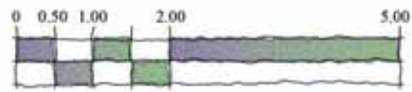
En el área de servicio se utilizaron muros de ladrillo de barro recocido confinados con castillos y cadenas. El techo es convencional con losa de concreto armado. Las ecotecnias que se incorporaron al proyecto consisten en el uso de un baño seco y el tratamiento de aguas jabonosas con filtro de raíces.



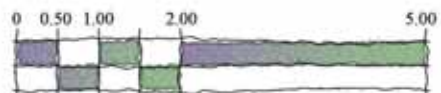




FACHADA ESTE



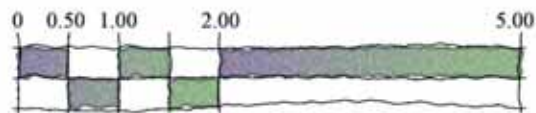
FACHADA NORTE

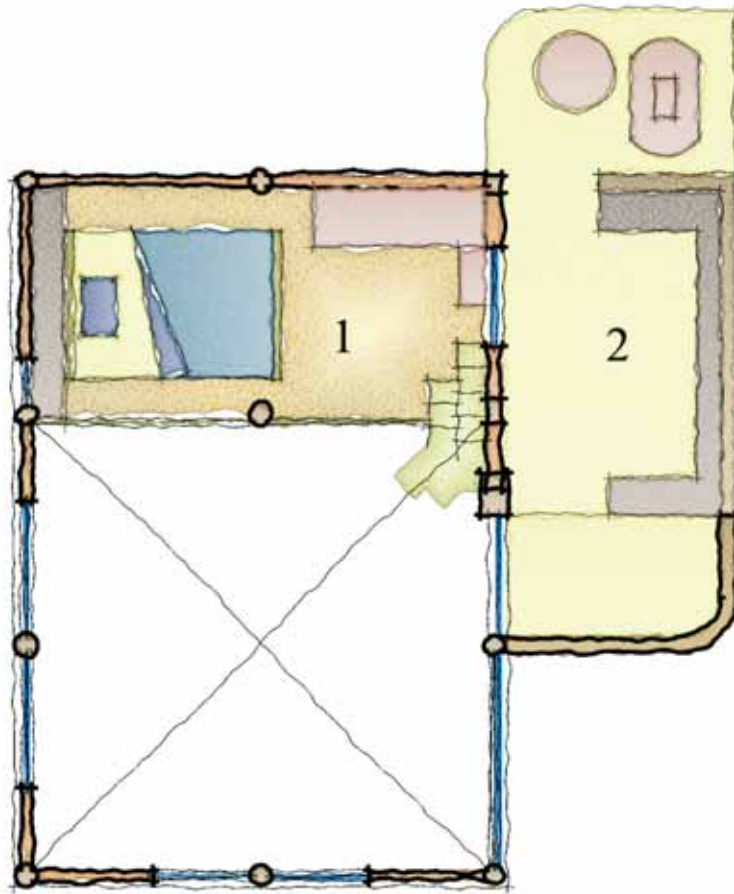




- SIMBOLOGÍA
- 1 ACCESO
 - 2 COCINA
 - 3 ESTANCIA-COMEDOR
 - 4 DECK
 - 5 CUARTO LAVADO
 - 6 BAÑO
 - 7 PATIO SERVICIO

PLANTA BAJA





SIMBOLOGÍA
1 RECAMARA
2 TERRAZA

PLANTA ALTA





Casa Quinta Ganesh



ESTA OBRA se localiza en Coatepec, Veracruz y se construyó en 2012, proyectada por los arquitectos Fabián García Estrada y Pablo R. Ricalde González, con la colaboración en el diseño estructural del ingeniero Mario O. Ricalde Camacho.

La construcción mide 393m² y su propietario es Luis Esparza. La casa se ubica en una parte baja, colindando con el río Xochiapa. Por las condiciones topográficas, la construcción se divide en dos partes: la primera cuya parte frontal mira hacia el norte, está constituida por un basamento de piedra y muros de carga principalmente de adobe, aunque también hay de tabique; alberga las zonas de servicios sanitarios, cocina y lavado, así como el estudio.

Básicamente es el área más cerrada de la casa tanto por sus características de uso como por su orientación. La estructura portante combina muros de carga y columnas de madera, material básico del carácter de la casa.

La segunda zona se orienta hacia la fachada posterior, tiene frente al sur y se edificó con un sistema palafítico de madera, consolidando los muros con la técnica de pajarcilla, que proporciona elementos muy térmicos y ligeros. Dicha área alberga la sala, comedor, recámara y el consultorio para medicina ayurveda, aprovechando al máximo el sol y las vistas.

En la parte central se estructuran losas planas de bambú y concreto, que sirven como ejes principales de circulación dentro de la vivienda.

Las cubiertas inclinadas tienen una estructura primaria de madera, sistema de vigería con bambú guadua recubierta con duela y finalmente con loseta de barro recocido. Las cubiertas planas son de esterilla de bambú y concreto. Los pisos interiores son de duela.

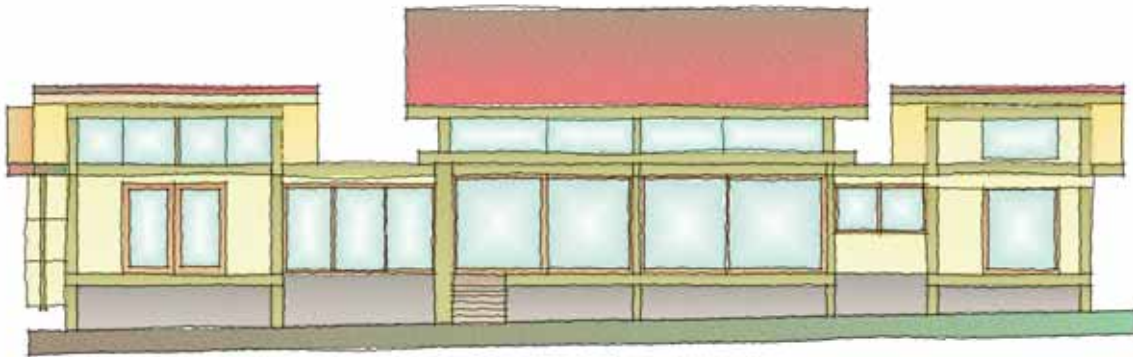
Dentro de las principales ecotecnias que se aplicaron en la obra destacan los sistemas de recuperación y filtrado de aguas pluviales

para alimentación de la casa, baño seco, tratamiento de aguas jabonosas con filtro de raíces, calentador solar de agua, paneles fotovoltaicos que otorgan el 35% del consumo total de la energía eléctrica, y el resto proviene del suministro público de la CFE.

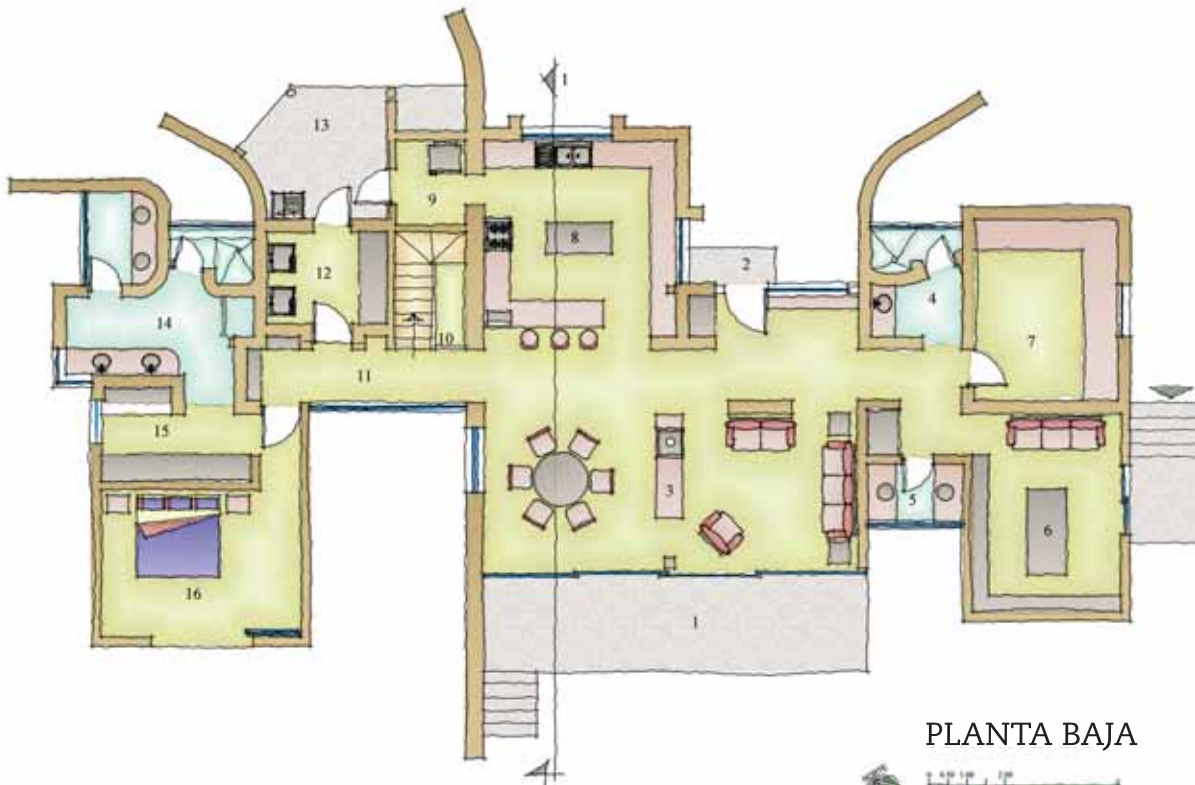
Todo el adobe fue fabricado en el sitio, ocupando principalmente la tierra obtenida de las excavaciones para las cisternas. Todo el bambú y la madera fueron tratados para su mejor protección.







FACHADA SUR

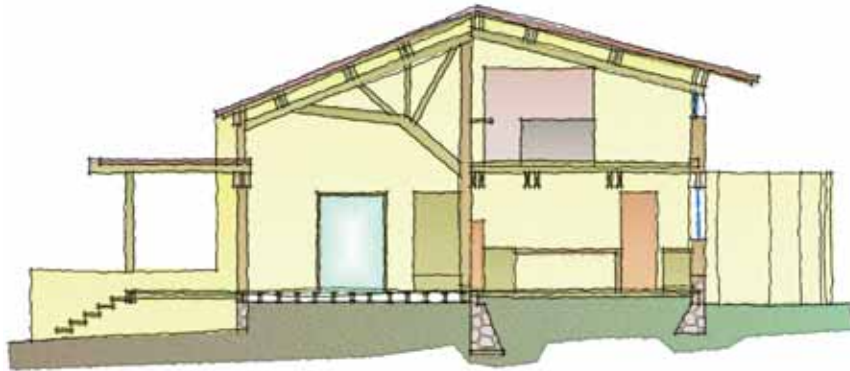


SIMBOLOGÍA

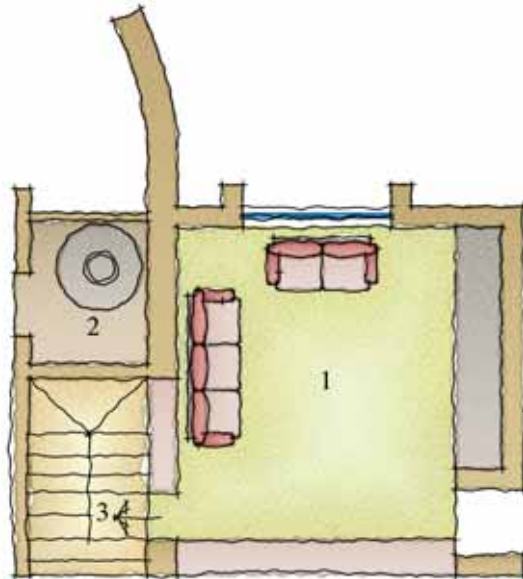
- 1 TERRAZA
- 2 ACCESO
- 3 SALA/COMEDOR
- 4 BAÑO REGADERA
- 5 BAÑO SECO
- 6 SALA DE TV
- 7 CLOSET
- 8 COCINA
- 9 ALACENA
- 10 ESCALERA
- 11 PASILLO
- 12 CUARTO DE LAVADO
- 13 PATIO DE SERVICIO
- 14 BAÑO
- 15 VESTIDOR
- 16 RECAMARA

PLANTA BAJA

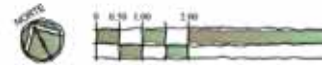




CORTE TRANSVERSAL 1



PLANTA TAPANCO



SIMBOLOGÍA

- 1 TAPANCO
- 2 TINACO
- 3 ESCALERA



Terraza adaptada en Ocotepéc



LA CASA en la que se realizó la intervención se encuentra en la calle Tlacopan s/n, Colonia Ocotepec, en Cuernavaca, Morelos y tanto el diseño del proceso como su ejecución estuvieron a cargo de Vincent Aba, aunque para la obra contó con un ayudante. La familia Izquierdo Azuara solicitó la obra, aunque la casa no tiene un solo tipo de habitantes puesto que se dedica al arrendamiento.

La adecuación se realizó en un espacio de 12m² con la finalidad de transformar una terraza preexistente en una habitación adicional. El espacio ya estaba techado mediante una estructura de acero a base de perfiles PTR que soportaban tiras de madera que finalmente cargaban tejas de barro.

La región tiene un clima cálido seco con lluvias concentradas entre junio y octubre que pueden llegar a ser torrenciales con un régimen pluvial promedio de 1200mm al año.

La obra se realizó combinando pajareque y adobe dando continuidad al comportamiento

estructural de los perfiles metálicos PTR. La estructura para el pajareque se armó con polines cada 1.25m y carrizos amarrados con mecate. Los carrizos horizontales se empotraron en los polines de madera y los postes de PTR.

Se modificó el sistema de techo para colocar tejas de barro artesanal asentadas en una lona vulcanizada, a la medida, que descansa sobre hojas de triplay soportadas por tiras de madera. Se quitó la teja original, se cepilló e impermeabilizó con el producto SFT de Wall Fine. Se atornillaron tablas machihembradas a las “vigas” de PTR entre cuyos intervalos y por debajo del triplay se colocó una capa de pajarcilla como sistema de aislamiento térmico y acústico. En lugar de usar cimbra se dejó un plafón de tablas de pino machihembradas, tratadas con aguarrás y aceite de linaza.

Los pisos de la habitación se recubrieron con losetas cerámicas y los recubrimientos se dejaron aparentes para mostrar la tierra con paja molida en interiores y exteriores, sella-

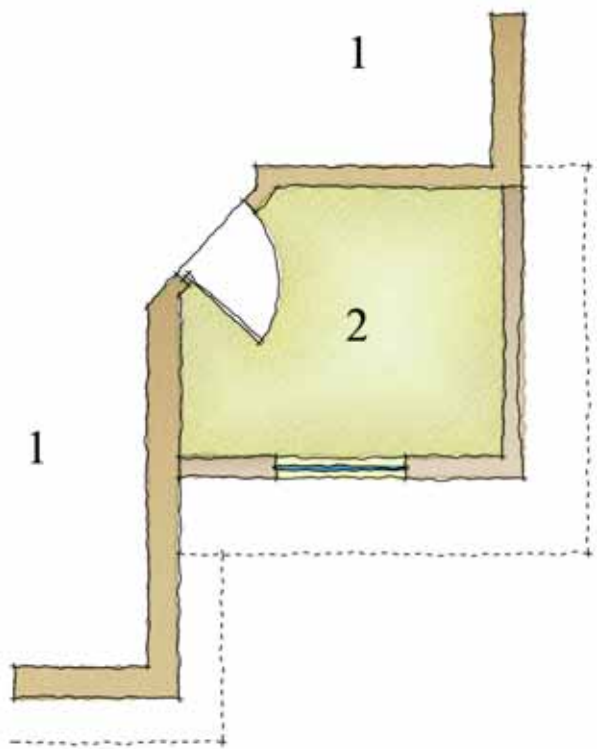
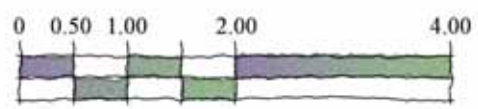
dos con aceite de linaza. En las partes más expuestas a la lluvia se hizo un acabado de cal-arena en tres capas que fueron pintadas con pasta de cal diluida en agua, baba de nopal y sal en exteriores e interiores.

La tierra tuvo que ser comprada a un maestro adobero de Santa María Ahuacatlán, municipio de Cuernavaca. La paja de trigo se compró a un productor de hongos que a su vez las había adquirido en el Estado de México. El carrizo viene de un carrizal a unos 100m de la construcción.

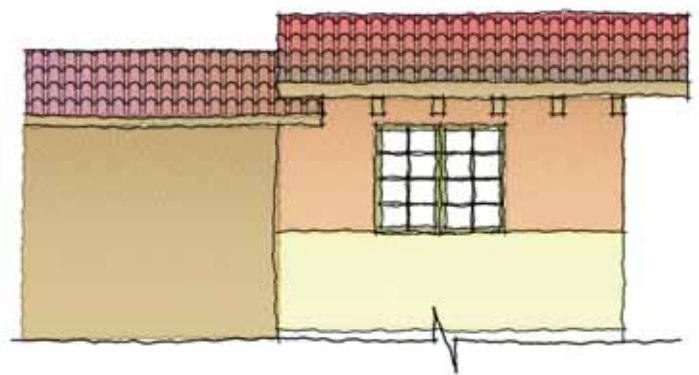
El proyecto incluyó uso de baño seco, compostaje de excretas, separación de basura, compostaje de residuos orgánicos, separación de instalaciones de aguas grises, trampa de grasas, entramado de raíces y salida hacia plantas del jardín, captación de agua de lluvia (100%), cisterna de ferrocemento, calentador de agua solar y ventanas orientadas al sur.



1 CONSTRUCCIÓN EXISTENTE
2 AMPLIACIÓN



PLANTA ARQUITECTÓNICA



FACHADA PRINCIPAL



Centro de Capacitación Ambiental VW



ESTE ESPACIO se localiza en el Parque Nacional Izta-Popo y los autores del diseño son el arquitecto Antonio Ricardo Leyva Cervantes, la arquitecta Samanta Pratt, el arquitecto Gonzalo Garza y la arquitecta Mariana Lozano y se pensó para un grupo de usuarios conformado por estudiantes de primaria y secundaria, capacitadores y un velador. La obra fue ejecutada por una cuadrilla de Ojtat.

El terreno tiene una superficie total de 6ha y la obra ocupa 150m² en un solo nivel.

Los espacios cubiertos incluyen un vestíbulo de acceso, recepción, baños para visitas, bodegas y aulas, y los descubiertos son una plaza de acceso, estacionamiento y diversas plazuelas y áreas verdes.

El proyecto se desarrolló a solicitud de la empresa VW y tuvo como principales condicionantes una topografía con marcada pendiente y una altitud sobre el nivel del mar de 4000 msnm en donde se presentan fuertes vientos y temperaturas bajas. En invierno es

común la presencia de nieve en capas de hasta 50cm.

La cimentación se construyó a base del reciclaje de postes de madera de la CFE y los muros con tierra estabilizada con cal. La estructura portante es de bambú (*Guadua angustifolia*), los entrepisos de duela de madera de pino laminada, la cubierta de láminas galvanizadas y techo verde. Los pisos interiores son de madera y en los acabados de muros tienen expuestos los aplanados de tierra. Las instalaciones hidráulicas y sanitarias son de CPVC.

El bambú fue comprado a diferentes comunidades de la sierra nororiental de Puebla. La carpintería de madera es de factura local, la tierra es de la comunidad cercana y las plantas del techo verde se obtuvieron por recolección de recuperación.

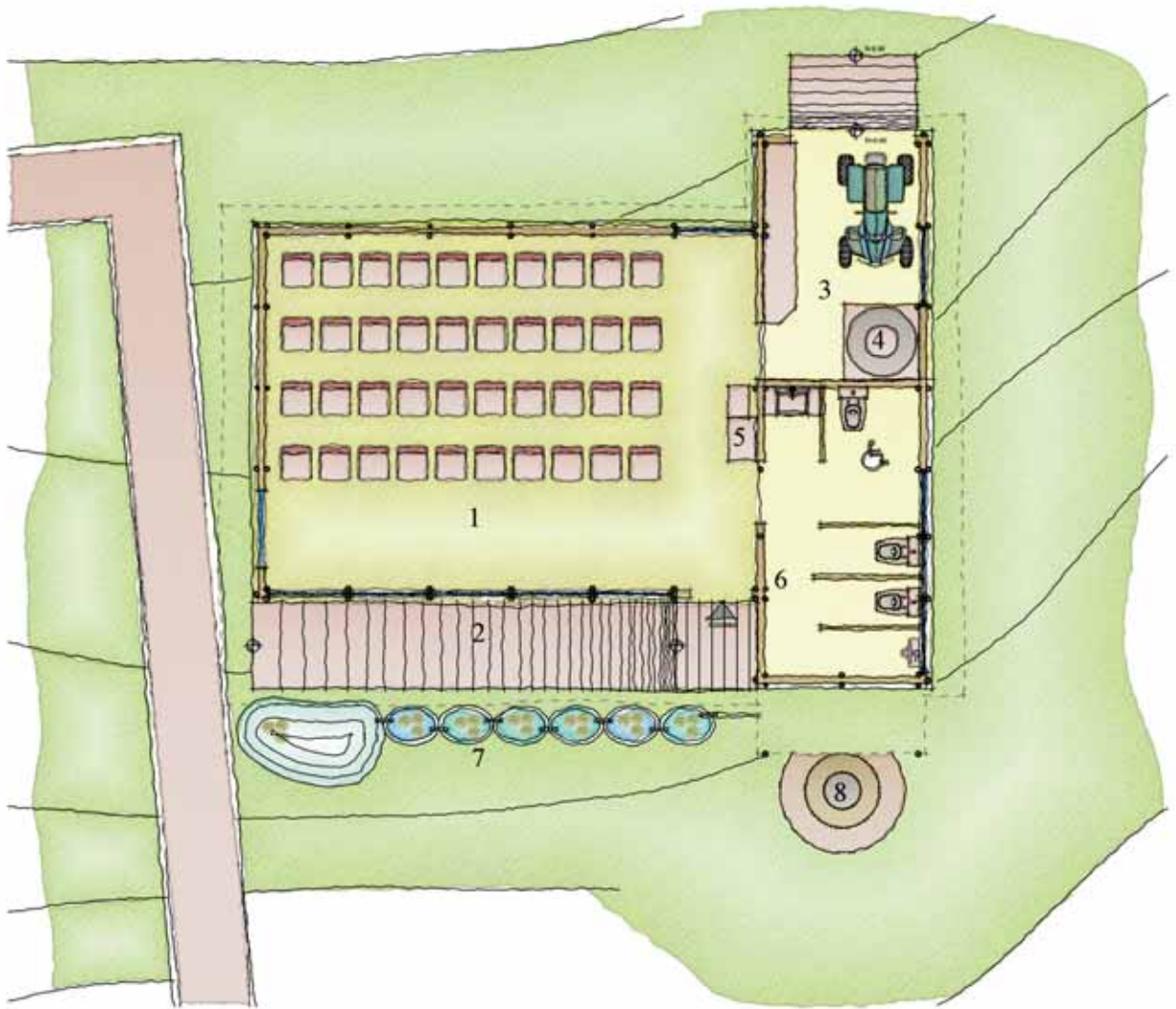
Las aguas servidas se envían a un sistema de fosa séptica con cultivo de bacterias y filtros de carbón activado y zeolita. El agua pro-



viene de captación de agua pluvial y, además del aislamiento conseguido por los materiales constructivos y el techo verde, se cuenta con un fogón-chimenea como dispositivo de control bioclimático.

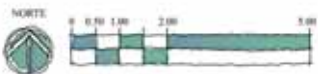
El arquitecto Leyva dice que: “el centro de capacitación ambiental, nos permite entender que casi en cualquier contexto se puede emplear el bambú como sistema constructivo. Esta obra ha fomentado el interés en el sector de sustentabilidad de la VW por el uso de bambú como un material estructural capaz de transmitir el mensaje correcto”.

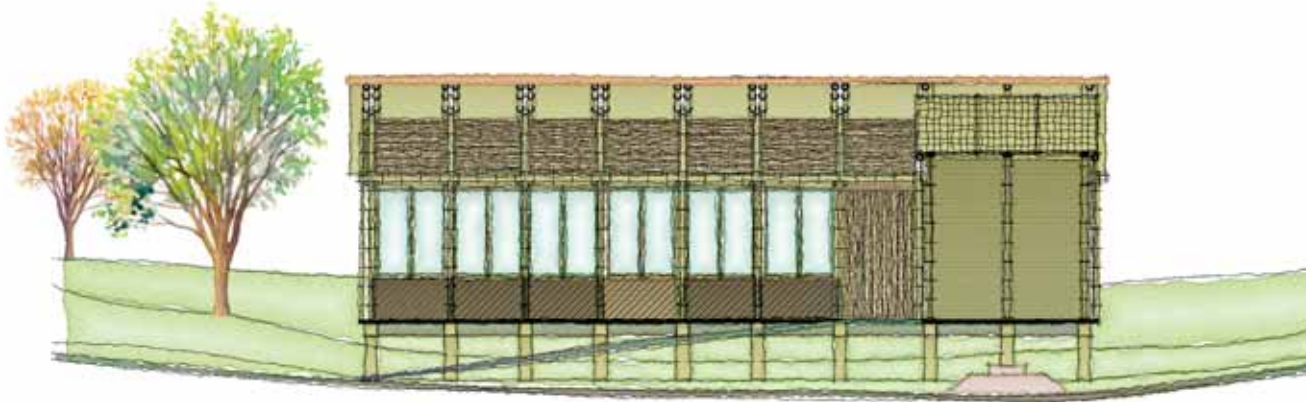




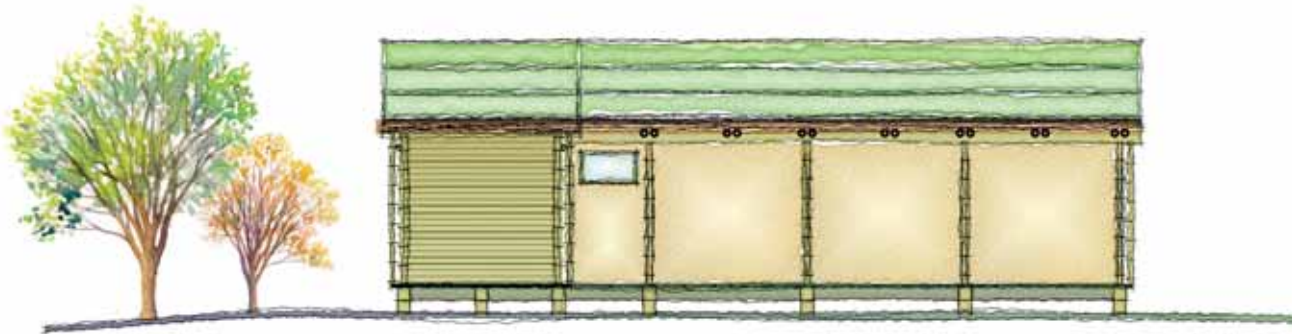
PLANTA ARQUITECTÓNICA

- 1 ESPACIO DE EXPOSICIONES
- 2 RAMPA
- 3 BODEGA
- 4 TINACO
- 5 FOGÓN
- 6 SANITARIOS
- 7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS JABONOSAS
- 8 BIODIGESTOR

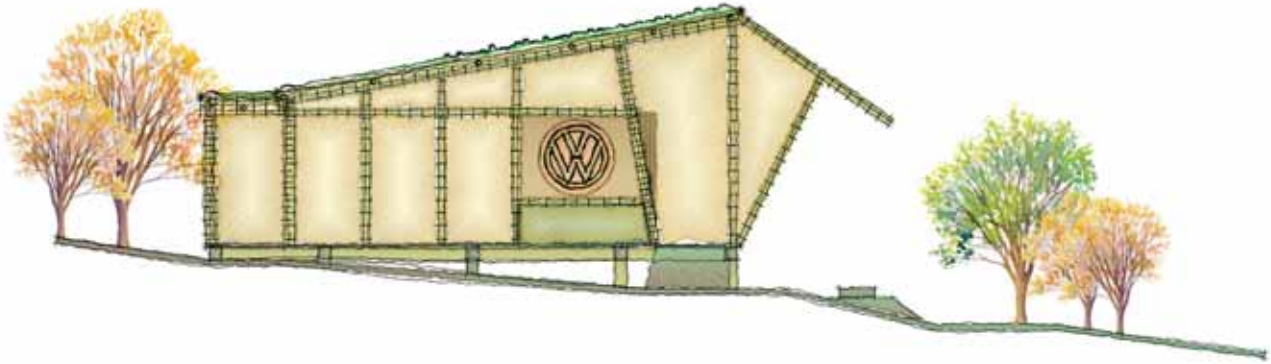




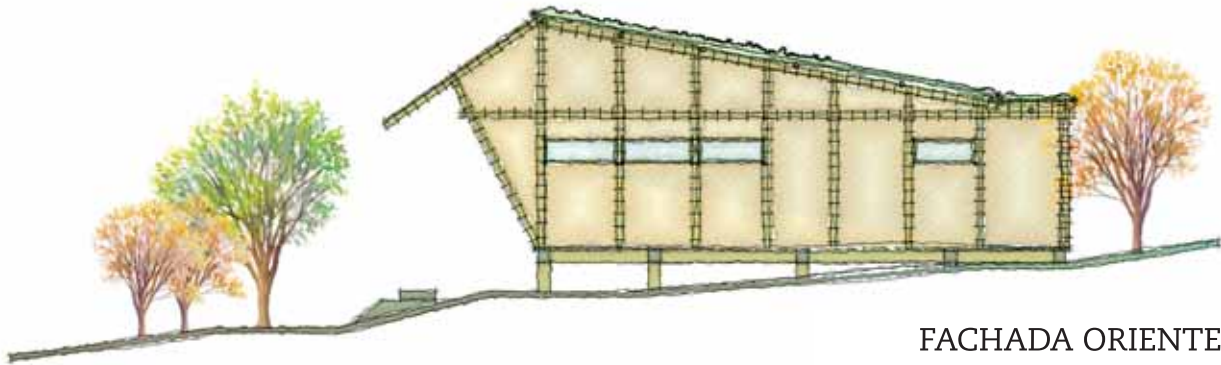
FACHADA SUR



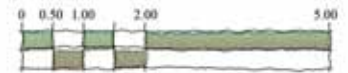
FACHADA NORTE



FACHADA PONIENTE



FACHADA ORIENTE





Auditorio “Flor del Bosque”



ESTE ESPACIO se localiza en Carril a San Bartolo s/n, Exhacienda San Bartolo Flor del Bosque, Amozoc de Mota, Puebla. Fue diseñado por el arquitecto Antonio Ricardo Leyva Cervantes. Es un espacio público y fue edificado por una cuadrilla de artesanos de Tosepan. El terreno tiene un área total de 669ha pero la obra ocupa 250m² desarrollados en un solo nivel.

Los espacios cubiertos incluyen servicios sanitarios, cafetería y auditorio mientras que al descubierto está el vestíbulo y áreas verdes.

El origen del proyecto surgió de una solicitud de la Secretaría de Recursos Naturales de Puebla y tenía como condicionantes físicas una pendiente mínima, emplazamiento libre, escorrentías próximas. En lo que se refiere a las condicionantes climatológicas se encuentran principalmente las bajas temperaturas y fuertes vientos.

La cimentación se edificó en concreto, los muros y cubierta son de ferrocemento y la estructura está conformada por planos repetidos

compuestos por bambú *Guadua aculata* y oldhamii con diámetros de 10 a 12cm. Los pavimentos interiores son de concreto pulido y oxidado y los exteriores de concreto escobillado.

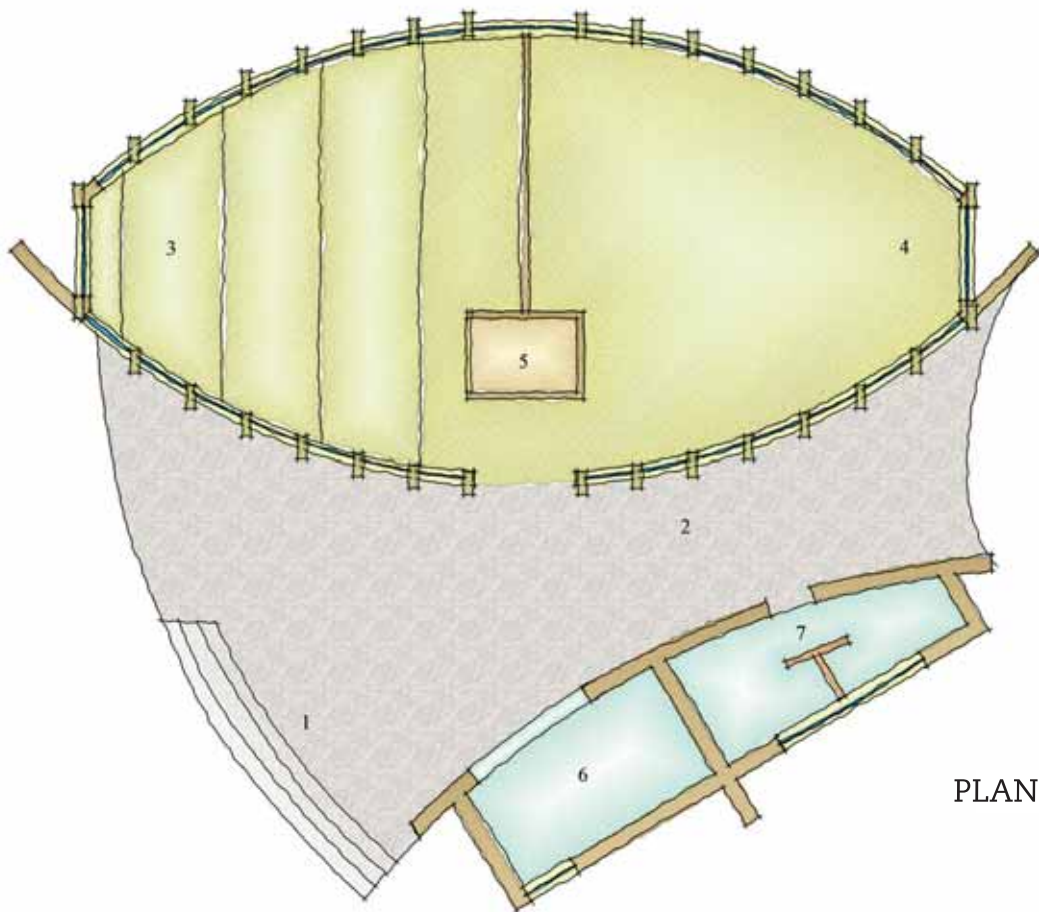
Los muros y plafones están aplanados con mortero y la carpintería de bambú está a la vista. Las instalaciones hidráulicas y sanitarias son de PVC y CPVC.

Los bambúes fueron comprados a diferentes familias de la sierra nororiental de Puebla mientras que el resto de los materiales son de comercios locales. La energía eléctrica proviene de la red pública de la CFE y el agua de la red municipal. Las aguas servidas se transforman mediante una fosa séptica.

El arquitecto Leyva considera que “la importancia de este proyecto reside en el hecho de que fue la primera obra formal de bambú en la ciudad de Puebla, agregando la complejidad de construir un edificio público con bambú. Este edificio ha sido también un ejemplo de la fortaleza y durabilidad del bambú”.

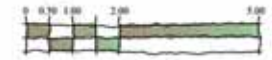


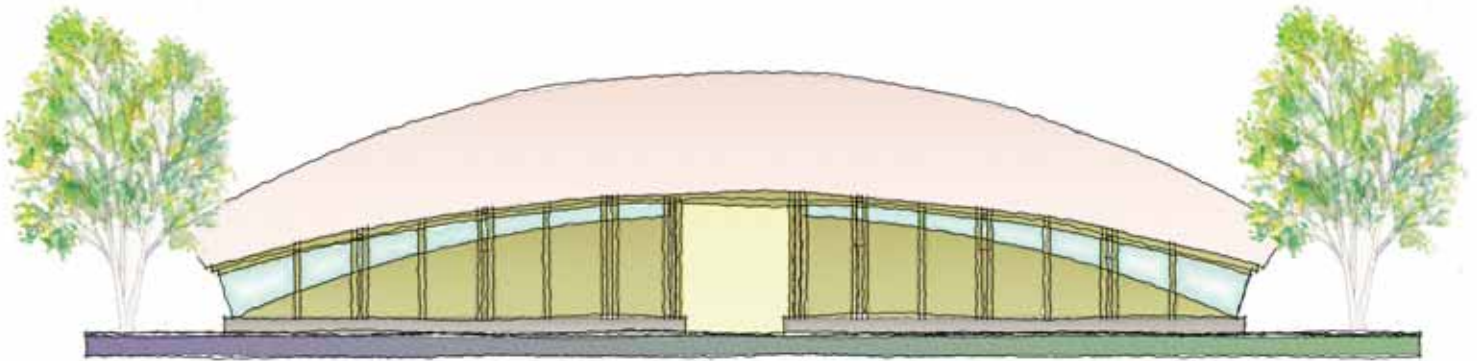




- 1 ACCESO
- 2 RECIBIDOR
- 3 SALÓN "A"
- 4 SALÓN "B"
- 5 CUARTO PROYECTOR
- 6 CAFETERIA
- 7 NUCLEO DE BAÑOS

PLANTA ARQUITECTÓNICA





FACHADA PRINCIPAL



FACHADA PRINCIPAL (BAÑOS)



Instituto Poblano de la Juventud



EL CONJUNTO se encuentra en la Av. Defensores de la República esquina Paseo de las Villas, fue diseñado por el arquitecto Antonio Ricardo Leyva Cervantes, a partir de una solicitud del Ayuntamiento de Puebla. La obra fue realizada por una constructora pública y está dirigida a un conjunto aproximado de 3000 jóvenes.

El terreno tiene una superficie de 3800m² y el área edificada es de 600m² desarrollados en un solo nivel.

Los espacios cubiertos incluyen un vestíbulo de acceso, recepción, baños de visitas, oficinas administrativas, bodegas, salones y talleres. Los espacios descubiertos están conformados por una plaza de acceso, estacionamiento, plazuelas y un huerto.

Dentro de las condicionantes físicas del proyecto se encontraba el hecho de que el terreno era un predio abandonado en donde se habían arrojado distintos desperdicios. Contaba con un sendero peatonal marcado por el

constante uso de los vecinos, el cual se debería integrar al proyecto. Había presencia de árboles que se querían respetar.

Dentro de las condicionantes climatológicas del proyecto se consideró que la región presenta un clima subtropical pero atenuado por la altitud sobre el nivel del mar. Como resultado de esto, raramente hace mucho calor, y se presenta un promedio de solamente tres días con temperaturas superiores a los 29°C. Las temperaturas nocturnas son agradables casi todo el año. Se experimenta una temporada de sequía entre noviembre y abril, mientras que la temporada de lluvia transcurre de mayo a octubre.

En lo que se refiere a la construcción, la cimentación se realizó mediante zapatas corridas de concreto armado y los muros están conformados por montantes de herrería cubiertas con conglomerado de OSB. La estructura se realizó en bambú (*Guadua aculeata*) tanto en

muros como en cubiertas, las cuales se terminaron con tablas de OSB, impermeabilizadas con imperllanta.

Los pavimentos interiores se realizaron con pisos de plástico antiderrapante y los exteriores con concreto escobillado. Los muros se aplanaron y los plafones tienen un acabado fino de imperllanta.

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias son de CPVC. El bambú se compró a diferentes comunidades de la sierra nororiental de Puebla y el resto de los materiales son de casas comerciales de Puebla.

La energía eléctrica es suministrada por el municipio y existe un sistema de tratamiento de aguas servidas y reutilización en tanques de sanitarios.

Las fuentes de abasto de agua provienen de dotación municipal y no se cuenta con ecotecnologías ni dispositivos de control bioclimático.

El proyecto incluye pozos de absorción para infiltrar el agua de lluvia al subsuelo, así como riego a base del efluente del sistema de tratamiento de aguas jabonosas.

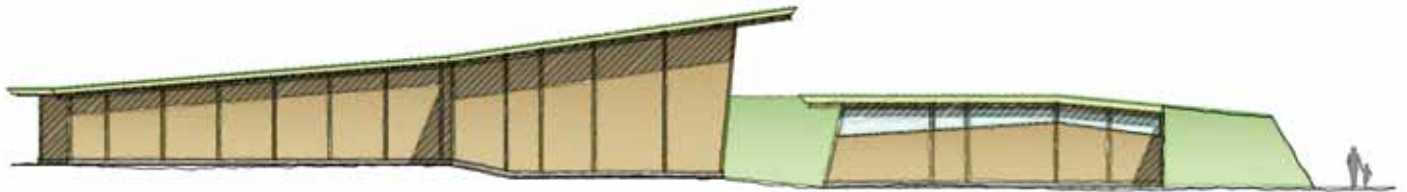
Como proyecto urbano, cabe resaltar que el empleo de bambú como material estructural y la cubierta y paredes forradas de madera compactada con impermeabilizante a base de llanta es una propuesta para modificar la forma de construir en las ciudades.







FACHADA PRINCIPAL



FACHADA SUR-PONIENTE





- 1 ACCESO PRINCIPAL
- 2 RECEPCIÓN
- 3 1/2 BAÑO
- 4 ÁREA DE CAMBIADO
- 5 OFICINA
- 6 CONSULTORIO MÉDICO
- 7 BAÑO PARA CONSULTORIO
- 8 ÁREA DE EXAMINACIÓN
- 9 BODEGA
- 10 COMEDOR
- 11 COCINA
- 12 PATIO DE SERVICIO
- 13 SALÓN DE USOS MÚLTIPLES
- 14 SALÓN 1
- 15 LUDOTECA
- 16 SALÓN 2
- 17 SALÓN 3
- 18 LAVANDERÍA
- 19 BAÑO INTENDENCIA
- 20 BAÑO PROFESORES
- 21 BAÑO PROFESORAS
- 22 SALÓN 4
- 23 ÁREA DE HORTALIZAS
- 24 JARDÍN CENTRAL

PLANTA ARQUITECTÓNICA





SEXTA PARTE

PACAS DE PAJA





“La K-cita” del Proyecto Puente de Paz





LA OBRA está en Puente de Paz, Chalmita, Municipio de Ocuilan, Estado de México. Fue diseñada por la bioarquitecta Lourdes Malvido para ser usada por la familia Malvido-Burgunder y Scherer.

Se pensó como obra-escuela del equipo de “Espacio y Vida” para cinco albañiles permanentes, además de la colaboración de los participantes de varios cursos y tequios. Está prevista para ser habitada por dos adultos, dos hijas jóvenes y visitas.

La superficie total del terreno es de 1.2ha pero el área edificada tiene 80m² habitables y 96m² de terrazas y cobertizos, todo desarrollado en dos niveles. El diseño se trabajó con geometría armónica (se inicia de un pentágono central que se desenvuelve en espiral hasta el octágono). Los espacios cubiertos en planta baja incluyen vestíbulo de acceso, alacena-almacén, sala-comedor, cocina, WC, baño seco, estudio, taller-bodega y taller solar. En la planta

alta se localizan dos recámaras y una sala de meditación.

Los espacios descubiertos incluyen una terraza de acceso, terraza de estar y el resto son áreas de cultivos.

El proyecto se planteó por la asociación “Espacio y Vida” (fundada en Francia en 2002 y con actividades en México desde 2008) como una vivienda demostrativa sustentable.

El terreno tiene una pendiente del 15% y con exceso de vegetación, por lo que se tuvieron que cortar árboles que se utilizaron en la construcción. En las vistas se consideró la presencia al norte de una peña de 50m de altura. Se previó la necesidad de rescatar y optimizar la orientación sur, priorizándose el asoleamiento para la producción de alimentos. El hábitat estuvo menos favorecido en el asoleamiento pero se trabajó con sistemas bioclimáticos. Se considera que la ubicación corresponde a una zona sísmica.

Esta región tiene un clima templado sub-húmedo con lluvias torrenciales en verano de junio a octubre de 1200mm promedio al año y una evaporación de 1545mm/a. Las temperaturas medias van de 10° a 29°C, con mínimas de -4°C y máximas de 38°. El invierno es seco y hay vientos fuertes en verano y primavera.

La cimentación se realizó sobre una plantilla de arena y 5mm de cal en polvo, con piedra braza asentada con mortero de cal/cemento y arena (½ volumen de cal, ½ cemento y 3 volúmenes de arena) y cartón asfáltico sobre el rodapié. Los muros perimetrales son de pacas de paja de arroz, el muro suroeste de baños, en ocoxal-arcilla y los muros interiores de bajareque con botellas.

La estructura principal se desarrolla a base de postes de madera del lugar de 16 a 20cm de diámetro, y una subestructura de bambú old-

hamii local. Las pacas entran a compresión entre la estructura vertical, colaborando a la estabilidad del conjunto. La estructura del techo es una cúpula octagonal de madera. La estructura del entrepiso tiene viguería de cedro blanco en sección de 9x18cm.

El entrepiso es una estructura de vigas de madera de cedro blanco 9x17cm de sección, tabla machimbrada (18mm) asentada sobre fieltro (4mm) como aislante acústico.

La cubierta ajardinada tiene un plafón de esterilla de bambú, con entortado de 4cm de tierra y ocoxal (hubiera sido conveniente colocar papel kraft sobre la esterilla para evitar la caída de polvo). El sistema de impermeabilización incluye fieltro (4mm), geomembrana (0.75mm) y fieltro, un sustrato de 5cm de tepojal con tierra y finalmente 2cm de composta para recibir plantas crasuláceas y sedum (siempre-vivas).





El sistema se confina con pretiles de tablas de madera protegidos por la geomembrana que cubre el techo.

Como sistema de aislamiento de piso se utilizó piedra lavada de la región colocada “parada” y cubierta con grava gruesa y posteriormente con una chapa de cal y arena (1/3). Los pavimentos interiores son de loseta de barro cocido en planta baja y tabla en segundo nivel. El baño seco de ferrocemento tiene un piso pulido de cal/cemento con color. El piso de la regadera es de granzón de río con “cero-fino”, cal y cemento blanco.

Los pavimentos exteriores combinan terracerías de balastro, terrazas con chapa de cal con tepojal, ajardinados con plantas del lugar, escalones labrados en la tierra con retenciones de costera y estacas de encino.

Los muros tienen aplanados interiores de tierra blanca con 2% de cal, en los baños hay azulejo quebrado y los aplanados exteriores son de tierra del lugar e incluyen botellas recicladas.

Se emplearon tubos de PVC para instalaciones sanitarias y de polipropileno (Tuboplus) para las hidráulicas.

La tierra para muros exteriores e interiores fue extraída de los cimientos y la cisterna. La piedra braza, cal y arena se compraron en una casa de materiales de la localidad. Las pacas de paja de arroz fueron compradas y empacadas en el ejido de Chalmita, a 5km de la casa. La tierra de colores para aplanados interiores y exteriores se llevó de 8 y 15km del lugar. Se utilizó cal en piedra del municipio de Malinalco y Oxical traída de Pue-

bla. La estructura incluyó bambú oldhamii y plumoso del rancho vecino (1km) y la madera del terreno se cortó al ritmo solar y lunar. También se aprovechó ocoxal del terreno. Los tratamientos con ácido bórico y sulfato de cobre fueron traídos de la Ciudad de México, a 100km del sitio.

La energía eléctrica se obtiene de paneles solares fotovoltaicos: 2 de 24V (2.5kWh/día) con 4 baterías de 6V y 220Ah, de ciclo profundo, con un regulador de carga y un inversor de 1000W. Se emplean LED y focos ahorradores. Se tiene toda la instalación eléctrica derivada a tierra física. Se emplea gas para cocinar y leña de poda para calentar agua sanitaria.

En cuanto al manejo de residuos sólidos se usa un baño seco, con cuyos desechos se hace composta con una mezcla de leña de poda, aserrín de cedro y encino y tierra. Con los residuos orgánicos de la cocina se hace

composta, mezclándolos con paja y los del terreno. Se realiza la separación de sólidos inorgánicos: papel, cartón, plásticos, metal, vidrio, trapos.

Las aguas servidas se separan en instalaciones de aguas grises, trampa de grasas para baños y lavadora. Hay un biofiltro con plantas macrófilas (caña, papiro, malanga) en el ramal de excedentes que lleva el agua hacia las hortalizas.

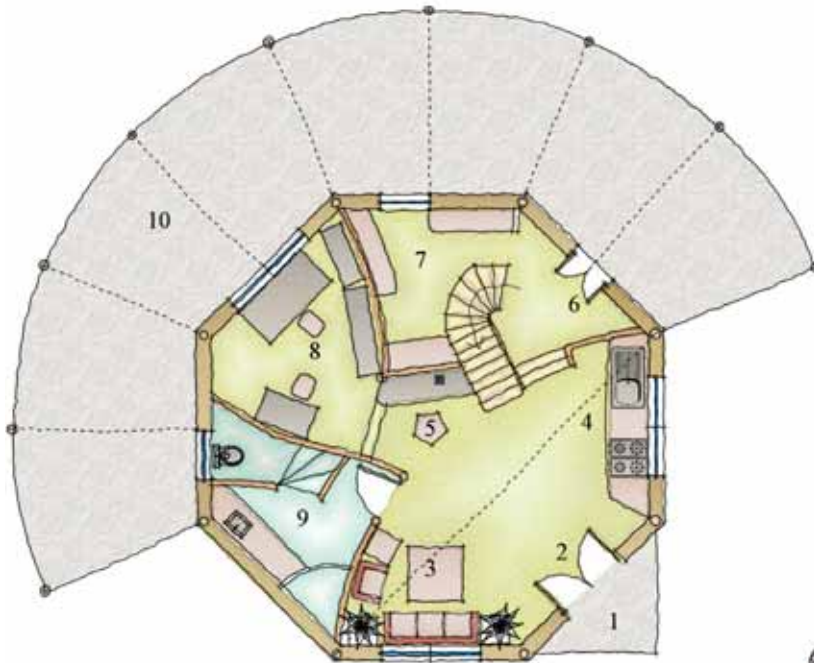
El abasto de agua proviene del apantle en secas (40%) con un filtro de sedimentación de 3 esclusas, que es almacenado en un tinaco de 1100l. También se capta el agua de lluvia de techos (60%) que es filtrada por fieltro y filtros de tepojal en macetas y finalmente es almacenada en una cisterna de 12m³. Se cuenta con una bomba de diafragma de 24V, que consume 40 W/h (12l/min) y conduce el agua a 24m de altura.





Dentro de las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático, el módulo del baño seco al interior de la casa está separado del WC. Para evitar los malos olores del baño seco es mejor el aserrín de maderas resinosas (el de cedro y encino no los evitan). El control de moscas se consigue simplemente manteniendo cerrada la tapa. Se cuenta con una fresquera para verduras y lácteos de agua sanitaria de leña de poda. El empleo de las pacas de paja y techo ajardinado funcionan como aislante térmico en verano e invierno. La regulación de los niveles de humedad relativa se consigue mediante los aplanados de tierra. La estrategia para el verano es la ventilación cruzada. El espacio interior tiene iluminación natural a partir de ventanas y un domo cenital.

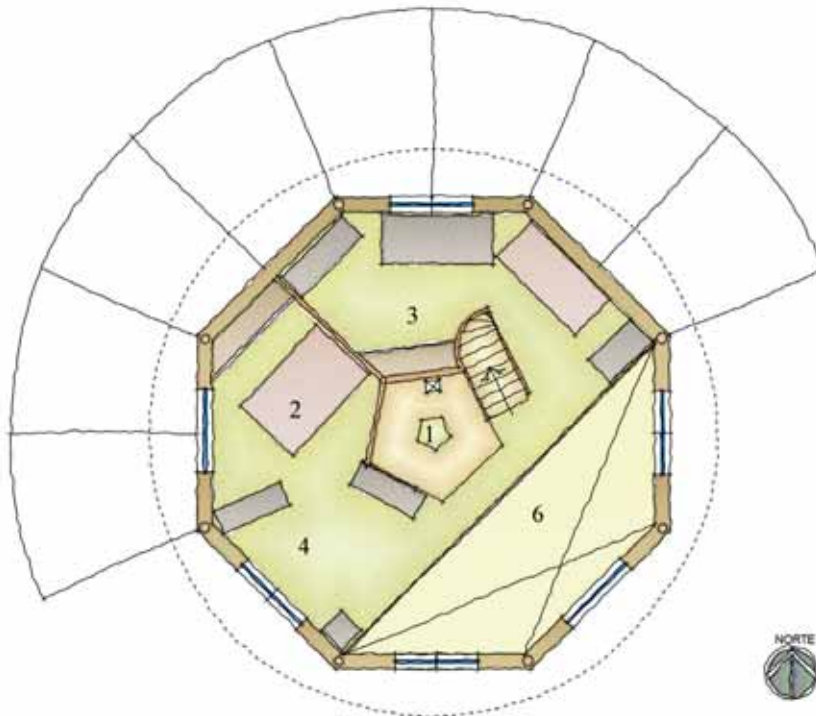
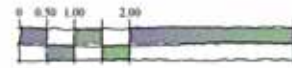




SIMBOLOGÍA

- 1 TERRAZA
- 2 ACCESO
- 3 SALA/COMEDOR
- 4 COCINA
- 5 HOGAR
- 6 VESTIBULO
- 7 ALACENA/ALMACEN
- 8 ESTUDIO
- 9 BAÑO
- 10 PORTICO

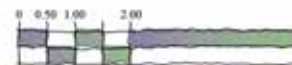
PLANTA BAJA

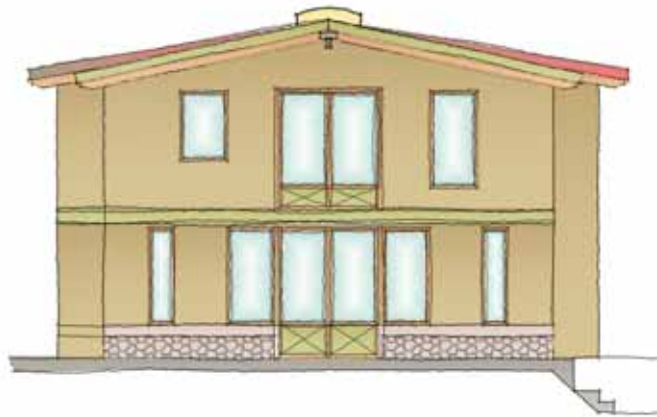


SIMBOLOGÍA

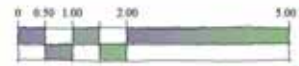
- 1 SALA DE MEDITAR
- 2 RECAMARA 1
- 3 RECAMARA 2
- 4 LIVING
- 5 SOLARIUM
- 6 VACIO

PLANTA ALTA

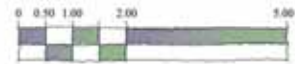




FACHADA NORTE



FACHADA SUR





Casa del amate





ESTA OBRA se localiza en el Rancho Ecológico El Amate, San Ambrosio, Chalmita, Municipio de Ocuilan, Estado de México. Fue diseñada por la bioarquitecta Lourdes Malvido para ser usada por la familia Núñez. La obra se ejecutó por un equipo de albañiles que fue formado dentro de la asociación “Espacio y Vida”.

La casa se pensó para ser ocupada por dos adultos, dos niños y con la posibilidad de albergar dos adultos más. El terreno tiene una superficie de 1545m² y el área edificada es de 175m² desarrollados en dos niveles.

El diseño se trabajó con geometría armónica. Los espacios cubiertos incluyen en planta baja un vestíbulo de acceso, baño de visitas con WC y baño seco, alacena, cocina, comedor, sala, espacio chimenea y terrazas. La planta alta cuenta con dos recámaras, módulo de baño seco con lavabo y regadera, corredor y balcón. Los espacios descubiertos se utilizan como estacionamiento para dos autos, terraza pergolada y jardín.

Dentro de las condicionantes físicas del proyecto está el hecho de que el terreno tiene una pendiente del 15%, la presencia de un gran amate al norte, una valla de bambúes al sur y de una peña de 100m al este. Asimismo se buscaba optimizar la orientación hacia el sur y se priorizó el asoleamiento para las áreas comunes. El hábitat se trabajó con sistemas bioclimáticos. La región está en una zona sísmica.

El clima es templado subhúmedo con lluvias torrenciales de junio a octubre con 1200mm en promedio al año y una evaporación de 1545mm. Las temperaturas medias van de los 10 a 29°C, con mínimas de -4°C y máximas hasta de 38°C. El invierno es seco. Se presentan vientos fuertes en primavera y verano.

La cimentación se realizó sobre una plantilla de arena y 5mm de cal en polvo, con piedra braza asentada con mortero de cal/cemento y arena (½ volumen de cal, ½ cemento y 3 volúmenes de arena) y cartón asfáltico sobre el rodapié. Los muros perimetrales son de pa-

cas de paja de arroz, el muro sur de baños en pajarcilla y los muros interiores de bajareque con botellas. La estructura principal se desarrolla a base de postes de madera y una subestructura de bambú *oldhamii* del lugar.

El entrepiso es de estructura de vigas de madera de oyamel, de 9x17cm de sección, tabla (18mm) machimbrada asentada sobre fieltro (4mm) como aislante acústico.

El techo se diseñó como cubierta ajardinada que parte de un plafón de tabla traslapada sobre la que se coloca un sistema de impermeabilización que incluye fieltro (4mm), geomembrana (0.75mm), sustrato de tepojal (5cm) y tierra con 10% de composta (2cm) para recibir plantas crasuláceas y sedums (siemprevivas). El sistema se confinó mediante pretiles de tablas de madera que son cubiertos por la geomembrana.

Como sistema de aislamiento de piso se utilizó piedra lavada de la región colocada “parada” y cubierta con grava gruesa y posteriormente con una chapa de cal y arena (1/3). Los pavimentos interiores son de loseta de barro cocido y tabla de pino en planta baja y tabla traslapada de pino en el segundo nivel. Los pavimentos exteriores combinan zonas con terrazas de chapa de cal con tepojal y espacios ajardinados con plantas del lugar.

Los muros están aplanados en su cara interior con tierra blanca y 5% de cal. En baños se utilizó azulejo y azulejo quebrado. Los aplanados exteriores son de tierra del lugar, botellas





recicladas y detalles decorativos hechos mediante la impresión de hojas. Se emplearon tubos de PVC para instalaciones sanitarias y de polipropileno (Tuboplus) para las hidráulicas.

Para los muros exteriores e interiores se empleó la tierra extraída de cimientos y cisterna. La piedra braza, cal y arena fue comprada en una casa de materiales de la localidad. Las pacas de paja de arroz fueron compradas y empacadas en el ejido de Chalmita, a 5km.

La tierra blanca y rosa de los aplanados interiores y exteriores se extrajo a 8 y 15km del lugar. La madera de la estructura proviene de Michoacán. El bambú oldhamii y plumoso, del Rancho El Amate. Se cortaron dos árboles en el terreno al ritmo solar y lunar y la madera se usó para muebles y andamios. Los tratamientos con ácido bórico y sulfato de cobre fueron traídos de la Ciudad de México a 100km del sitio.

La energía eléctrica se obtiene de paneles solares fotovoltaicos: 4 de 24V (4.5kWh/día) con 8 baterías de 6V y 220Ah de ciclo profundo con un regulador de carga y un inversor de 1500W. Se emplean lámparas LED y focos ahorradores. Se tiene toda la instalación eléctrica derivada a tierra física. Se emplea gas para cocinar y calentar agua sanitaria.

En cuanto al manejo de residuos sólidos se usa un baño seco, con cuyos desechos se hace composta con una mezcla de leña de poda, aserrín de cedro y encino y tierra. Con los residuos orgánicos de la cocina se hace composta mezclando con los del terreno.

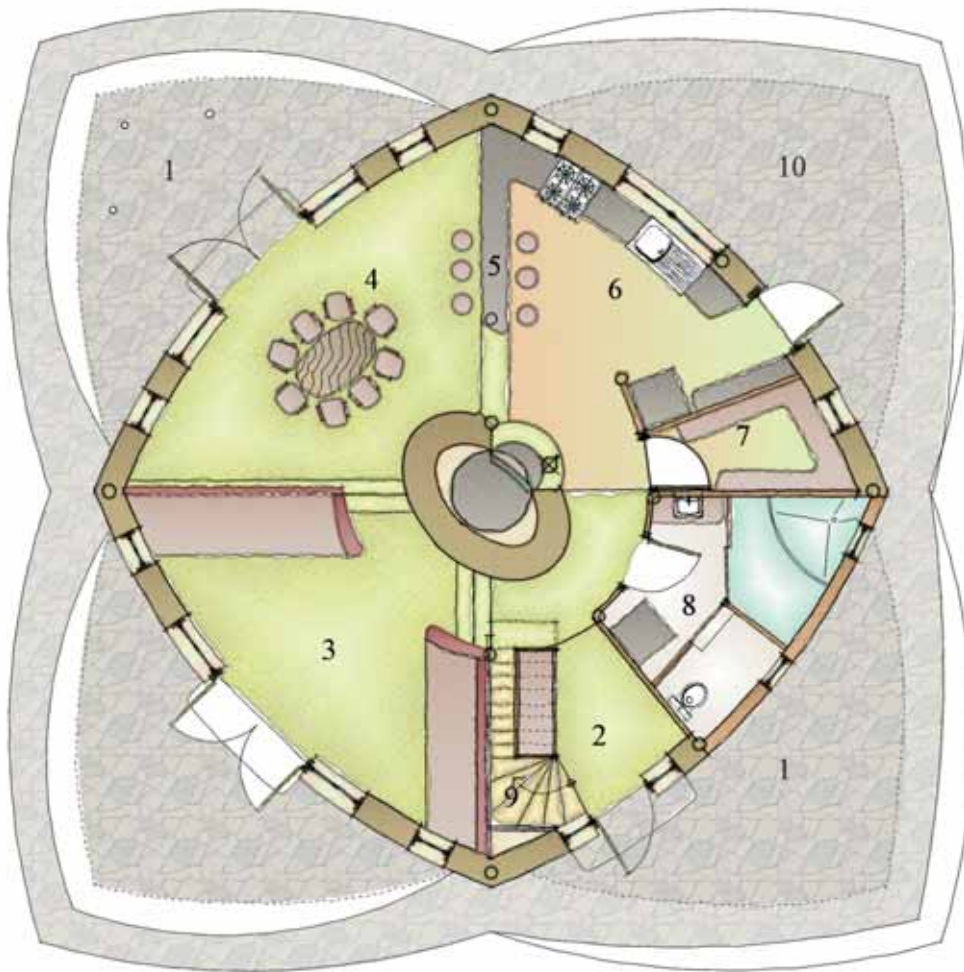
Las aguas servidas se separan en instalaciones de aguas grises, trampa de grasas para baños, cocina y lavadora. Hay un biofiltro en el ramal de excedentes que lleva el agua hacia frutales.



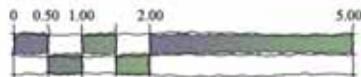
El abasto de agua proviene de manantial en secas (60%) y es almacenada en un tinaco de 1100l. Además, se capta agua de lluvia de techos (40%) que es filtrada por el fieltro, almacenada en una cisterna de 12m³ y posteriormente transportada a 24m de altura mediante una bomba de diafragma de 110V, que consume 40 W/h.

En lo que se refiere a las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático el módulo de baño seco al interior de la casa está separado del WC. El empleo de las pacas de paja y techo ajardinado funcionan como aislante térmico en verano e invierno. La regulación de los niveles de humedad relativa se consigue mediante los aplanados de tierra. La estrategia para el verano es la ventilación corrida. El espacio interior tiene iluminación natural a partir de un domo cenital.

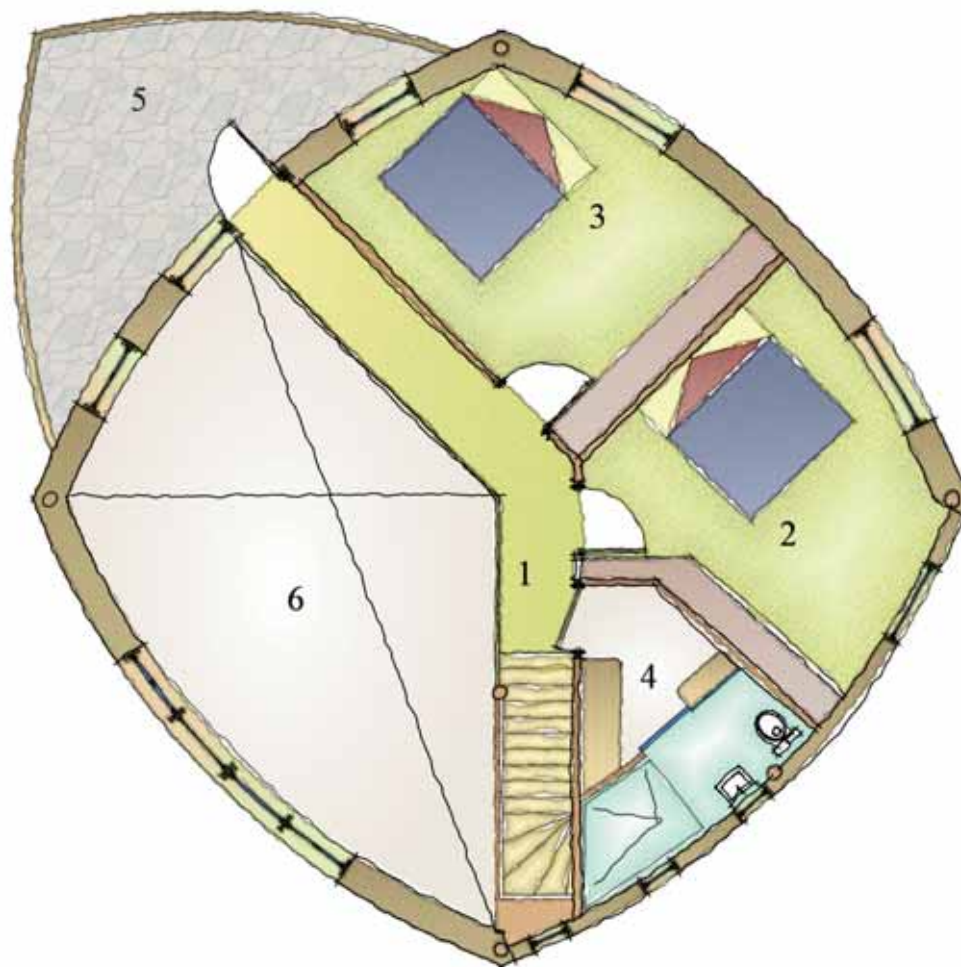




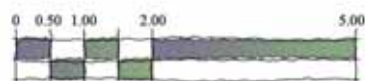
PLANTA BAJA



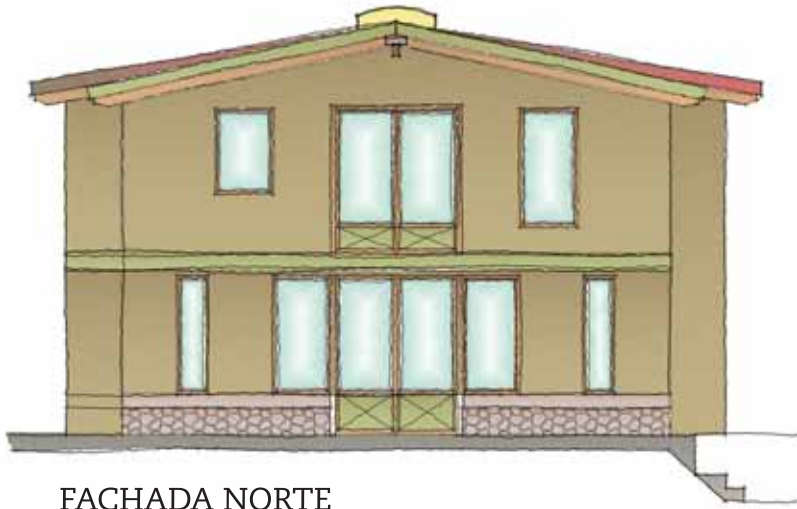
- 1 ACCESO
- 2 VESTIBULO
- 3 ESTANCIA
- 4 COMEDOR
- 5 DESAYUNADOR
- 6 COCINA
- 7 ALACENA
- 8 BAÑO Y LAVADO
- 9 ESCALERA
- 10 TALLER



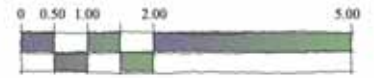
PLANTA ALTA



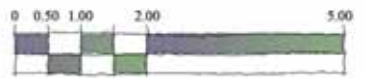
- 1 VESTIBULO/PASILLO
- 2 RECAMARA 1
- 3 RECAMARA 2
- 4 BAÑO COMPLETO
- 5 TERRAZA
- 6 VACIO/DOBLE ALTURA



FACHADA NORTE



FACHADA SUR





Casa Álamos I





ESTE INMUEBLE se localiza en la población de Muñoz de Domingo Arenas, en el estado de Tlaxcala y fue diseñado por Alejandra Caballero Cervantes como casa de vacaciones para una familia formada por seis miembros: los papás y cuatro hijos.

Se trata de una obra singular porque surgió de la solicitud de adecuación de una estructura preexistente realizada con materiales industrializados convencionales que conformaban un espacio destinado a bodega. Este hecho determinó fuertemente el proyecto, debido a que la envolvente ya estaba edificada a partir de una geometría regular y modulada. Pero, a pesar de ello, el empleo de materiales de origen natural no sólo generó espacios más confortables sino que cambió totalmente su imagen.

Las condiciones climáticas de la región se consideran templadas subhúmedas, con lluvias en verano y sin cambio térmico invernal

bien definido. La temperatura media anual es de 22.6°C, con una máxima 23.3°C en el mes de mayo y una mínima en febrero en torno a los 4.7°C. La precipitación pluvial es media de 156.5mm y los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre. Esto permitió que los techos no tuvieran que ser modificados y se quedaron con un perfil sensiblemente plano.

La superficie edificada es bastante generosa, al ocupar 350m² desarrollados en dos niveles. La planta baja tiene un amplio vestíbulo que articula la sala, un estudio, medio baño y el comedor. Luego está la cocina y, anexo, el cuarto de lavado.

En la planta alta hay tres recámaras, sala de estar y televisión, así como una terraza.

La obra la realizó un equipo de trabajadores de la construcción de la región. La cimentación de concreto y la estructura portante original, realizada con perfiles metálicos en columnas y vigas, se aprovecharon por com-

pleto, pero se unieron a muros divisorios y de carga realizados con pacas de paja.

En estos muros integrados se empleó, para la cimentación, piedra braza asentada con mortero de cal y arena en dosificación 1:5. Se incorporaron también diversos detalles de vitrales con la técnica de pajareque combinado con botellas de vidrio recicladas.

El entrepiso se construyó con pajarcilla soportada por vigas de madera y en el techo también se mantuvo el sistema existente de láminas soportadas mediante vigas de acero.

Para los pisos interiores se incorporaron losetas de barro, piedra laja, piso de tierra y duelas de madera. En los espacios exteriores que rodean a la casa se mantuvieron espacios ajardinados con césped, pero se integraron andadores perimetrales recubiertos con piedra laja.

Los muros de pacas de paja se recubrieron con aplanados pulidos a base de cal y arena, terminados con pintura a la cal mezclada con baba de nopal, paja molida y barro en color natural. Se utilizaron colores ocres claros con acabado veteado y detalles al fresco en color rojo y amarillo. En todos los muros se emplearon pinturas naturales. En el caso de la cocina se integró una barra con recubrimiento de azulejos tipo talavera., material que también se utilizó para efectuar lambrines en el área de regaderas del baño completo.





Con el fin de minimizar la huella ecológica de la obra se emplearon materiales de construcción de procedencia cercana. Las pacas de paja fueron compradas a agricultores de la zona. Piedra braza, cal y arena fueron adquiridas en una casa de materiales de la localidad. La tierra para los revoques, pisos y acabados fue extraída de la excavación de la fuente y la cimentación.

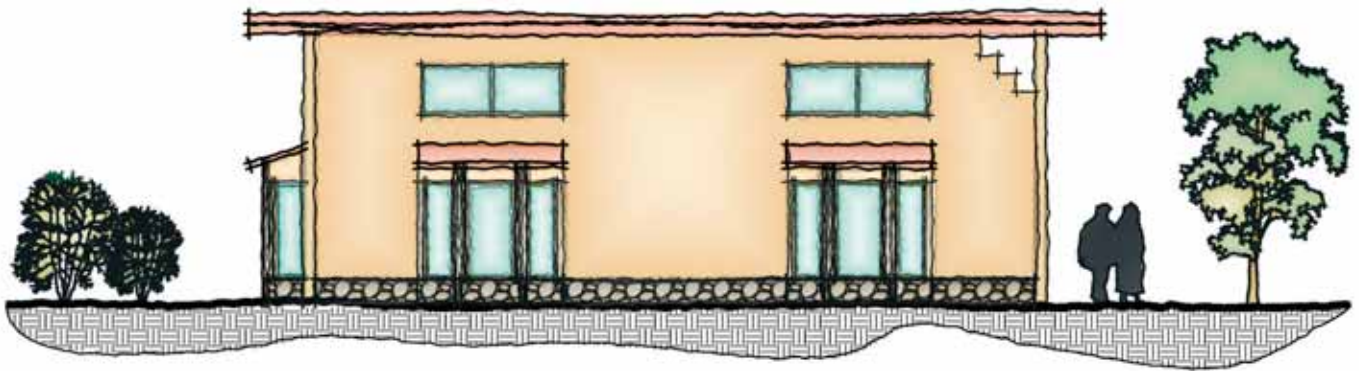
Para las instalaciones hidráulicas se usó tubería de polipropileno y la fuente de abastecimiento es la red municipal. La energía eléctrica que se consume es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se utilizan focos LED.

En el caso de las aguas servidas, se cuenta con una separación de desechos a partir del empleo de tubería de polipropileno para instalaciones sanitarias. Las aguas negras se conducen a un sistema de tratamiento basado en un biodigestor, mientras que las aguas grises pasan por una trampa de grasas, fosa de descarga y biofiltros hasta una fosa de excedentes.

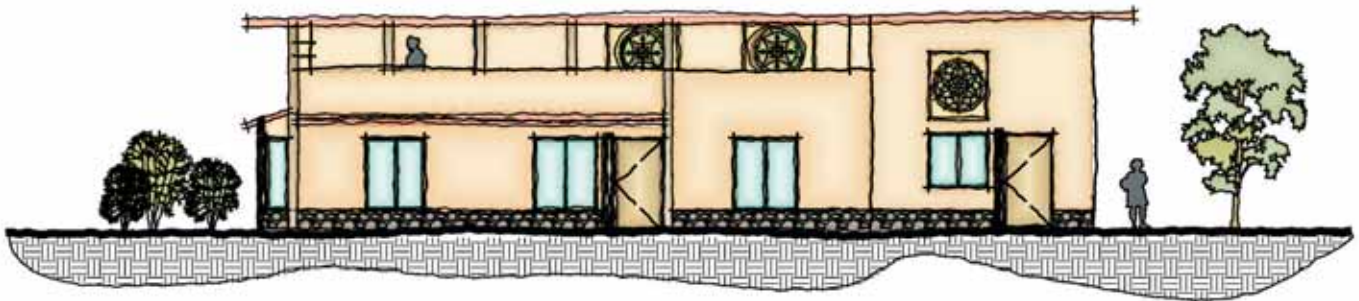
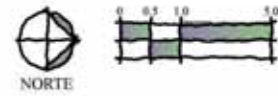
Para la basura, se diseñó un sistema de separación para permitir el compostaje de los residuos orgánicos.

En los aspectos referentes a las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático se cuenta con un calentador solar para el agua, regaderas ecológicas y WC de bajo consumo.





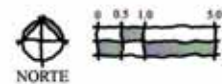
FACHADA ESTE

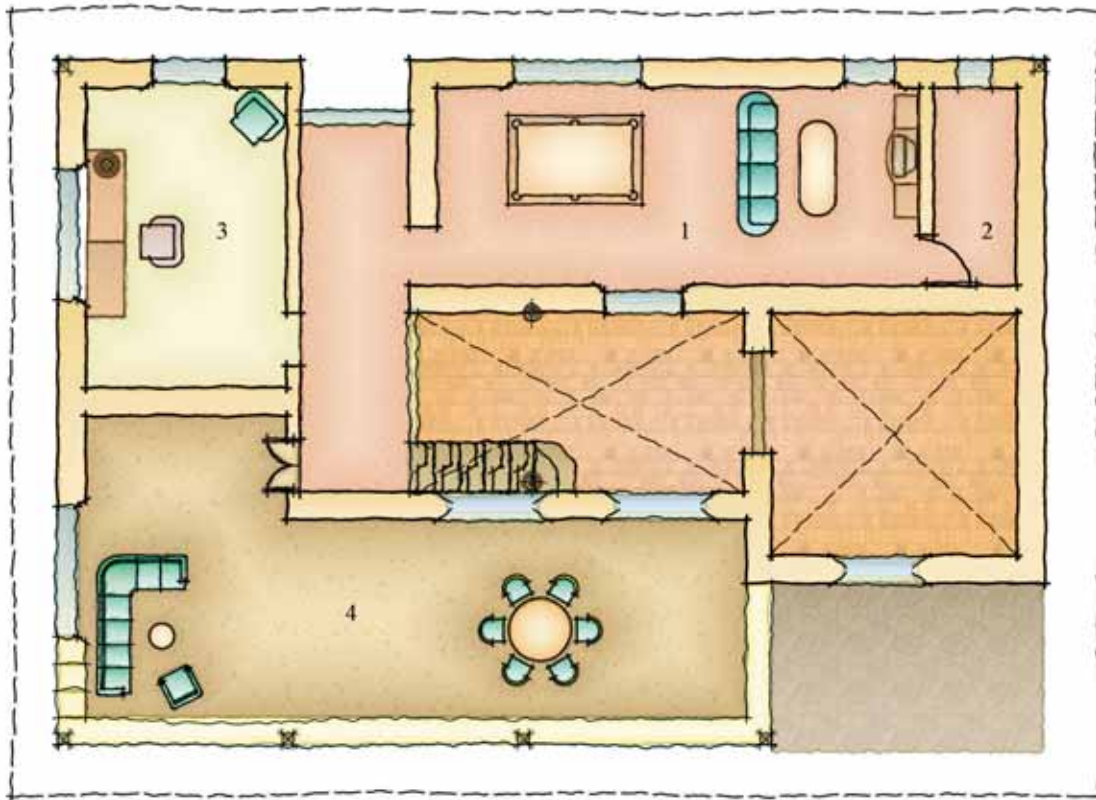


FACHADA NORTE



FACHADA SUR

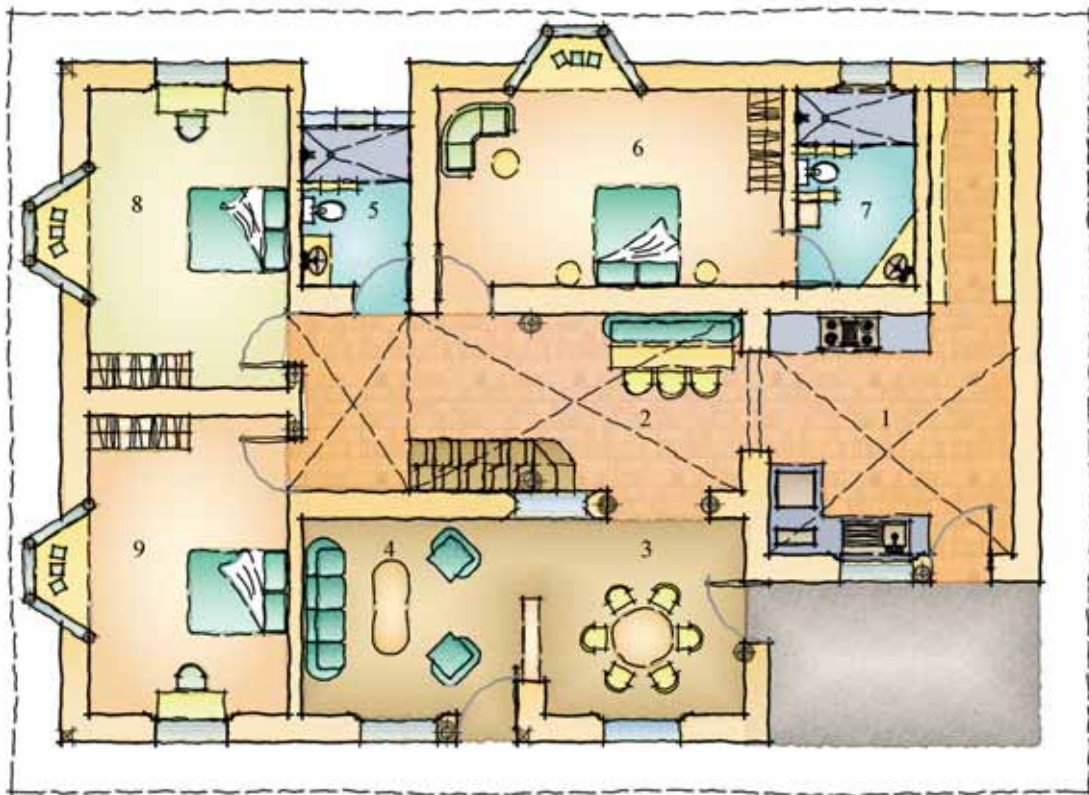




- 1 SALA DE TV
- 2 BODEGA
- 3 OFICINA
- 4 TERRAZA

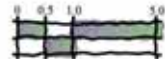
PLANTA ARQUITECTÓNICA





- 1 COCINA/ALACENA
- 2 DESAYUNADOR
- 3 COMEDOR
- 4 SALA
- 5 BAÑO
- 6 HABITACIÓN PRICIPAL
- 7 BAÑO PRINCIPAL
- 8 HABITACIÓN 1
- 9 HABITACIÓN 2

PLANTA ARQUITECTÓNICA





Casa Álamos II



EL CONJUNTO está ubicado en la población de Muñoz de Domingo Arenas, en el estado de Tlaxcala. Se caracteriza por tener un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 22.6°C, con una máxima 23.3°C en el mes de mayo y una mínima en febrero en torno a los 5°C.

La precipitación pluvial no es demasiado elevada. Alejandra Caballero Cervantes, autora del proyecto, optó por diseñar la casa con cubiertas inclinadas en sistemas a dos vertientes, que además permitieran lograr la captación de lluvia al 100%.

La casa conforma un volumen compacto de 250m² de superficie edificada, con todas las fachadas alejadas de las colindancias. Tiene dos niveles y fue prevista para cinco ocupantes que son los papás y tres hijos.

El eje de composición de la planta de la casa es un volumen cilíndrico destinado a escalera que sirve como remate visual del acceso prin-

cipal y en torno al cual se desarrolla un vestíbulo y corredor perimetral. Este componente comunica en planta baja el comedor, la sala, un baño completo, dos recámaras –una de las cuales tiene otro baño completo– y la cocina, conectada con un cuarto de lavado y alacena.

Por la escalera central se accede al segundo nivel en el que, a manera de ático, se genera un espacio de planta libre que incluye una zona de biblioteca, espacio para la televisión y estudio, y junto se encuentra una tercera recámara.

La obra la realizó capacitando a un equipo de trabajadores de la construcción de la región. La cimentación es de piedra braza asentada con mortero de cal y arena en dosificación 1:5 y la estructura portante es de pacas de paja como muros de carga con cadenas, morillos y vigas de madera.

Se incorporaron también diversos detalles de vitrales con la técnica de pajareque combinado con botellas de vidrio recicladas.

El entrespiso se construyó con pajarcilla soportada por postes de teléfono reusados y el techo es ligero con una estructura también de morillos, triplay, pajarcilla como relleno, cartón asfaltado y lámina galvanizada tipo teja.

Los pavimentos interiores combinan losetas de barro, pisos de tierra, OSB y tablas de madera. Los pavimentos exteriores tienen andadores perimetrales de tezontle rojo aplicado como material suelto y césped en las áreas ajardinadas.

Los muros de pacas de paja se recubrieron previamente con una capa de barro y paja para luego poner aplanados pulidos a base de cal y arena, terminados con pintura a la cal mezclada con baba de nopal o paja molida con barro en color natural. Se utilizaron colores ocres claros con acabado vetado y detalles al

fresco en colores rojo y amarillo. En todos los muros se emplearon pinturas naturales.

En el caso de la cocina se integró una barra con recubrimiento de azulejos tipo talavera, material que también se utilizó para efectuar lambrines en el área de regaderas de los baños.

Se usaron materiales de construcción de procedencia local. Las pacas de paja fueron compradas a agricultores de la zona. La piedra braza, cal y arena fueron adquiridas en una casa de materiales de la localidad. La tierra para los revoques, pisos y acabados fue extraída de la excavación de la fuente y la cimentación.

Para las instalaciones hidráulicas se usó tubería de polipropileno y la fuente de abastecimiento se deriva de la recuperación pluvial. La energía eléctrica es suministrada por





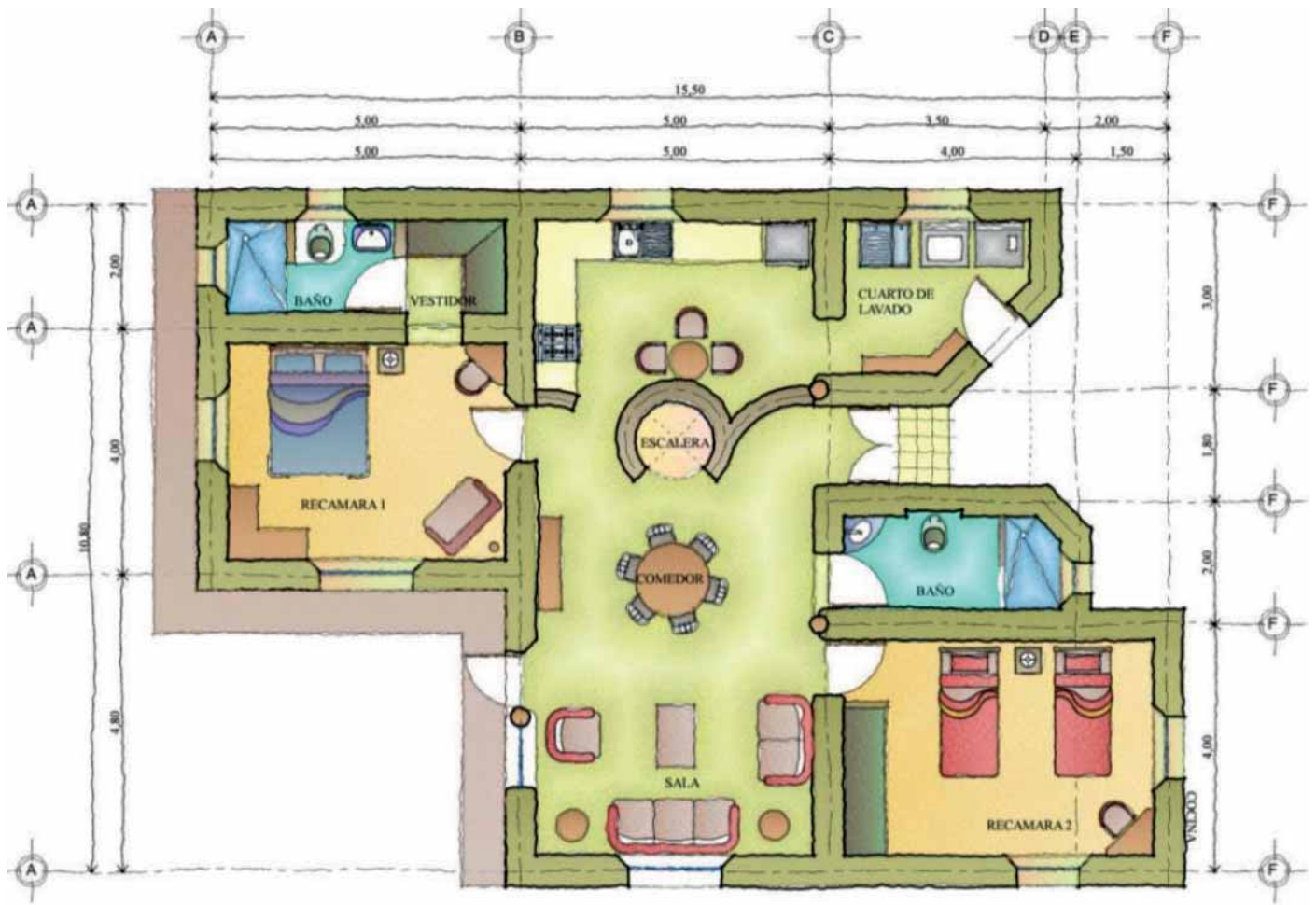
la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se utilizan focos LED.

Para las instalaciones sanitarias se cuenta con una separación de aguas servidas a partir del empleo de tubería de polipropileno. Las aguas negras se conducen a un sistema de tratamiento basado en un biodigestor, mientras que las aguas grises pasan por una trampa de grasas, fosa de descarga y biofiltros, hasta una fosa de excedentes.

En el caso de la basura se consideró un sistema de separación que permita el compostaje de los residuos orgánicos.

Como ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático adicional se cuenta con un calentador solar y calentadores de leña para el agua y regaderas ecológicas. El mayor ahorro de agua se da a través de los sanitarios ecológicos secos. Estos son de depósito y lo colectado se composta al exterior.

Y como otras consideraciones que fueron tomadas en cuenta para disminuir la huella ecológica de la obra, es importante destacar que la compra de madera local cuenta con el sello de SFC que otorga el Consejo para la Silvicultura Sostenible.



PLANTA BAJA





PLANTA ALTA



Casa Enrique Morales





ESTA VIVIENDA familiar se construyó en el poblado de Tlaxco, en el estado de Tlaxcala. La región en la que está emplazada tiene un clima templado subhúmedo, con presencia predominante de lluvias entre junio y septiembre. Los meses más calurosos del año son marzo, abril y mayo, aunque la temperatura rara vez supera los 26°C.

La casa fue diseñada por Alejandra Cabañero Cervantes pensando en ser habitada solamente por una persona, el señor Enrique Morales. La obra la realizó un equipo de trabajadores de la construcción de la propia localidad.

La casa tiene dos niveles y el diseño de la cubierta inclinada a dos vertientes resuelve las condicionantes pluviales y genera espacios interiores confortables. La planta arquitectónica es compacta y ocupa una superficie edificada de 245m² que incluye en la planta baja la sala, el comedor, medio baño, la coci-

na, cuarto de lavado y una recámara con baño completo que incluye un jacuzzi cubierto por un techo tipo invernadero. En el segundo nivel se localiza otra recámara, así como una sala de lectura y televisión.

El acceso a la vivienda se desarrolla a través de una terraza pergolada que mira al sur y que, además de servir como espacio de transición, tiene un área libre rematada por un asador. En las zonas exteriores que rodean la vivienda se mantuvo la vegetación nativa y se incorporaron algunos andadores, un área de fogata y una fuente.

Se procuró que la mayor parte de los materiales constructivos fueran originarios de la propia región, a fin de disminuir la huella ecológica de la edificación. La cimentación se hizo con piedra braza asentada con un mortero de cal y arena en una dosificación de 1 a 5.

Entre los valores más destacables de la obra se encuentra el diseño de sus muros de carga,

pues todos se realizaron con pacas de paja y contrafuertes de apoyo. También tiene un elemento central de cob que, además de tener una función estructural, es el elemento donde se desarrolla la escalera. Algunas áreas de muros se complementaron mediante detalles de vitrales hechos con la técnica de pajareque y botellas recicladas de vidrio. Igualmente existen muros interiores de cob.

La estructura del entrepiso se efectuó con la técnica de pajarcilla, también con estructura portante de madera y con un acabado final de duelas. El techo de triplay sirve como “cimbra perdida” para un relleno de pajarcilla que queda protegida del exterior con lámina de aceite y lámina galvanizada tipo teja.

Los acabados de los pisos interiores combinan el uso de losetas de barro en la cocina, losetas de cantera en la sala y el comedor, piso cerámico, pisos de tierra y terrazos. Los pavimentos exteriores tienen piedra laja en los andadores y espacios ajardinados con césped.

Los muros están recubiertos en el interior con aplanados de cal-arena, pulidos y terminados con pintura a la cal mezclada con baba de nopal, paja molida con barro en color natural, acabado bruñido en color rojo, amarillo y color mamey.

Los terminados de muros en el baño completo tienen lambrín de azulejo en el área de regadera y tina y el resto mantiene el acabado de cal-arena del resto de los interiores.





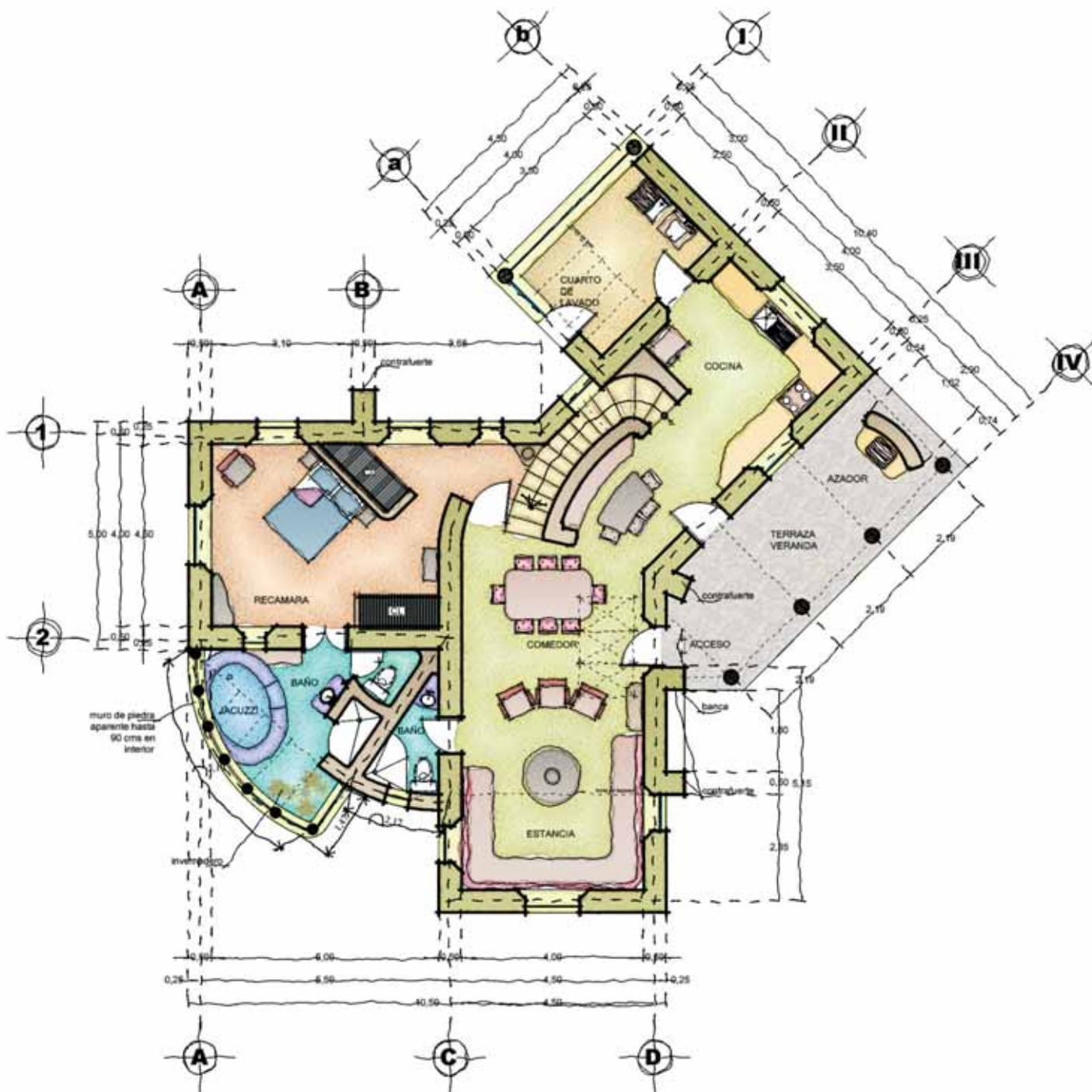
Con respecto al lugar de procedencia de los materiales de construcción, es importante recalcar que las pacas de paja fueron compradas a agricultores de Tlaxco. La piedra braza, cal y arena se adquirieron en una casa de materiales de la localidad. La tierra para los revoques, pisos y acabados fue extraída de la excavación de la fuente y la cimentación.

Para la instalación hidráulica se empleó tubería de polipropileno y se encuentra conectada a la red municipal de la localidad. La energía eléctrica que se consume es la suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se incorporaron focos LED en los baños.

En las instalaciones sanitarias se empleó también tubería de polipropileno para las aguas negras que conducen al sistema de tratamiento que utiliza un biodigestor. Existe una instalación separada para el desalojo de aguas grises que conducen a una trampa de grasas, luego a una fosa de descarga, biofiltros y fosa de excedentes. Se previó también la separación de la basura para el compostaje de residuos orgánicos.

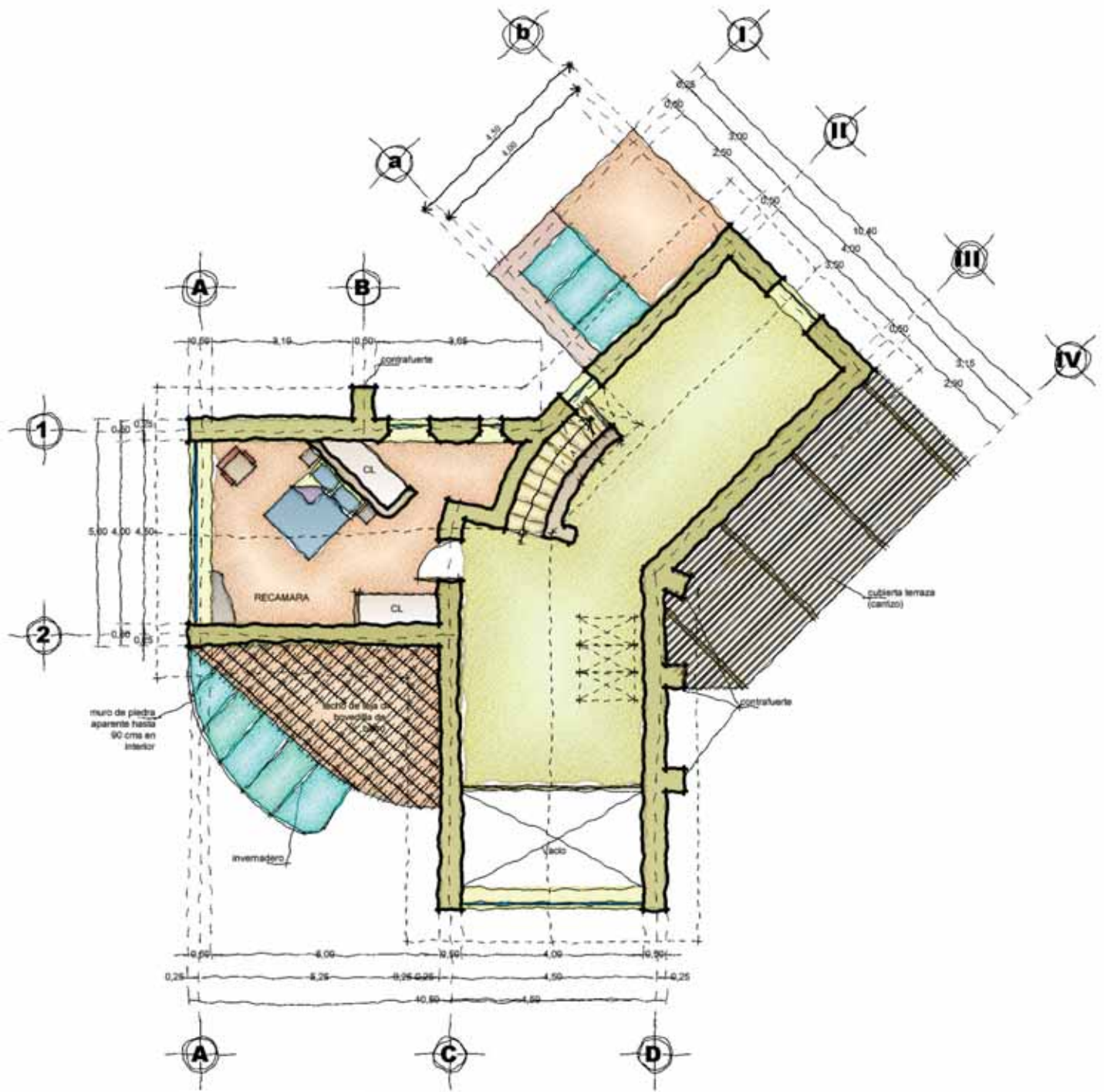
Entre las ecotecnologías, estrategias y dispositivos de control bioclimático destaca el uso de un calentador solar para el agua, el uso de WC de bajo consumo y el diseño de las ventanas orientadas estratégicamente.





PLANTA BAJA



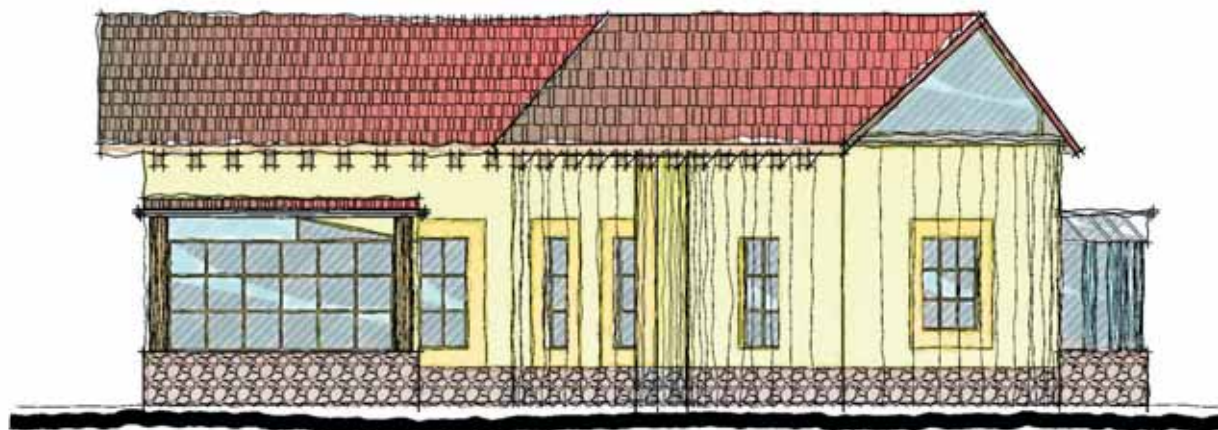


PLANTA ALTA





FACHADA SURESTE

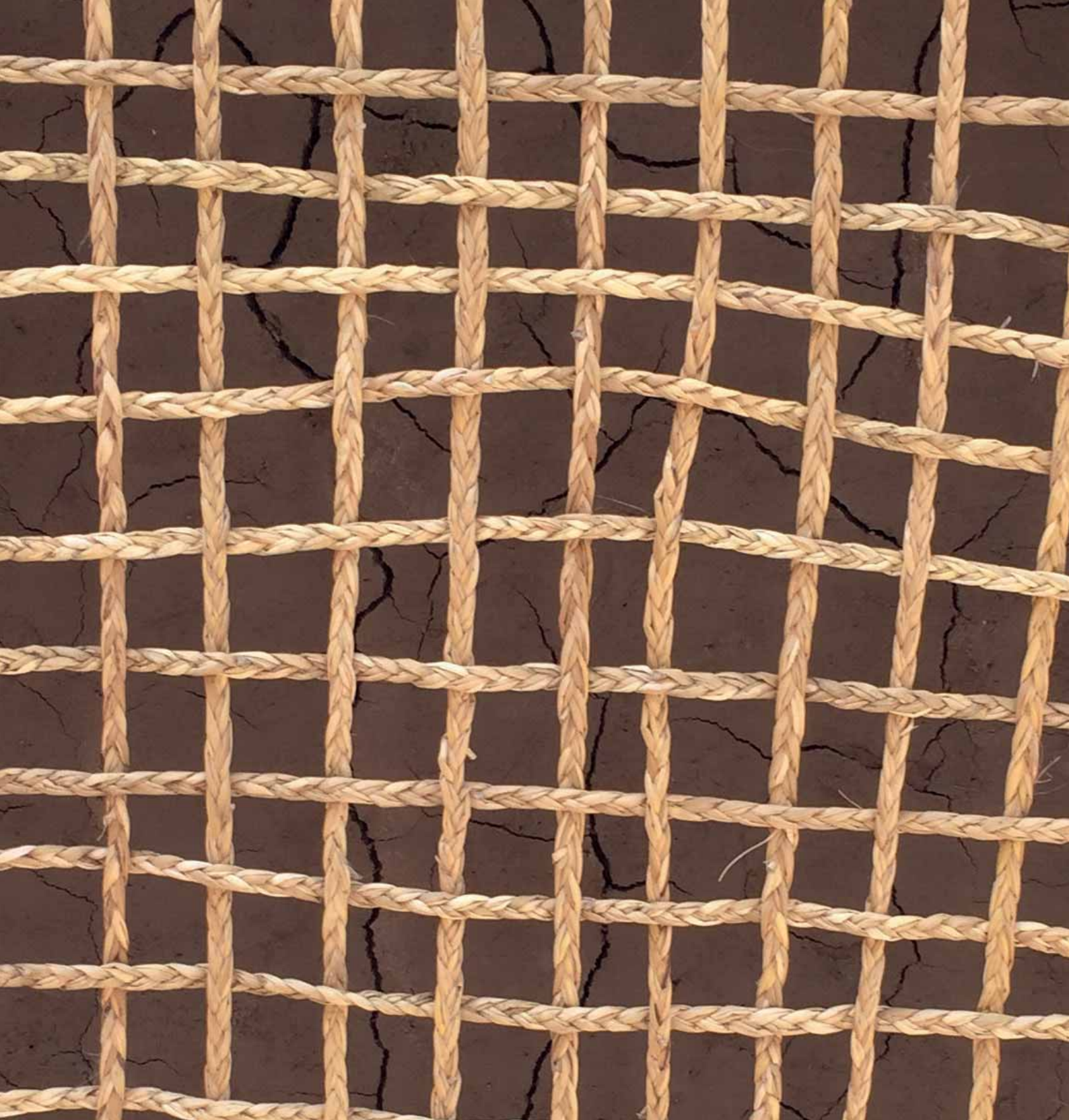


FACHADA PONIENTE



SÉPTIMA PARTE

BIOCONSTRUCCIONES MIXTAS





Granja Orgánica Tequío





EL CONJUNTO está ubicado en Camino a Tenex-tepec 1902, Atlixco, Puebla, México y fue diseñado por Federico H. Barceló Aspeitia para ser usado por dos adultos, Don Adrián y su esposa Doña Sofía, que son los encargados de la granja. La obra la ejecutaron Reyes Romero y cuatro albañiles.

La granja se desarrolla en un terreno de una hectárea pero la superficie edificada es de 31m² en un solo nivel.

El clima de la región es cálido subhúmedo con una temperatura media que oscila entre 18 y 22°C, con una precipitación anual de 819mm.

Los espacios cubiertos corresponden a dos recámaras, cocineta, baño completo y espacio de estar, mientras que los descubiertos son un huerto, área de lavado y calentador solar y una extensa área libre.

Se colocó la casa cerca del acceso general a la granja y a las hortalizas. El terreno tiene





una pendiente mínima y un desnivel intermedio cerca del cual se emplazó la construcción.

La cimentación y los muros se conformaron de manera continua con sacos rellenos de tierra arcillosa y cal.

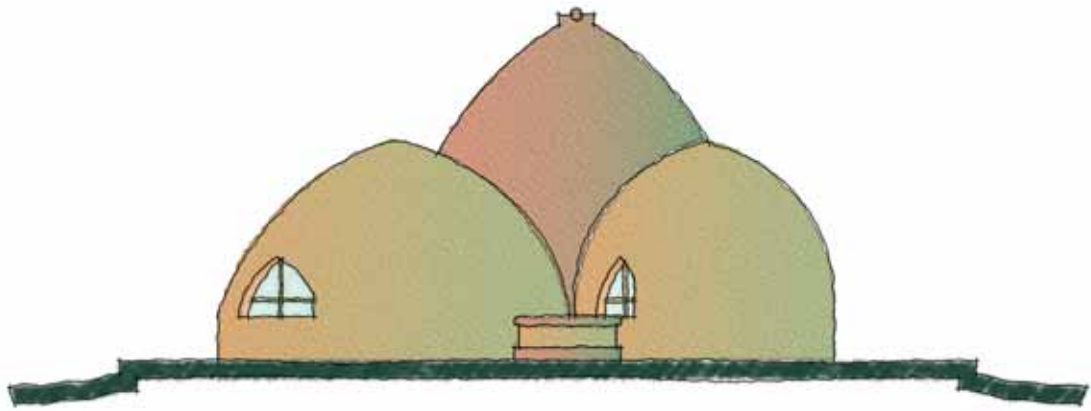
Los pavimentos interiores son de loseta de barro y los exteriores tienen andadores de laja de piedra insertos en el césped.

Los acabados al exterior tienen aplanados finos de cal y arena sobre revoques de barro. Finalmente fueron pintados con cal y baba de nopal. Al interior, los muros se recubrieron con paja picada y aplanado fino de cal y arena, también con pintura de cal y baba de nopal. En el baño y cocineta se recubrieron con azulejos de barro tipo talavera.

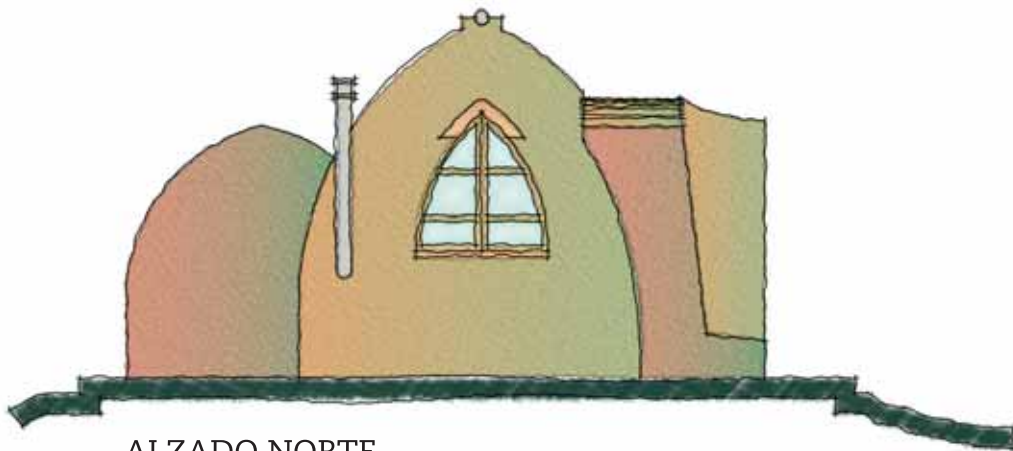
La tierra arcillosa se extrajo del propio sitio, mientras que la cal y arena fueron compradas en una casa de materiales de la localidad. Las instalaciones sanitarias se hicieron con tubos de PVC y las hidráulicas de Tuboplus.



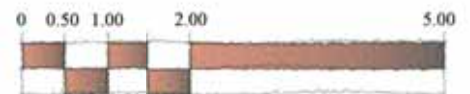
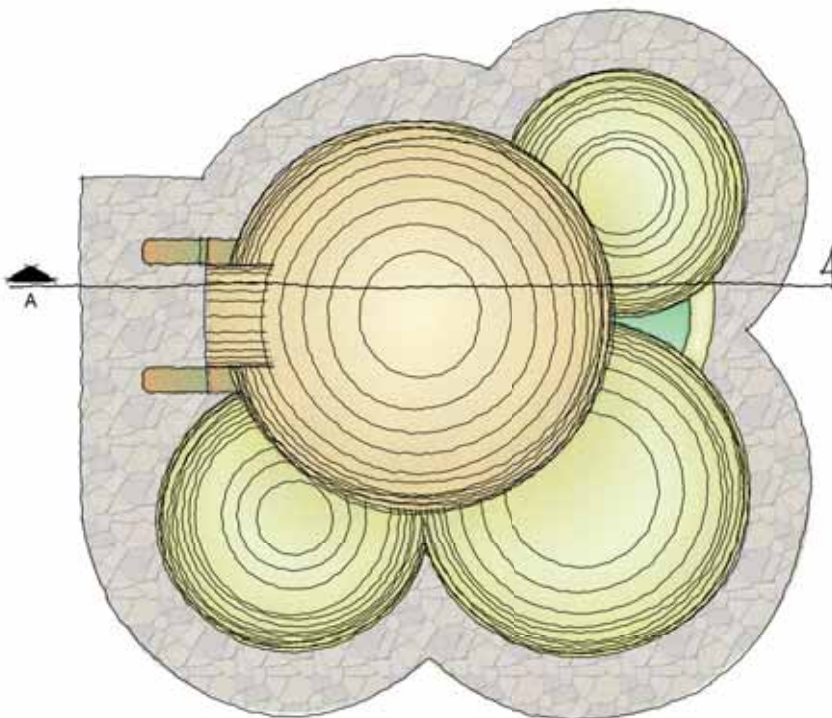
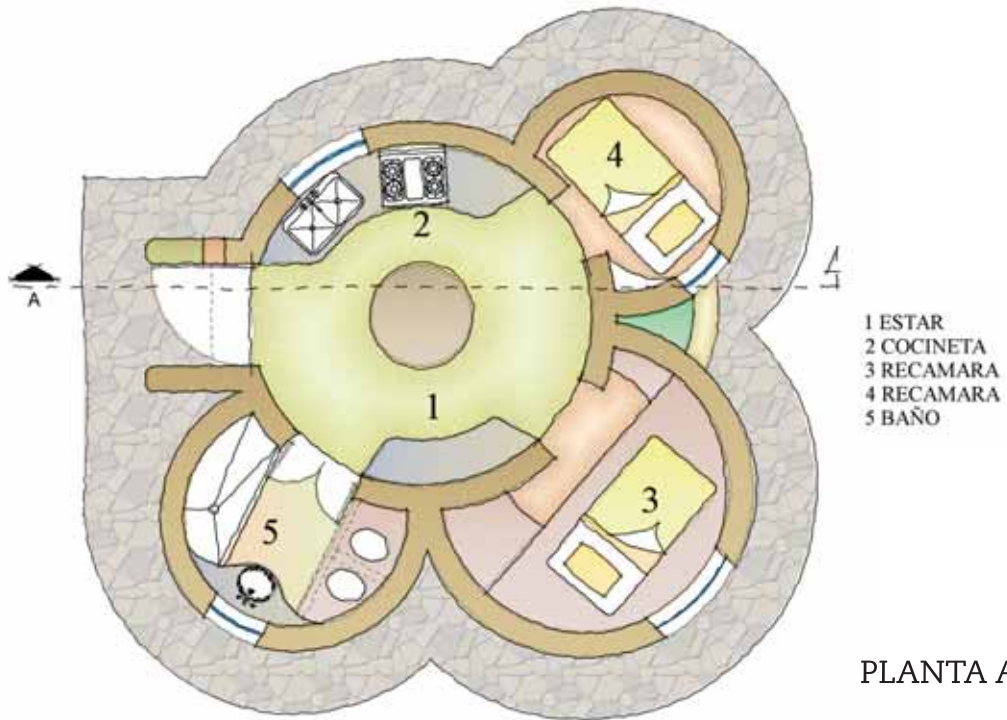




ALZADO NORESTE



ALZADO NORTE





Cafetería Yagua Orgánico



EL CONJUNTO está en la Avenida Esteban de Antuñano 1423, Colonia La Ahogada, Puebla en donde el clima regional se considera templado húmedo y con lluvias en verano. Fue proyectado por Federico Humberto Barceló Aspeitia, construido por Reyes Romero y cinco albañiles. Se pensó para recibir a 27 comensales además de 4 trabajadores encargados del funcionamiento del negocio.

Está emplazado en un predio plano plenamente urbano, del que se aprovecharon dos muros de colindancia de una antigua fábrica textil. Cuenta con todos los servicios municipales y con una superficie total del terreno de 265m². La superficie edificada es de 162.80m² desarrollados en dos niveles. La planta baja presenta de manera separada la cafetería y un local comercial. La primera comprende el área de mesas y barra, sala de café, área de cocina y bodega. El local tiene su propia bodega y área

de trabajo de Granja Tequio y el baño. La planta alta sólo incluye una oficina con sanitario.

En los espacios descubiertos se cuenta con una cochera para seis autos, área de estacionamiento de bicicletas y jardines. El proyecto se originó a partir de una solicitud expresa de contar con un espacio para venta y consumo de café orgánico que fuera congruente con el concepto.

Se empleó piedra braza asentada con cal y arena para la cimentación. Los muros son de adobe en el local Granja Tequio, tabique de barro en la bodega de la cafetería y el baño. En la planta alta los muros son de tabique y adobe. El área de sala y mesas se construyó con sacos rellenos de tierra y luego compactados. En las colindancias se restauraron los muros históricos, utilizando piedras y adobe. El sistema estructural en general es a base de muros de carga, aunque en el área de mesas

se introdujo una estructura de madera a base de tablonces y morillos.

En la crujía de dos niveles, la estructura se soporta por los muros de adobe y el cerramiento de concreto. En el entrepiso se emplearon dovelas sostenidas con vigas de madera y entortado de cacahuatillo con cal. En la cubierta se introdujeron también dovelas, pero sostenidas con madera, entortado de cacahuatillo con cal, enladrillado en forma de petatillo, lechada de cal con baba de nopal, impermeabilizante natural con alumbre y jabón de pasta.

Los pavimentos interiores tienen el piso natural de barro en el área de sala, loseta de

barro en planta baja, piso laminado de bambú en planta alta. Al exterior, los andadores tienen cuarterones de barro, espacios ajardinados y adopasto en el área de estacionamiento. Para los acabados exteriores se usó aceite de linaza y alcanfor sobre la estructura de madera, aplanado cal arena sobre los muros de tierra encostalada y pintura de cal con baba de nopal. Se aplicó silicato de sodio sobre los muros de adobe.

Los acabados interiores incluyen barro con paja picada y aceite de linaza, terminados con mortero de cal-arena con pintura de baba de nopal y cal. El muro de contrabarra y cubierta de lavabo de *tadelakt* y azulejo tipo ta-





lavera en la zona de baños. Las bancas son de cob con acabados al fresco al igual que sobre los cerramientos.

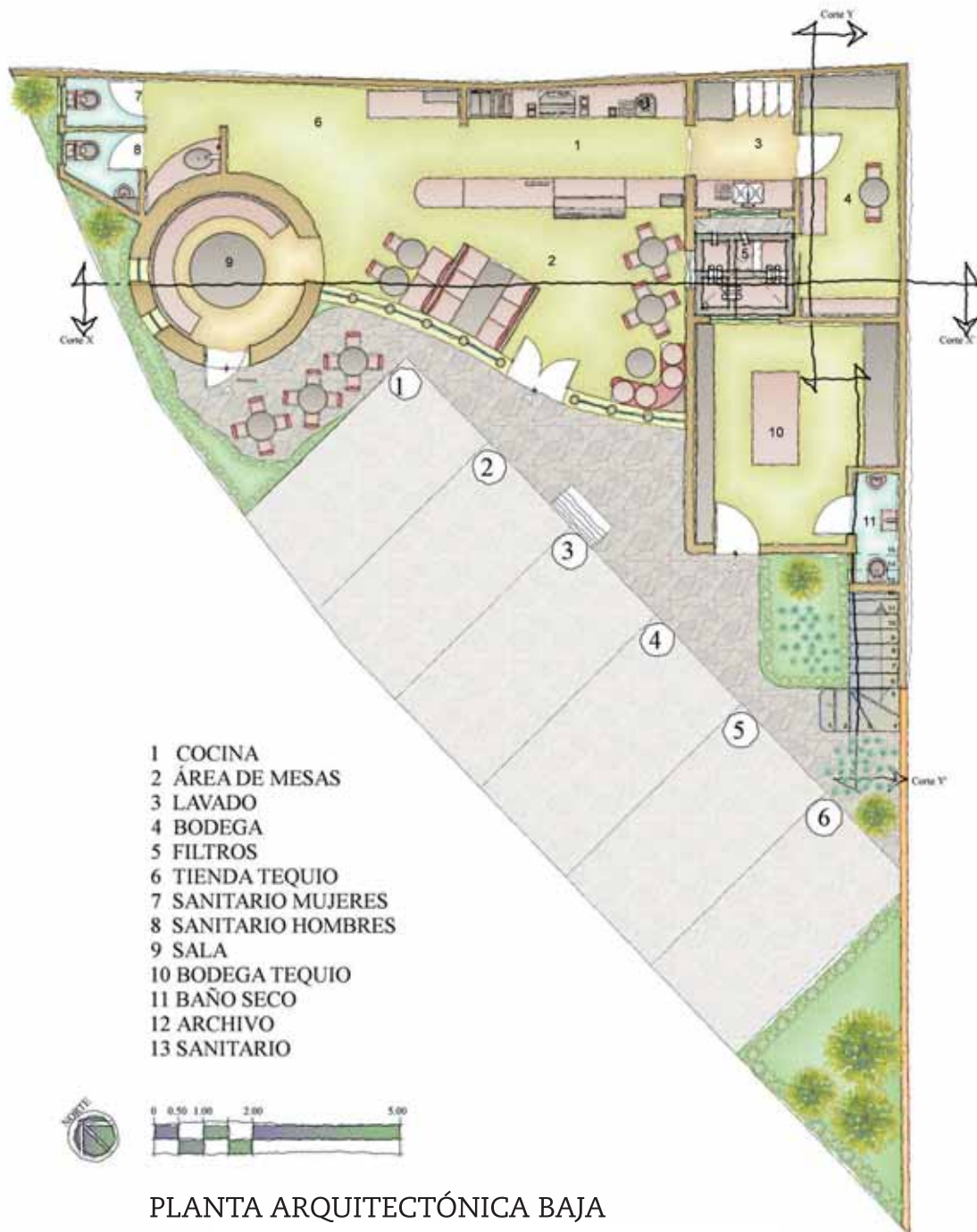
Los adobes, tabiques y tierra arcillosa se compraron en Cholula, los azulejos tipo talavera en Tlaxcala. La madera en una maderería local; los materiales de instalaciones y la cal en una casa de materiales de la zona. Se emplearon tubos de PVC para las instalaciones sanitarias y Tuboplus para las hidráulicas. La electricidad proviene de la red urbana. El manejo de residuos sólidos se sustenta en el empleo de un baño seco, compostaje de excretas y separación de basura.

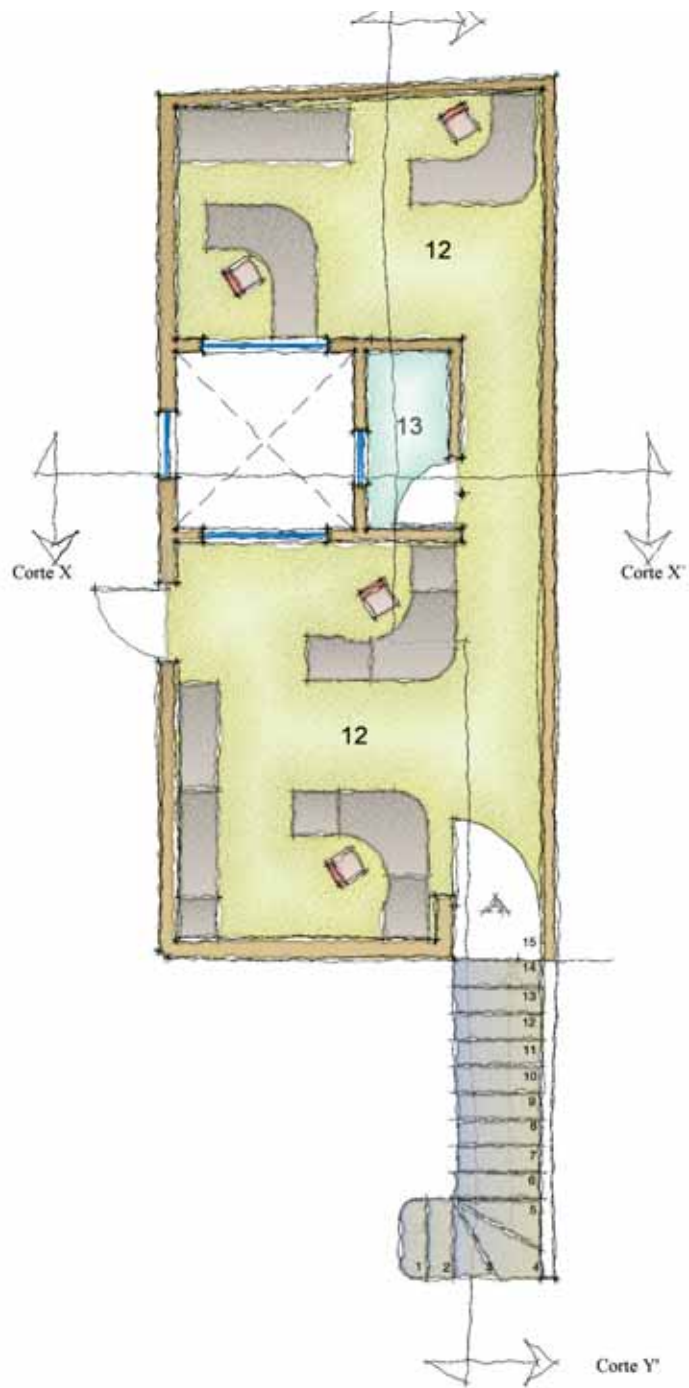
Con respecto a las aguas servidas se planteó la separación de instalaciones de aguas grises y filtros para riego de áreas verdes.

El 70% del abasto de agua es de la red municipal y el restante 30%, de captación y filtración de agua de lluvia.

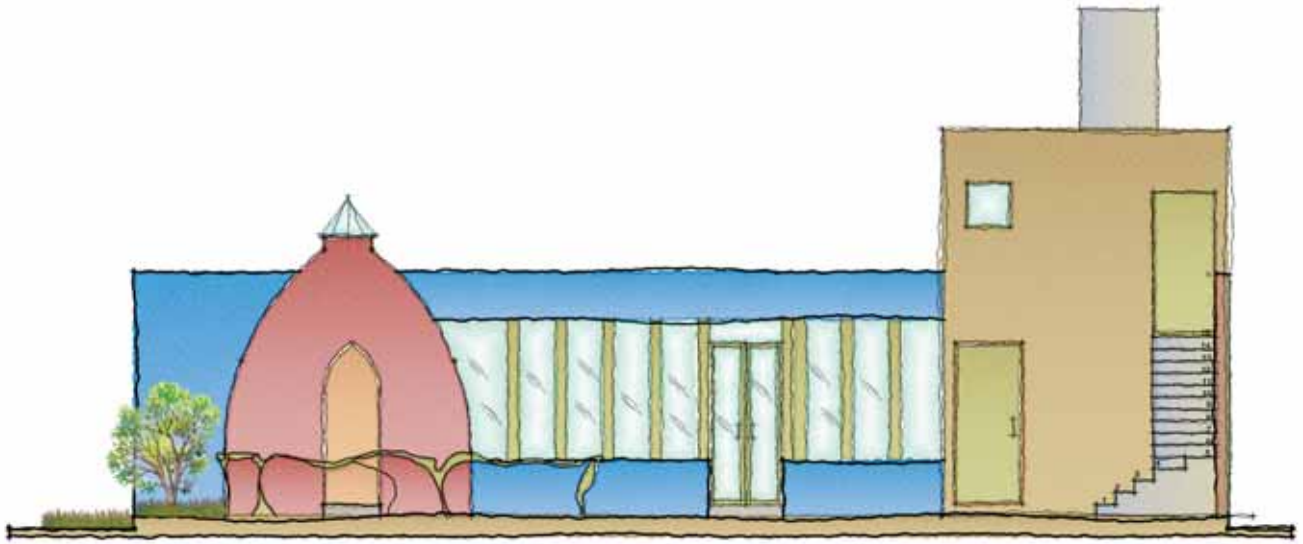
Entre las consideraciones adicionales tomadas en cuenta para disminuir la huella ecológica destaca el uso de focos ahorradores, lámparas con material reciclado, detalles con botellas recicladas, calentador solar de agua, las ventanas y lavabos fueron reciclados, recuperación de muros existentes, así como aplicaciones de ramas de árboles podados de la Granja Tequio.

Los productos que se venden son orgánicos, artesanales, de comercio justo y locales. Los desechables que se utilizan son compostables y biodegradables. La arquitectura del lugar está en congruencia con el concepto de salud integral de la cafetería.

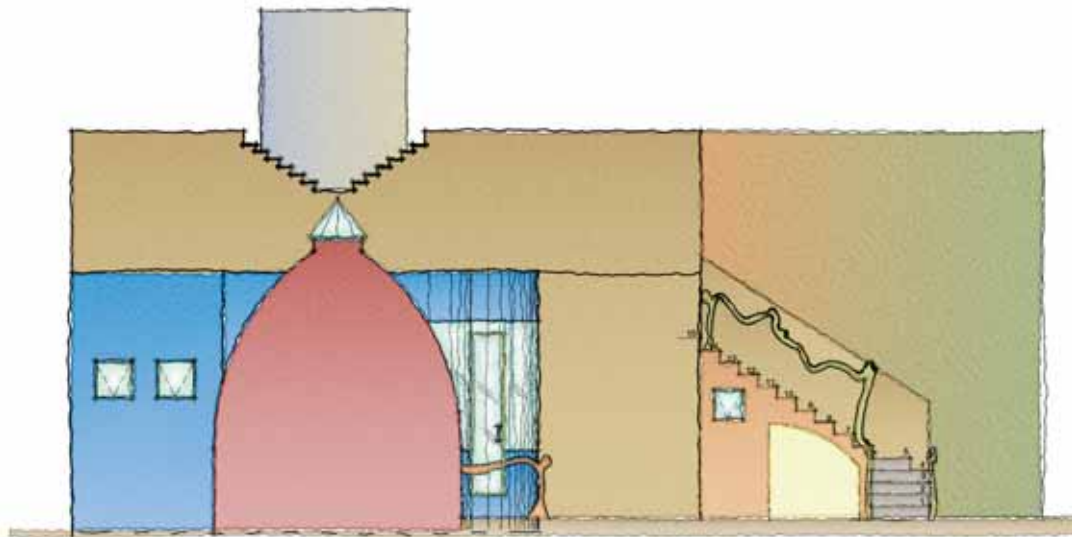




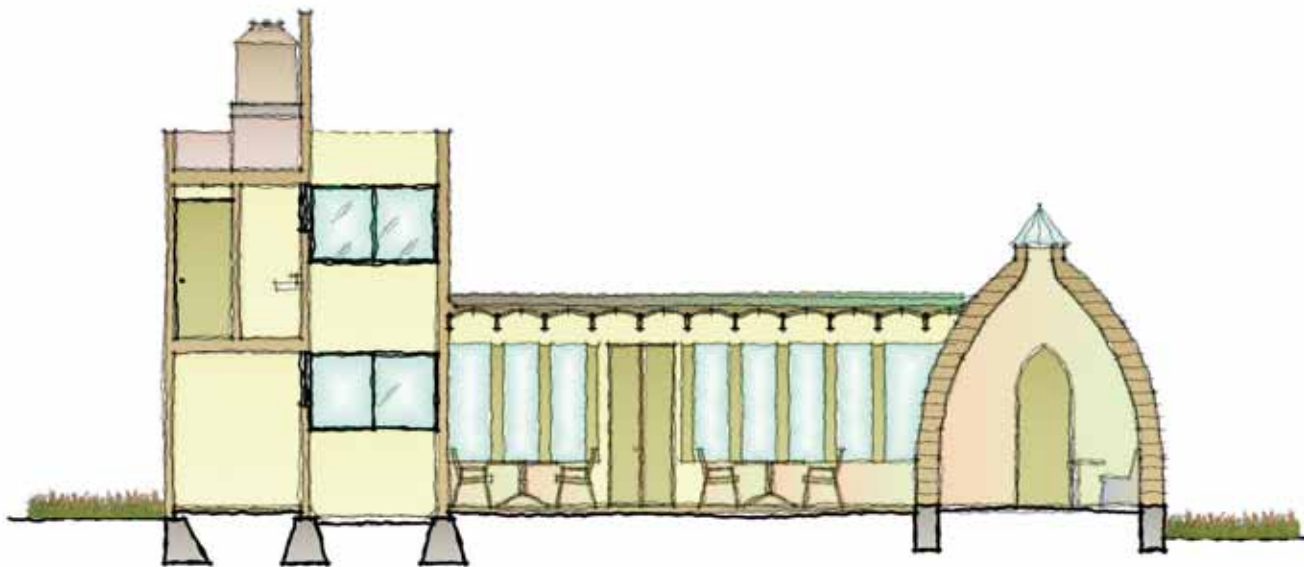
PLANTA ARQUITECTÓNICA ALTA



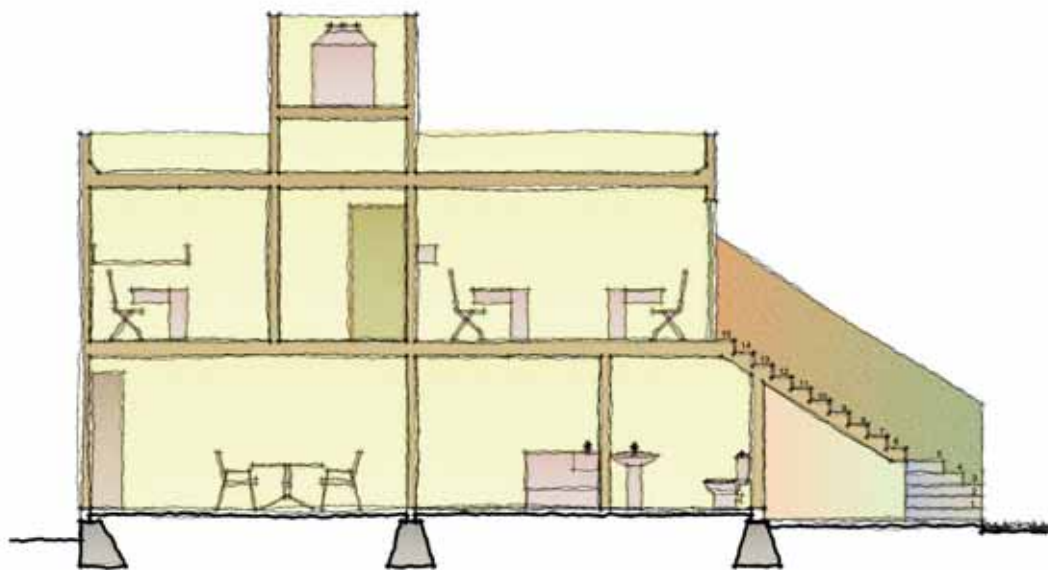
FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL



CORTE LONGITUDINAL X-X'



CORTE TRANSVERSAL Y-Y'



Casa de madera en Taxcantla



LA VIVIENDA se encuentra en el ejido Taxcantla, Municipio de Tetela de Ocampo, a 1670msnm. El clima de la región es templado húmedo con lluvias en verano y una temperatura media que oscila entre -3 y 31°C. La precipitación anual ronda los 1300mm en promedio. Fue diseñada por Federico H. Barceló Aspeitia para la familia Barceló, conformada por padre, madre y dos niños. La obra la ejecutaron Andrés Leal Salazar y dos albañiles habitantes del mismo ejido, quienes fueron capacitados en el proceso.

El terreno tiene una pendiente pronunciada con gran cantidad de árboles que se respetaron en el diseño. La casa se desarrolla en un terreno de 2500m² pero la superficie edificada es de 51m² en dos niveles.

Los espacios de planta baja incluyen una terraza, sala-comedor, baño, estudio, cocina y fresquera, mientras que la planta alta se destina a dormitorio. En los espacios exteriores se cuenta con hortaliza y huerto.

La cimentación es a base de zapatas aisladas de piedra braza asentada con mortero de cal y arena. La estructura se desarrolla mediante postes y vigas de madera local que confinan los muros realizados mediante una doble capa de tablas de madera cortada y aserrada en el lugar. Se utilizó relleno de ocoxal con lodo como aislante térmico. Los muros del baño, estudio y fresquera son de pajareque. El entrepiso y el pavimento de la planta baja es de duelas hechas también de madera del sitio, mientras que la cubierta se hizo con una doble capa de triplay de madera rellena con ocoxal y lodo. La cara expuesta se impermeabilizó con una carpeta asfáltica colocada con soplete.

Los espacios exteriores se mantuvieron con hierbas y pasto silvestre, colocando solamente algunos escalones de piedra del lugar y arenilla roja local en la terraza.

Los acabados tienen tres capas de barro con paja picada sobre los muros de bajareque, ter-

minadas con tres capas de aceite de linaza y alcanfor. En la regadera se colocó un revoque de cal y arena recubierto con azulejos de barro tipo talavera.

Toda la madera –excepto el triplay– fue extraída del bosque de pinos caídos del mismo ejido. La arena, grava, piedra y barro también son locales. Las instalaciones sanitarias se hicieron con tubos de PVC y las hidráulicas de polipropileno y Tuboplus que se adquirieron en una casa de materiales cercana.

La electricidad se obtiene en su totalidad de paneles fotovoltaicos y se utilizan focos ahorradores. La leña del terreno alimenta la estufa y calentador, aunque adicionalmente se tiene uno solar.

El abasto de agua se desarrolla gracias a una línea que se origina en el manantial del ejido, y es almacenada en un tanque de ferrocemento de 20m³ en la parte alta del terreno.

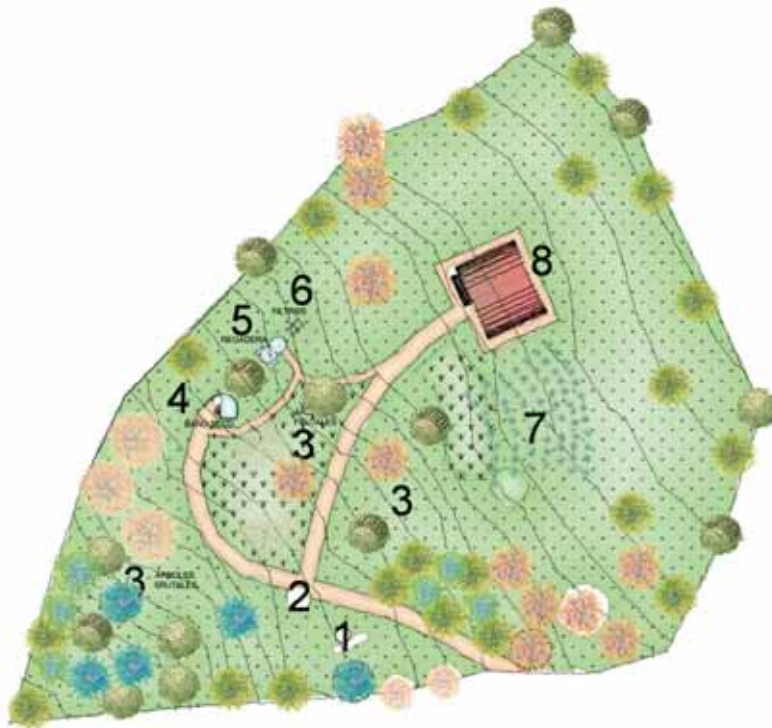


Las aguas servidas son separadas, las aguas grises se tratan con un biofiltro.

Los desechos sólidos se manejan a partir de un baño seco, compostaje de excretas, separación de basura y compostaje de residuos orgánicos.

La casa se ubicó orientada hacia el sur, a pesar de la gran cantidad de árboles y el desnivel. Casi no cuenta con ventanas hacia el norte. La inclinación de los techos se previó para colocar paneles solares. Las ventanas cuentan con cubierta de madera para conservar la temperatura interior y se tiene un volado hacia el norte para una mejor protección contra las lluvias.





- 1 TANQUE DE AGUA
- 2 TIPI
- 3 ÁRBOLES
- 4 BAÑO SECO
- 5 REGADERA
- 6 FILTROS
- 7 HUERTO
- 8 CASA

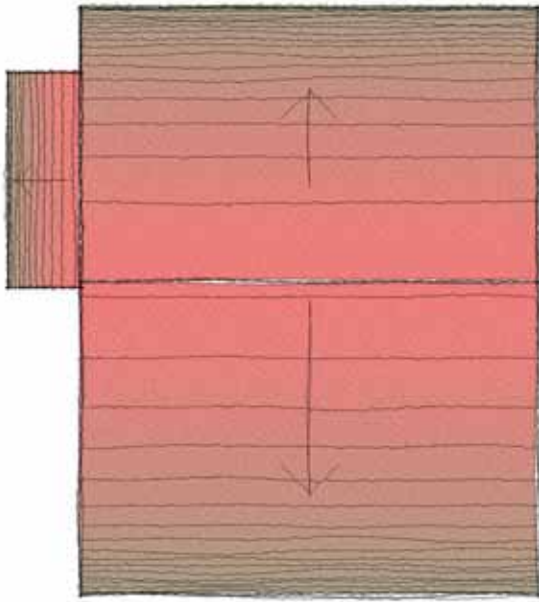
PLANTA DE CONJUNTO



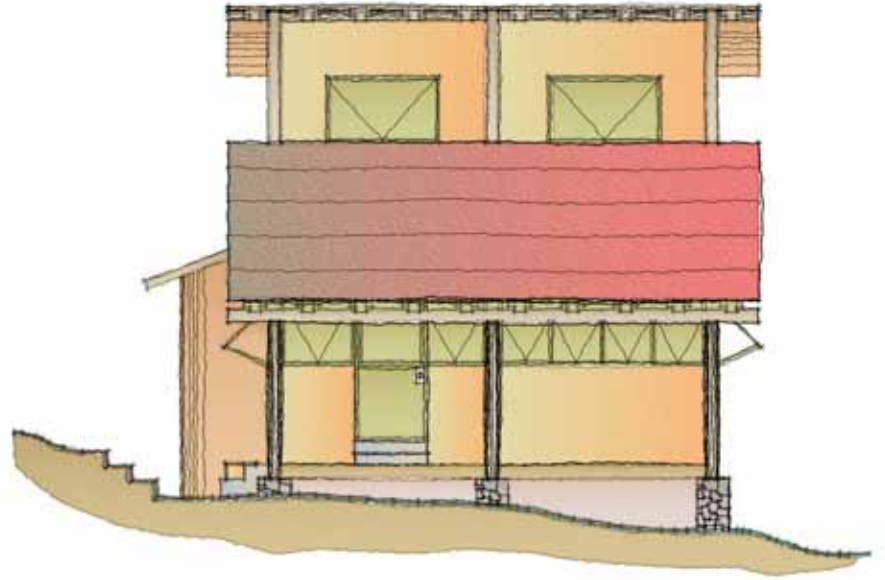
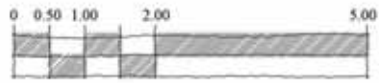
- 1 TERRAZA
- 2 SALA
- 3 COMEDOR
- 4 COCINA
- 5 FRESQUERA
- 6 ESTUDIO
- 7 REGADERA
- 8 BAÑO SECO

PLANTA ARQUITECTÓNICA

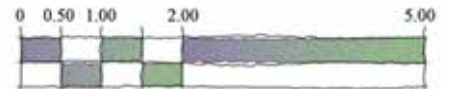


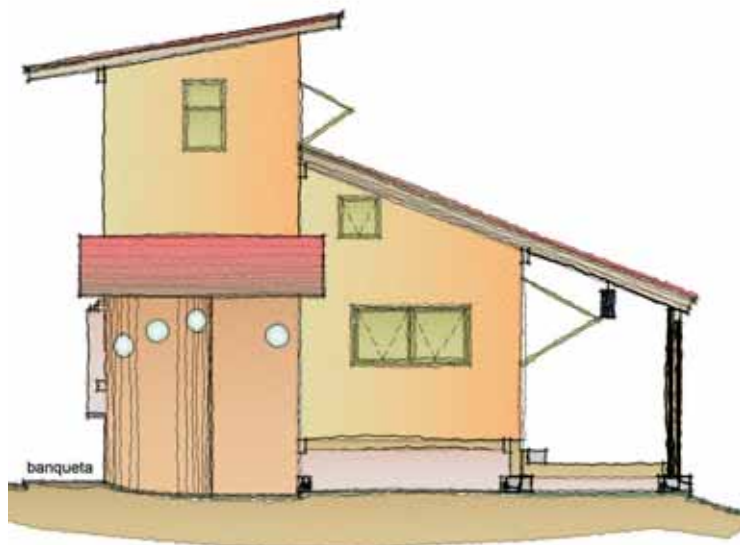


PLANTA AZOTEA

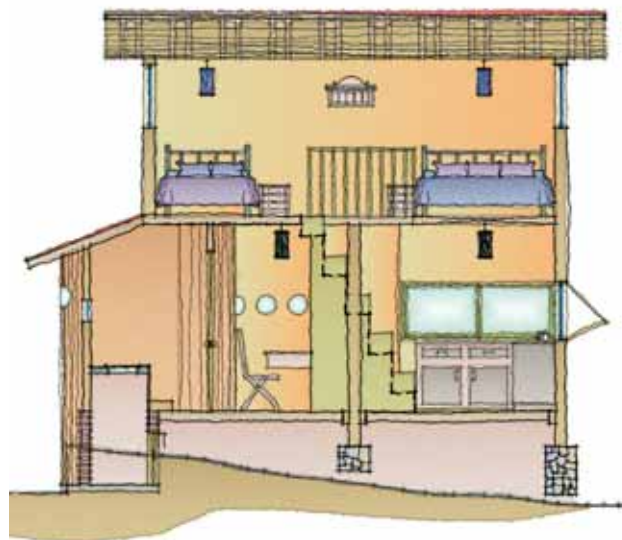
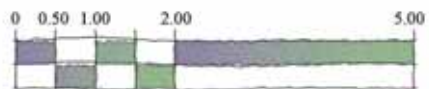


FACHADA PRINCIPAL

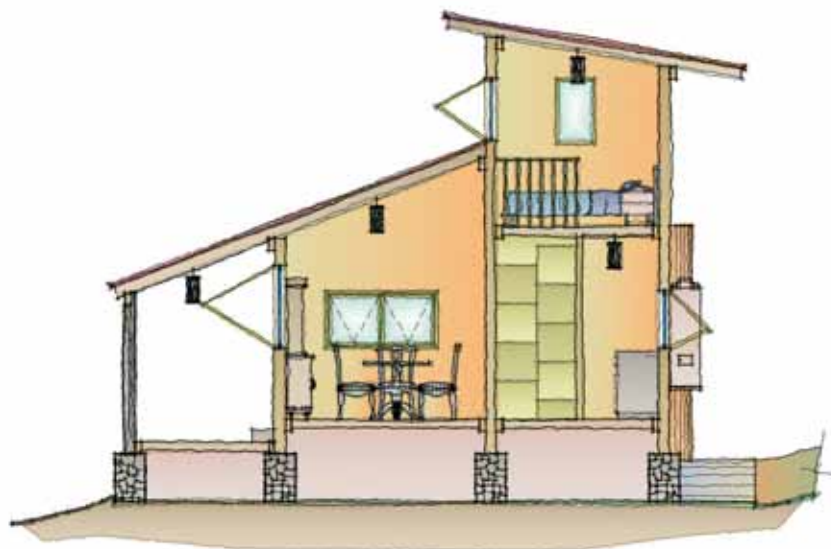
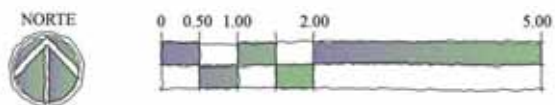




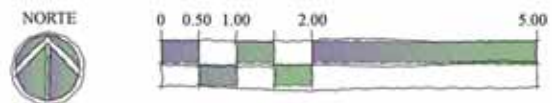
FACHADA PONIENTE



CORTE X-X'



CORTE Y-Y'





Casa Gaia-caracola



LA VIVIENDA *Gaia-caracola* que proyectó la arquitecta Alejandra Caballero y construyó Abraham Ríos con el apoyo de una cuadrilla de seis albañiles, está localizada en la Bioregión del eje-neovolcánico, conocido como Sierra de Quila, en el estado de Jalisco.

Fue concebida como una reinterpretación contemporánea de los modelos locales de la arquitectura de las antiguas casonas rurales. La estructura circular está inspirada en un caracol y su diseño geométrico se adapta al entorno natural. Estos dos aspectos, el diseño y el proceso constructivo, posibilitaron la preservación de la identidad del lugar, así como acentuar el carácter del entorno mediante una escala y un manejo apropiado de los recursos.

Desde su origen se pensó para ser ocupada por un solo habitante. Se localiza en un terreno de 500m² aunque la superficie edificada es de 184m², que se desarrollan en tres niveles. La planta baja del edificio tiene un vestíbulo de acceso, jardín interior, baño de visitas, sala,

comedor y cocina. La planta alta cuenta con un estudio, una recámara, un baño, balcón, terraza y cubiertas verdes. Finalmente, el conjunto posee un sótano que alberga una recámara para visitas, bodega, baño y una cava.

En el rubro de la optimización del espacio, la arquitecta Caballero proyectó plantas libres. De esta manera se libera en lo posible el espacio de los muros portantes entre cada área. El resultado es una disposición espacial más generosa y fluida.

Gracias a las dimensiones del predio, el conjunto posee espacios descubiertos que funcionan como áreas ajardinadas, cocina exterior, terrazas, zona de siembra, corrales para cabras y gallinero.

El proyecto no tuvo demasiadas condicionantes físicas derivadas de la topografía del terreno debido a que éste tiene una pendiente poco pronunciada. Sin embargo, había una importante presencia de árboles que se querían respetar.



Las condiciones climáticas en que se desarrolló también eran muy favorables, pues la casa se sitúa en una región con clima cálido seco, con lluvias concentradas entre junio y noviembre las cuales tienen un régimen aproximado de 2860mm al año.

En lo que se refiere a los materiales para la edificación de la vivienda, en la cimentación se empleó piedra braza asentada con mortero de cal y arena, con una dosificación de un volumen de pasta de cal por cada dos volúmenes de arena. Se trabaja en las secciones rectas de la casa con un escarpio de 1m de base a 35cm a nivel de tierra.

El diseño se pensó para contar con un sistema de transmisión de esfuerzos mediante muros de carga. Los muros del sótano son una continuación de la cimentación de piedra.

La planta baja se estructuró con muros de adobe y en la planta alta se optó por una combinación de pajareque en la sección perimetral del muro, así como pacas de paja y tapial en el cuarto de servicio.

El entrepiso posee un sistema estructural de pajarcilla apoyada sobre vigas y largueros de madera en un desarrollo que ocupa 110m² de superficie. El entrepiso está constituido por una losa aligerada de pajarcilla prensada *in situ* para formar un panel liviano que además permite un mayor aislamiento térmico y acústico. Los lechos bajos de entrepisos y techos están revocados con tierra, arcilla expansiva, tierra estabilizada, aplanado cal-arena; soportados por una “malla pajarera” y terminados con una pintura encalada en color blanco que permite reflejar mejor la luminosidad en el espacio.



Uno de los elementos más significativos de la propuesta, desde la perspectiva de la sustentabilidad, fue la introducción de un techo verde que está conformado por una losa aligerada a base de “jal” (grava de origen volcánico parecida la piedra pómez) mezclada con cal y arena, la cual está soportada por vigas de madera de pino. Sobre ella se colocó una geomembrana, “jal”, un geotextil y la tierra para cultivo.

Los pavimentos interiores se hicieron con losetas de barro en planta baja, piedra laja en los baños, duela de pino en la sala y todo el

segundo nivel. La escalera está hecha de tablones.

Una tercera parte de los pavimentos de la vivienda son de loseta de barro. En la cocina se jugó con el tono natural de este material y el color de la tierra del revoque del techo.

Los pavimentos exteriores son de piedra laja en la terraza, piedra bola en los andadores y huellas de cantera en los espacios ajardinados.

Los acabados interiores son aplanados aparentes de tierra con paja picada en interiores.



La dosificación que se utilizó fue de tres volúmenes de tierra, uno y medio de arena, dos de estiércol de burro, un volumen de paja y 50g de bórax, todo diluido en baba de nopal en agua. Los acabados exteriores tienen aplanados a base cal y arena en una proporción de dos volúmenes de pasta de cal, un volumen de arena cribada en 4mm y 100ml aceite de linaza, todo diluido en baba de nopal en agua. El terminado final se logró con pintura a la cal, pigmentada con tierra del lugar, diluida con baba de nopal y consolidada con sal, alumbre y bórax.

Los adobes no se realizaron a pie de obra sino que fueron comprados a artesanos de un poblado cercano. La piedra braza se extrajo del lugar, mientras que la cal y arena fueron compradas en una casa de materiales de la localidad. La tierra que se utilizó para asentar los adobes y para aplanar los muros fue extraída del propio terreno, a partir de la excavación de sótano. Finalmente, la paja de trigo fue comprada en un campo de siembra, en Unión de Tula.

Las instalaciones hidráulicas son de tubos de polipropileno. La energía que se consume



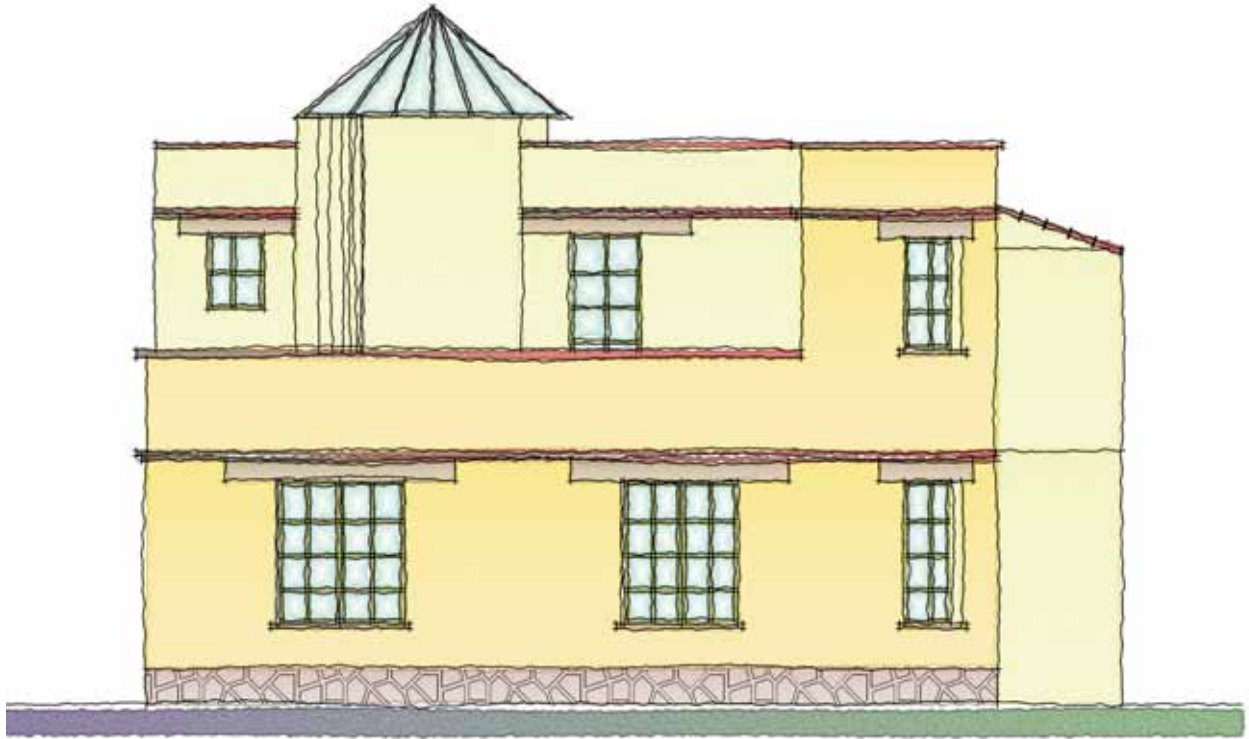
en la vivienda es generada por paneles solares fotovoltaicos y complementada con electricidad generada por medio de una turbina eólica.

Para el manejo de residuos sólidos se cuenta con baños secos, compostaje de excretas, separación de basura y lombricompostaje de residuos orgánicos. Para la disposición de las aguas servidas se diseñó una instalación con separación de aguas grises, trampa de grasas y biofiltros. El total del abasto de agua se desarrolla a partir de un pozo profundo.

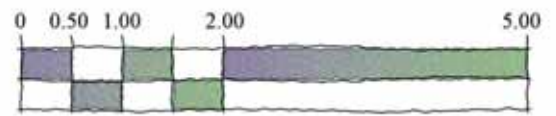
Entre las ecotecnologías que se han aplicado destaca el uso de una fresquera para la conservación de alimentos y una estufa tipo “Maleña”, la cual se sustenta en el máximo aprovechamiento de la leña a partir de la búsqueda de

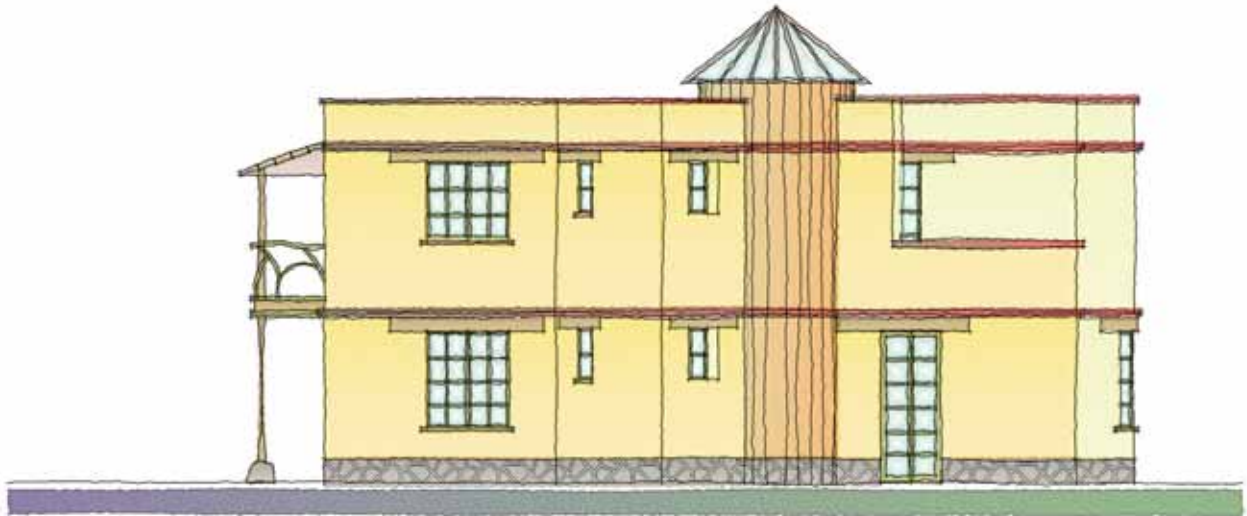
la hermeticidad de la colocación de las ollas, de manera que se evite la pérdida de calor y el ingreso del humo en los locales. Este tipo de estufas utiliza tierra cruda para lograr el sellado y se soporta sobre muros portantes de adobe. Los dispositivos de control bioclimático se centran en la orientación de las ventanas hacia el sur, ventilación natural y el manejo de componentes de paja aligerada en entresijos y algunos muros, que mantienen los espacios sin cambios bruscos de temperatura.

Adicionalmente a estos recursos se han incorporado consideraciones para disminuir la huella ecológica, tales como la iluminación natural a base de luminarias tipo LED, aparatos eléctricos de bajo consumo y calentadores solares de agua.

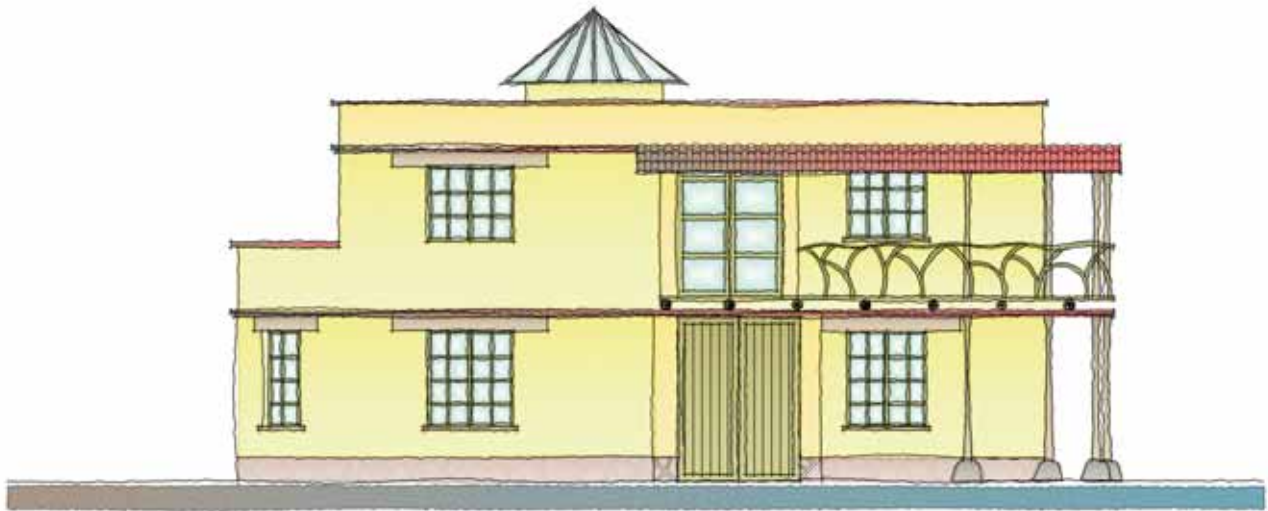
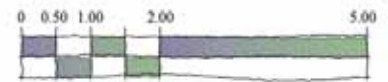


FACHADA SUR

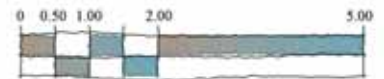


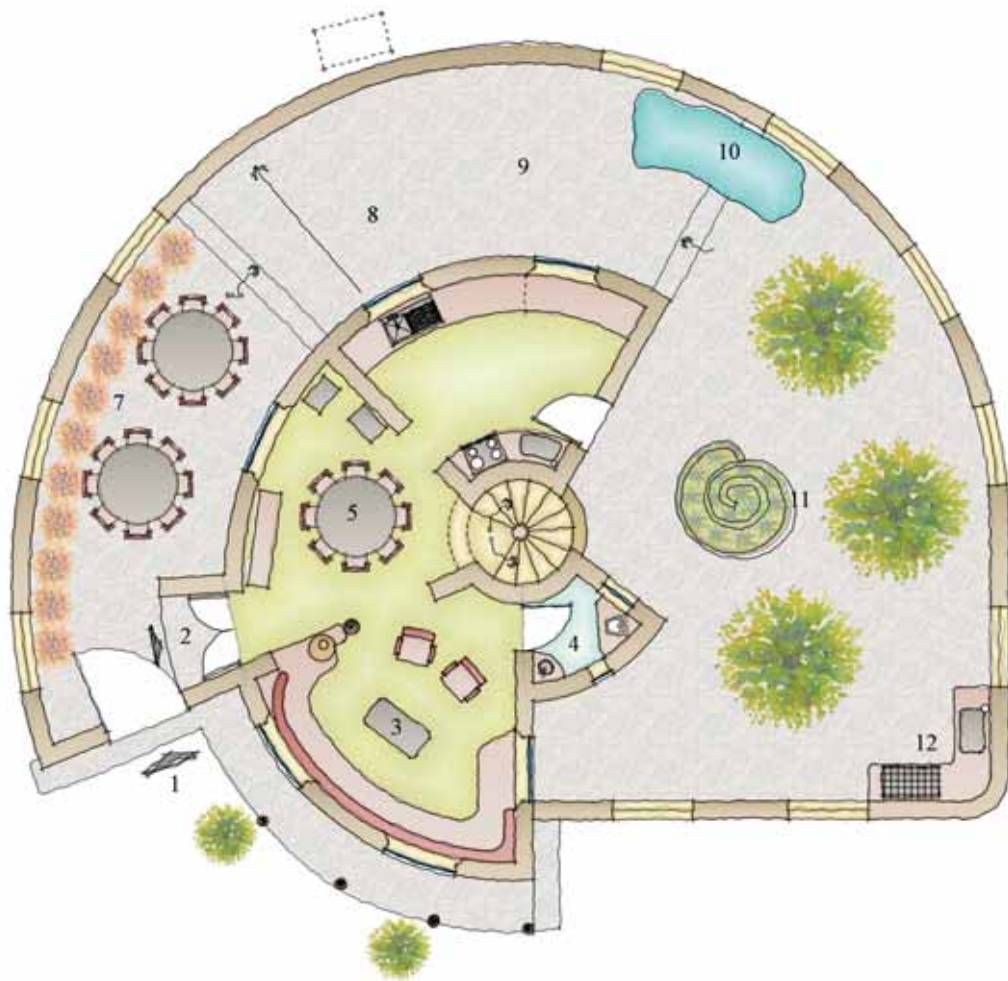


FACHADA PONIENTE

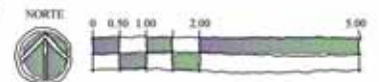


FACHADA ORIENTE

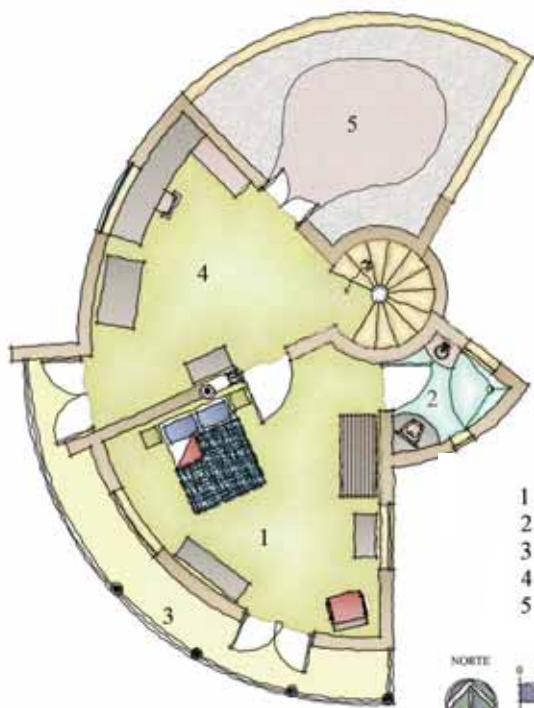




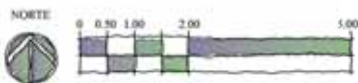
- 1 ACCESO
- 2 PORCHE
- 3 SALA
- 4 1/2 BAÑO
- 5 COMEDOR
- 6 COCINA
- 7 PATIO/CORREDOR
EMPEDRADO
- 8 JARDÍN SOMBRA
- 9 PATIO
- 10 ESTANQUE
- 11 ESPIRAL DE HIEDRA
- 12 ASADOR



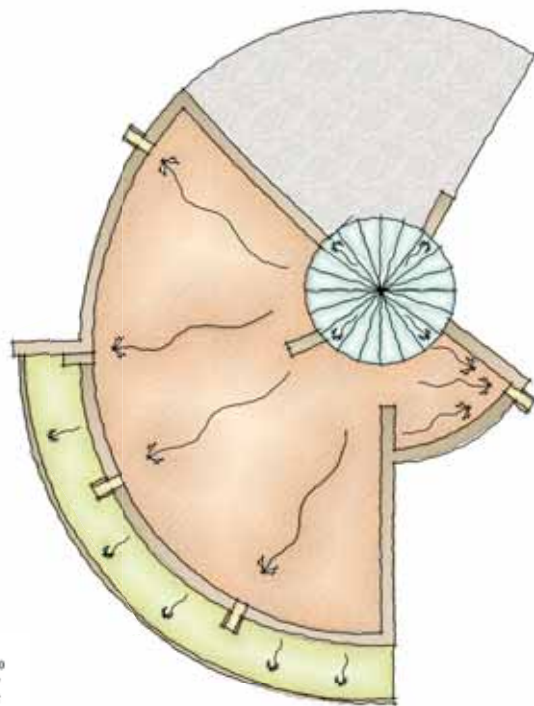
PLANTA ARQUITECTÓNICA CONJUNTO



- 1 RECAMARA
- 2 BAÑO
- 3 BALCÓN
- 4 ESTUDIO
- 5 TERRAZA



PLANTA ALTA



PLANTA AZOTEA



Casa Hagerman Haro en Valle de Bravo



LA VIVIENDA fue proyectada por el arquitecto Oscar Hagerman y se localiza en la Calle Las Delicias s/n, Santa María, Valle de Bravo, que tiene un clima templado húmedo.

La construyó el maestro Cándido Casas y su equipo de albañiles, habiéndose concebido originalmente para habitarse por la familia Hagerman Haro para utilizarse por cuatro personas: los padres y dos hijos.

El terreno donde se desplanta mide aproximadamente 6000m², pero la vivienda se desplanta en 280m² en dos niveles que cuentan con una bodega y estudio en planta baja, tres recámaras, tres baños, terraza cubierta, corredor, patio, sala, cocina y comedor. Los espacios abiertos tienen jardines y área para estacionamiento.

Entre las condicionantes de diseño se presentaba la pendiente de 20% que posee el terreno y un desarrollo con orientaciones de este a oeste. El diseño surgió a partir de un pequeño cuarto de adobe y un gran guayabo

que existían en el terreno. Toda la casa está construida alrededor de un patio, que es el espacio principal y el centro de convivencia. El arquitecto Hagerman explica que “este patio es como un espacio domesticado que protege del viento, de la lluvia y del sol y que hace más amable la convivencia con la naturaleza”.

La sala, comedor y cocina, estaban originalmente abiertas al patio, pero con los años se decidió cerrar con una gran ventana, debido a las bajas temperaturas que se presentan en la región durante la noche.

La cimentación es de piedra braza asentada con morteros cal-arena. La mayoría de los muros son de adobe, aunque se concluyeron con tabique por la necesidad de concluir la obra en la época de lluvias. Se edificó progresivamente, empezando con el diseño del patio y dos habitaciones, para posteriormente agregar el siguiente nivel con el resto de los espacios.

El diseño estructural está pensado para que todos los muros trabajen como componentes de carga sin la necesidad de ningún tipo de refuerzo adicional.

Los entresijos son de tablas apoyadas sobre vigas de pino en algunas áreas, y bóveda catalana sobre vigas de madera, en otras. El sistema de techos tiene vigas, bóveda catalana, impermeabilizante y teja.

Los pavimentos interiores son de loseta de barro común, mientras que los del patio y andadores exteriores son de tabique común asentados con tierra.

Los muros exteriores están enjarrados con arcilla, arena y paja, terminados con pintura a base de cal, arcilla y baba de nopal. Los interiores tienen solamente pintura a base de cal, arcilla, baba de nopal y sal. Los baños y cocina tienen azulejo de barro tradicional.

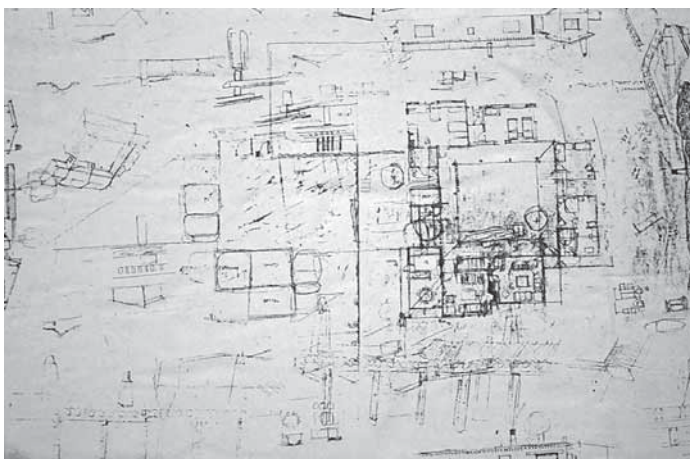
Las instalaciones sanitarias se hicieron a base de tubos de polipropileno y las hidráulicas con tubería galvanizada. Todo el material se compró en diversos comercios de Valle de Bravo. La energía que alimenta la casa proviene de la red de servicio público.

Las aguas servidas se separan para que las sanitarias se transformen dentro de una fosa séptica y un pozo de absorción y las aguas grises se conducen a una trampa de grasas y otro pozo de absorción.

El abasto de agua proviene de la red pública, la cual es alimentada por manantiales.

Entre las ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático empleados destaca el cuidado en la orientación al poniente y sur en las recámaras, y el uso de muros de adobe como protección térmica. Otras consideraciones tomadas en cuenta para disminuir la huella ecológica consisten en el uso de iluminación con lámparas LED, empleo de granzón como capa aislante del techo en el cuarto de los niños y la incorporación de contrapeso en las puertas para que se cierren automáticamente, y así mantener los espacios con temperaturas controladas.







Casa Biaani



LA VIVIENDA está situada en la comunidad de San Agustín, Oaxaca, y fue diseñada por Nataniel Aastrup D. para su uso familiar, previsto para tres hermanos adultos.

La obra la hizo el propio Nataniel con apoyo familiar y de dos albañiles. “Ha sido una experiencia muy satisfactoria poder realizar esta obra con la ayuda de mis hermanos y amigos. Comenzó como un sueño y se hizo realidad el estar construyendo esta casa cada día con nuestras propias manos, sabiendo que éste es un camino que ofrece a nuestro planeta y futuras generaciones una vida en armonía”.

La superficie total del terreno es de 4100m² pero el área edificada es de 91m² desarrollada en dos niveles. Los espacios cubiertos incluyen –en planta baja– un vestíbulo de acceso, baño, sala-comedor, cocina y terraza. La planta alta consta de dos recámaras y terraza.

El proyecto se originó con una idea de experimentar en la práctica de la bioconstruc-

ción y la recuperación de la arquitectura vernácula.

Dentro de las condicionantes físicas del proyecto destaca el hecho de que el terreno está localizado en un peñasco con pendiente pronunciada, ubicado a orilla del mar. El acceso al terreno es únicamente peatonal por cuestiones de preservación ambiental. Además, se trata de una zona sísmicamente vulnerable debido a que se encuentra a poca distancia de la falla de San Andrés.

Por otra parte, su colindancia con el mar genera condicionantes climatológicas derivadas de los constantes vientos, la exposición solar y una elevada humedad relativa durante casi todo el año. Se presentan fuertes lluvias durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, pero hay sequías durante el resto del año. La región se caracteriza por la presencia de huracanes, ciclones y tormentas tropicales.

Los materiales que se eligieron para la cimentación constan de una cadena perimetral

de cemento armado, sobre cimientos de piedra laja con mortero de cal y arena. Los muros combinan las técnicas de tierra encostalada, cob, bajareque y adobe.

En el sistema estructural se combina el trabajo de la tierra encostalada como muros de carga con el uso de horcones de madera.

Los materiales de entrepiso son tablones asentados sobre vigas de madera, mientras que el techo es de palapa de palma apoyada sobre madera.

Los pavimentos interiores de planta baja son de piedra laja natural y en la planta alta, de tablones asentados. En el baño se empleó piedra de río.

En los andadores exteriores se combinan piedra laja y loseta de barro, mientras que los espacios ajardinados tienen tierra y césped.

Algunos muros están aplanados con tierra y paja picada y otros con morteros de cal y

marmolina (Tadelak). Las instalaciones sanitarias son de Tuboplus y las hidráulicas de cobre. Los materiales constructivos proceden de los poblados cercanos.

El total de la energía eléctrica que se consume es generada en paneles solares y fuerza eólica.

Los residuos sólidos se manejan a través de un baño seco, compostaje de excretas, separación de basura, compostaje de residuos orgánicos (lombricomposta) y reciclaje. Las aguas servidas pasan por una trampa de grasas a un estrato de carbón activado y luego a biofiltros. Las fuentes de abasto de agua provienen de la captación pluvial y del abasto municipal.

Algunas ecotecnologías y dispositivos de control bioclimático consisten en el uso de ventilación cruzada y ventilación ascendente, iluminación LED y calentador solar.







REFLEXIONES FINALES



EN LOS MOMENTOS actuales en que las condiciones de salud de la humanidad están teniendo que enfrentar el mayor reto de la historia, el cual adicionalmente se complica con una crisis ambiental sin precedente y una creciente demanda de vivienda a escala mundial, se vuelve imperativa la difusión de alternativas tendientes al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad en armonía con la naturaleza.

En las décadas recientes, afortunadamente ha habido una creciente preocupación por estas temáticas y paulatinamente la sociedad empieza a creer que tiene sentido la actuación individual, de manera que, además de esperar que “las cosas sucedan”, que se firmen tratados y que “los gobiernos” enfrenten los problemas globales, es posible hacer cambios a escalas menores que a la larga puedan trascender. Estrategias tales como la separación de la basura o la supresión del empleo de los popotes y el unicel eran prácticamente impensables hace diez años, pero actualmente se están haciendo una costumbre que seguramente pronto tendrá resultados positivos.

Es evidente que el nivel de afectación del entorno en el que estamos inmersos requiere un esfuerzo radical y de gran magnitud, pero la contribución de pequeños granos de arena colocados en el lugar y la posición correctas permitirán frenar la inercia destructiva que nos amenaza. Aunque sólo la eliminación del consumo podrá reflejarse en los gastos energéticos, el agotamiento de los recursos y la contaminación ambiental, cualquier reducción de compras y gastos innecesarios es benéfica.

Sin embargo, para que estos logros alcancen a un número creciente de comunidades es necesario que se vean resultados tangibles como los

que se muestran en el presente libro en el que, además de plantear condiciones ideales sobre desarrollo de la forma de habitar el planeta, se dan pistas sobre soluciones viables y prácticas.

Como se ha mostrado en las páginas precedentes, las ideas sobre construir en sintonía con el medio natural no son una utopía. Se trata de una realidad plenamente comprobada y que paulatinamente se está convirtiendo en una nueva tradición. La recuperación de saberes que probaron su eficacia a lo largo de la historia y que se caracterizan por el uso racional de los recursos disponibles, permite avanzar por un camino seguro, como el que recorrieron las más de 30 experiencias que han sido presentadas aquí.

Los casos analizados fueron compartidos por sus autoras y autores, quienes, además de contribuir con fotos y planos originales, sintetizaron los datos que consideraban más relevantes de sus proyectos y obras, de manera que se facilitó enormemente su sistematización. Esta invaluable información nos permite observar la coincidencia en cuanto a las consideraciones sobre las condiciones de los terrenos de emplazamiento, el respeto a la vegetación local, el cuidado de la orientación de los proyectos con relación al sol y al viento, la elección de los materiales y sistemas constructivos más sostenibles para cada sitio, el aprovechamiento racional de los espacios y el manejo de estrategias adicionales para dar continuidad a los objetivos planteados en cada propuesta.

Se trata de ejemplos que evidencian la diversidad de soluciones formales, funcionales y materiales que fueron puestas en práctica con la meta común de integrar las obras a la naturaleza y resolver, de la manera más lógica y ecológica

posible, las necesidades físicas y emocionales de sus habitantes.

Esperamos que la información que se presenta en los capítulos dedicados a la fundamentación teórica y metodológica, y que se complementa con el análisis de los ejemplos realizados en diferentes contextos, sean de utilidad a estudiantes y profesores de disciplinas asociadas al diseño y la construcción, a las personas que se dedican a la práctica profesional y, sobre todo, a los potenciales autoconstructores que tienen previsto realizar un cambio significativo en su forma de ser y vivir.

Paralelamente, sería deseable que esta información pudiera también llegar a las manos de las personas e instituciones encargadas del desarrollo, vigilancia y autorización de obras a escala local, municipal, estatal y nacional, para que empiecen a darse cuenta de que la inercia hacia la estandarización de los materiales y modos de vida, es totalmente insostenible. Uno de los obstáculos a los que lamentablemente se han tenido que enfrentar los bioconstructores en el país se deriva de la falta de comprensión de las autoridades sobre estos temas y de la escasa actualización de la normatividad existente, la cual, como se comentó en la Introducción, en lugar de centrarse en elevar la calidad de vida de la gente, se ha convertido en una medida de apoyo a las empresas productoras de materiales industrializados.

Siguen siendo sumamente escasos los ejemplos de obras que han podido conseguir financiamientos o permisos de construcción con componentes naturales porque, en el imaginario colectivo y en las reglas existentes, se sigue pensando que solamente los materiales y sistemas

constructivos que cumplen con las medidas y normas establecidas, verificadas en laboratorios especializados “garantizan su viabilidad y durabilidad”. Sigue sin ser suficiente evidencia de éxito y sostenibilidad el hecho de que los recursos que se emplean en la bioconstrucción hayan sido desarrollados por civilizaciones ancestrales y que hayan mostrado resistir durante milenios, incluso en zonas altamente sísmicas o con condiciones climatológicas extremas. Se hace necesaria una modificación en la manera de caracterizar y evaluar los componentes constructivos a fin de que sea posible “crear jurisprudencia” a partir de su uso exitoso, para lo cual, el contenido de este texto podría ser una aportación.

Confiamos en que la manera en que han sido expuestos los diferentes temas resulte lo suficientemente precisa y clara, sea cual sea la experiencia previa de los lectores sobre la edificación en general y la bioconstrucción en particular, de modo que se sientan motivados a ahondar en los rubros tratados y sobre los que, afortunadamente, cada día se cuenta con más referencias impresas y presentes en medios digitales.

Como se comentó desde un principio, este libro de ninguna manera pretende ser un tratado sobre la disciplina ni un compendio con recetas infalibles. Es simplemente una muestra de las posibilidades que presentan diversas maneras de actuar en sintonía y comunión con la historia, el medio ambiente y la sociedad.

La bioconstrucción es una disciplina que apenas empieza a florecer por lo que esperamos que se pueda ir enriqueciendo con las contribuciones y materializaciones que, a partir de su práctica, podrán abonar su desarrollo para que paulatinamente vaya madurando y dando frutos.



REFERENCIAS



- ALONSO, Francisco (1997). *Conservación de las casas de tapia y adobe*. México: Organización Casa Verde.
- ARANDA, Alfonso; Scarpellini, Sabina; Zabalza, Ignacio y Días de Garayo, Sergio (2014). “Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida”. En *Ecohabitar*. Consultado el 22 de abril del 2018 en <<http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>>.
- AVILA, Esmeralda y Guerrero, Luis (2018). “El mucílago de Opuntia Ficus como estabilizante en recubrimientos de tierra”. 18° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA, pp. 115-126.
- BARDOU, Patrick y Arzoumanian, Varoujan (1981). *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Gustavo Gili.
- CABALLERO, Alejandra y Montes, Joel (Comp.) (1997). *Agricultura sostenible. Un acercamiento a la permacultura*. México: SEMARNAP.
- CABALLERO, Alejandra (2011). “Construcciones de tierra y paja”. En C. Aguilar Dubose, *Diseño y construcción sostenibles: realidad ineludible*. México: Oak-Editorial.
- _____ (2012). “Bioconstrucciones: lo viejo visto con ojos nuevos”. *Horizontes. Revista de arquitectura*. Núm. 4, pp. 11-17.
- ALCORN, Andrew (2010). *Global Sustainability and the New Zealand House*. Tesis de Doctorado en Arquitectura, Victoria University of Wellington. Consultado en <https://figshare.com/articles/thesis/Global_Sustainability_and_the_New_Zealand_House_AA_PhD_2018_docx/12730955/1>.
- CERRO, Monique y Baruch, Thierry (2011). *Enduits terre & leur décor, mode d’emploi*. París: Eyrolles.
- COURLAND, Robert (2011). *Concrete Planet: The Strange and Fascinating Story of the World’s Most Common Man-Made Material*. Amherst, Nueva York: Prometheus Books.
- CRUZ, Sandra (2013). “El mucílago de nopal como aditivo de las pastas de cal empleadas en conservación”. En Barba, L. y Villaseñor, I. (Eds.). *La cal: Historia, propiedades y usos*. México: IIA-UNAM / Anfacal, pp. 183-202.
- CUCHÍ, Albert; Wadel, Gerardo; López, Fabián y Sagraera, Albert (2007). *Guía de la eficiencia energética para administradores de fincas*. Barcelona: Fundación Gas Natural.
- DE HOYOS, Jesús et al. (2020). *Bioconstrucción para la Vivienda. Pensamientos y técnicas*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- DOAT, Patrice et al. (1996). *Construir con tierra*. Tomos I y II. Bogotá: CRATERRE / Fondo Rotatorio Editorial.

- EASTON, David (2007). *Rammed earth house*. Vermont: Chelsea Green Publishing Co.
- FATHY, Hassan (1975). *Arquitectura para los pobres*. México: Ed. Extemporáneos.
- GARRISON, James W. y E. F. Ruffner (eds.) (1983). *Adobe: Practical and Technical aspects of adobe conservation*. Tucson: Heritage Foundation of Arizona.
- GUERRERO, Luis (2007). "Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva". *Revista Apuntes*, 20 (2), pp. 182-201.
- ____ (coord.) (2007). *Patrimonio construido con tierra*. México: UAM-Xochimilco.
- ____ (2013). "La cal y los sistemas constructivos". En Barba, L. y Villaseñor, I. (Eds.), *La cal, historia propiedades y usos*. México: IIA-UNAM / Anfacal, pp. 47-70.
- ____ (comp.) (2014). *Reutilización del patrimonio edificado en adobe*. México: UAM.
- ____ (2015). "Sostenibilidad y conservación del patrimonio edificado", *Revista Palapa*, III (1), pp. 73-84.
- ____ (2016). "El papel de la humedad y la compactación en la elaboración de recubrimientos de tierra". *Revista Construcción con tierra CT7*, pp. 11-22.
- ____ (2017). "Pasado y porvenir de la construcción con bajareque". *Revista Gremium*, IV (8), pp. 69-80.
- ____ (2018). "Identificación y valoración del patrimonio precolombino construido con tierra modelada". *Anales del IAA*, 48 (1), pp. 125-141.
- ____ (comp.) (2019). *Bioconstrucción a detalle*. Oaxaca: Ibomex-Carteles Editores.
- GUERRERO, Luis; Correia, Mariana y Guillaud, Hubert (2012). "Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en Iberoamérica". *Revista Apuntes* 25 (2): pp. 210-225.
- GUILLAUD, Hubert (2012). "Pisé": *Evolution, innovations, resistances and future directions*. Londres: CRC Press, Taylor Francis Group.
- HOUBEN, Hugo y Doat, Patrice (1982). *Construir en tierra. Tecnología de construcción en tierra sin cocer*. México D.F.: Conescal.
- HOUBEN, Hugo y Guillaud, Hubert (2001). *Earth construction. A comprehensive guide*. Londres: ITDG Publishing.
- KRAHN, Tim y Eng P. (2018). *Essential Rammed Earth Construction: The Complete Step-by-Step Guide*. Sustainable Building Essentials.
- LLOYD, Olgivanna (1970). *Frank Lloyd Wright: su vida, su obra, sus palabras*. Buenos Aires: Troquel.
- MCHENRY, Paul (1996). *Adobe. Cómo construir fácilmente*. México: Trillas.
- MELLAART, James (1967). *Catal Huyuk: A Neolithic Town in Anatolia*. McGraw-Hill. Consultado en <<https://archive.org/details/Catal-huyuk.ANeolithicTownInAnatolia/page/n69>>.
- MINKE, Gernot (2005). *Manual de construcción en tierra*. Montevideo: Fin de Siglo.
- MOSLEY, Sean (2013). *Building a Cob Home: (All About Cob Homes)*. Morrisville: Lulu Press.

- MYHRMAN, Matts y MacDonald, Stephen (2012). *Build it with bales*. Tucson: West Press. Consultado en <http://www.dcat.net/about_dcat/images/BIWB/BIWB%20v2%20ALL%20PAGES.pdf>.
- NEVES, Célia et al. (2011). *Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra*. Asunción: Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Asunción.
- RENDÓN, Isabel (2010). "Hassan Fathy precursor de la sostenibilidad". *Arquima*. Consultada en <<http://arquyma.blogspot.com/2010/07/hassan-fathy-precursor-de-la.html>>.
- RIVERSONG, Robert (s/f). "19. From Rome to Portland—The Story of Concrete". Riversong House Wright. Consultada en <<https://riversonghousewright.wordpress.com/about/19-from-rome-to-portland-the-story-of-concrete/>>.
- RODRÍGUEZ, Manuel, et al. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México: Limusa / UAM-Azcapotzalco.
- ROUGE, Conrad (2016). *House of Earth: A complete handbook for earthen construction*, Createspace Independent Publishing Platform.
- STEEN, Athena et al. (1994). *The Straw Bale House*. Vermont, EE.UU.: Chelsea Green Publishing Co.
- SHADY, Ruth et al. (2009). *Caral. La civilización más antigua de las américas: 15 años develando su historia*. Lima: Instituto Nacional de Cultura.
- SWENTZELL STEEN, Athena et al. (1994). *The Straw Bale House*. Vermont, EE.UU.: Chelsea Green Publishing.
- TEJADA, Urbano (2001). *Buena tierra. Apuntes para el diseño y construcción con adobe*. Lima: CIDAP.
- VAN LENGEN, Johan (1988). *Manual del arquitecto descalzo*. México D.F.: Concepto.
- VITRUVIO, Marco Lucio (1985). *Los diez libros de la arquitectura*. Barcelona: Iberia.
- WARREN, John (1999). *Conservation of earth structures*. Oxford, U.K.: Butterworth Heinemann.

Experiencias de bioconstrucción.
Conceptos generales y visiones desde México
editado por Bonilla Artigas Editores
se terminó de imprimir en noviembre de 2021.

Para su composición se utilizó la tipografía Caecilia.
La edición constó de 1 000 ejemplares impresos
en papel bond blanco de 90g.
