

Fig 55 y 56 : Fotografía.
Tapialblock 100x40x15 de
textura superficial rugosa,
producto de Fetdeterra.

Fuente: FetdeTerra:royec-
tos y productos innovado-
res de tierra. Sainz de la
Mata, Maite.

Web oficial: <https://www.fetdeterra.com/productos/>

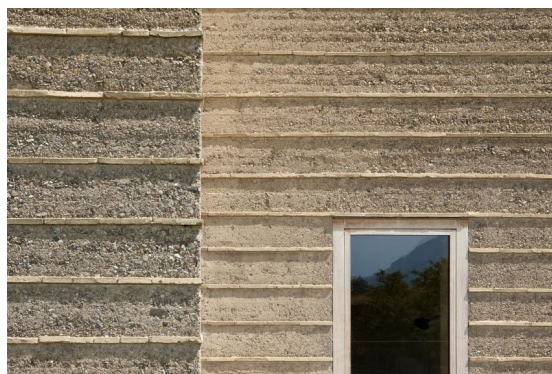
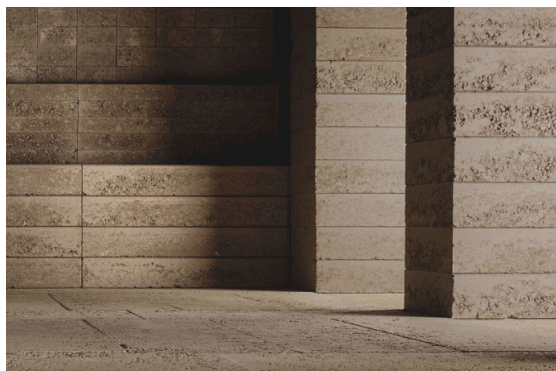


Fig 57 y 58 : Muros de tie-
rra apisonada de la cons-
tructora LehmTonErde

Fuente: Lehm Ton Erde
Baukunst GmbH.

Recuperado de la Web ofi-
cial: <https://www.lehmtonerde.at/de/>



4_ RECICLAR

Tal y como han sido definidos en Página web de la Comisión Europea, la construcción generamos el 50% de materiales extraídos, el 30% del consumo de agua y el 35% de residuos. Y por si fuera poco, el 54% de los materiales de demolición los enviamos al vertedero en lugar de reutilizarlos.

La clave para cambiar el pensamiento lineal por uno cíclico es que el concepto 'residuo' desaparezca. Aunque la tierra nos proporcione los recursos naturales de forma finita, no significa que su uso también lo sea. Un muro de tapial no debe concebirse como una propiedad permanente, si no, que se hará un uso temporal de ello, y una vez que cumpla su función o deje de ser necesario, se permite que este siga su ciclo, se reúse o se recicle.

El futuro de las ciudades dependerá inevitablemente de la recuperación y reciclaje de los materiales presentes. Si optamos por construir estos con materiales adaptables como la tierra, supondrá que además de pensar y construir edificaciones sostenibles de alto rendimiento, estaremos considerando el proceso y el destino de cada muro que levantemos, involucrando a las personas en considerar estas expectativas y preocupaciones.

ESTRATEGIA_DISEÑO PARA EL DESMONTAJE

Podemos facilitar el reciclaje de los bloques o muros de tierra desde el inicio. Desing for Disassembly (DfD) definido por primera vez en la década de 1990, es una práctica preocupada por la tasa baja de reciclaje en la industria de la construcción.

“Por definición, el diseño para el desmontaje es un enfoque de diseño destinado a facilitar las futuras alteraciones y el desmontaje de las estructuras construidas -ya sea parcial o total- previendo la reutilización de sus sistemas, componentes y materiales, asegurando así que el edificio pueda ser reciclado eficientemente hasta el final de su vida útil”

Actualmente esta práctica no es tan común como la demolición, lo que hace que sea un desafío más costoso y lento, sin embargo según señala la investigación publicada por la EPA en 2009 la deconstrucción sería más rentable si las construcciones se realizasen mediante materiales reciclables y reutilizables, lo que equilibraría costos laborales. Así pues, si se estandarizase el uso del bloque o muro de tierra cruda en las ciudades, favorecería el desarrollo de esta iniciativa.

Requiere de una planificación previa muy exhaustiva de desmontaje, y es primordial detallar todas las uniones y conexiones entre elementos. Se da prioridad a aquellos que están atornillados en lugar de soldados o pegados. Estas condiciones dan lugar a estructuras más flexibles y adaptables, preferiblemente modulares, que responderán mejor a los cambios pues, el desmontaje puede ser parcial y no total.

No es una tarea fácil y trae consigo un esfuerzo adicional en el proceso de diseño, pero la idea de usar un material tan sostenible como la tierra cruda para montar nuestras ciudades y, con la posibilidad incorporada de posteriormente desmontarla minimizando los residuos y contaminación, es un esfuerzo que vale la pena y en el que no debemos escatimar. Es una iniciativa que apoya el motor de cambio que se persigue desde el inicio de este trabajo.

TESTIMONIOS

TESTIMONIOS PIONEROS

FRANCIS KÉRE

Nació en Burkina-Faso, dónde realizará la mayor parte de su obra. Adquirió fama con su primera escuela de primaria en Gando. Fue gracias a su comunidad por la que pudo beneficiarse de una formación profesional y a desarrollar su carrera en la Universidad Técnica de Berlín.

La escuela fue un gesto de gratitud hacia su comunidad, un gesto solidario, un deber cumplido en favor a los niños de Gando.

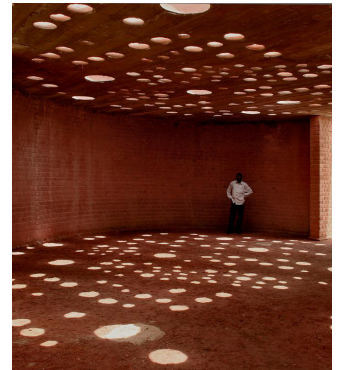
Demostró que la arquitectura debe, mas alla de su utilidad, ser el reflejo de un compromiso social y humanitario.

Todos los proyectos piloto, demuestran cómo Kéré supo hacer que su comunidad aceptara el empleo de este material tradicional, considerado en ocasiones “anticuado”.

Así, este pionero consiguí trazar el camino hacia una arquitectura sostenible y contemporánea, cambiando la imagen de precariedad que tenía la tierra, a través de sus ejemplares edificios.

Es el resultado de la voluntad de respetar la tradicion africana y reinterpretar la sabiduría vernácula.

Kéré es una figura emblematica de la renovacion de la arquitectura de tierra a nivel mundial, asegurando el progreso cultura, social, ético, ecológico y tecnológico





WANG SHU Y LU WENYU

Su trayectoria lo posiciona en una lucha por una revitalización crítica de la tradición arquitectónica de China.



Militan a favor de la recuperación de la artesanía y de la reutilización de materiales resultantes de la destrucción masiva de edificios antiguos.

Proyectaron una obra maestra, una gran casa de huéspedes en el corazón del CAA, es fruto de una cooperación franco-china que se formó por el interés de estos arquitectos por la acción y trabajos de CRATerre. Ambos enlazaron sus conocimientos y los dieron a conocer a técnicos, artesanos y docentes, durante dos años en Hangzhou.



Son los pioneros de una nueva arquitectura que persigue una línea humanista y ecológica, que intenta recuperar la cultura arquitectónica China.

TESTIMONIOS_ USO RESIDENCIAL

A. TROPICAL-TEMPLADO

VIVIENDA SOCIAL EN FRANCIA,
BARRIO DOMAIN DE LA TERRE.

Se desarrolló un proyecto para la construcción de barrios piloto de viviendas sociales, en asociación con diversas instituciones públicas, en la región Ródano – Alpes en Francia, donde la construcción con tierra es una tradición ancestral.

Se erigió allí la ciudad nueva de L'Isle-d'Abeau para servir como laboratorio de las viviendas del futuro. La cooperación del proyecto estaba dirigida por representantes locales, quienes propusieron un concurso nacional de arquitectura para edificar un barrio urbano de 65 viviendas sociales. Decidieron seleccionar a 10 equipos para llevar a cabo la elaboración de un prototipo que pusiera en valor un a de las técnicas de construcción con tierra: tapial, bloques de tierra comprimida (BTC) o mezcla tierra-paja.

En 1985 fue visible el éxito de esta ciudad jardín que contó con el apoyo de la prensa a nivel internacional y fue objeto de numerosas visitas de expertos quienes afirmaron que se trataba de una ambiciosa operación con interés por modernizar la construcción con tierra. En 2008, se consideró “patrimonio ejemplar de desarrollo sostenible”. En 2001, en esta misma región se creó un centro pedagógico encargado de una nueva dinámica destinada a definir el futuro de la construcción con tierra.

EDIFICIO SALVATIERRA, FRANCIA.

En Francia se encuentra el edificio bioclimático Salvatierra, el cual alberga 43 viviendas sociales repartidas en 6 niveles en una extensión de 3100m². Cuenta con la particularidad de una fachada orientada

al sur construida por un ensamblaje de elementos prefabricados en bauge de 50 cm de espesor. De esta manera aseguran una temperatura interior regular y la comodidad de sus habitantes, gracias a la inercia térmica de este material natural. Este proyecto edificado en 2001 en Rennes por Jean-Yves Barrier ha abierto nuevos horizontes al empleo de esta técnica de ecoconstrucción con tierra tradicionalmente usada en las zonas rurales.

VIVIENDA SOCIAL, COLOMBIA

El arquitecto Darío Angulo, tras su formación en CRATerre en Francia, se lanzó en 1994 en Colombia a la producción semiindustrial de bloques de tierra comprimida. Su alta comercialización durante 25 años ha contribuido a cambiar la concepción sobre este material hasta entonces ignorado por los profesionales de la construcción colombianos. Así se han edificado más de mil alojamientos agrupados en los nuevos barrios periféricos de Bogotá. Desde entonces, Angulo extendió su campo de acción en favor de la vivienda social

VIVIENDAS – ECUADOR

Ecuador, es uno de los países que a principios del siglo XXI contribuyen a la renovación de la arquitectura de tierra, donde Rama Estudio edificó en 2019 una casa vacacional que constituye una evidente innovación en este país. Sus arquitectos encontraron la inspiración en el conocimiento tradicional local y los materiales naturales disponibles. De esta construcción emana un espíritu de lujo, calma y voluptuosidad, debido especialmente al empleo adecuado y generoso del tapial que dialoga con la madera del pavimento y su amplia estructura que corona esta obra maestra de la arquitectura doméstica.



Fig 60 : Fotografia. Vivienda social en Francia.
 Fig 61: Fotografia. Vivienda social en Tailandia

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 62, 63 y 64 :
 Fotografia. Vivienda en Cotopaxi, Ecuador.

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)

B. CONTINENTAL

VIVIENDAS ESTADOS UNIDOS

Las casas edificadas con tapial por Rick Joy en Arizona constituyen testimonios de la renovación de la arquitectura doméstica de tierra que tuvo lugar en Estados Unidos a principios del siglo XXI. Joy, partidario de un minimalismo conceptual y material, consiguió transmitir a sus construcciones una belleza serena aportando a sus proyectos una calurosa voluptuosidad. Supo dotar de un aire de sensualidad con el espíritu, la textura y la luminosidad del tapial a sus arquitecturas ecológicas. Consiguió hacer dialogar a sus construcciones de tierra con materiales industriales como el acero Cortén. El resultado fue un claro portador de modernidad a la vez que actuó como referencia a los patrimonios vernáculos.

VIVIENDAS – AUSTRIA Y SUIZA

El arquitecto con mayor reputación en la construcción de edificios de tapial fue Martin Rauch, del que se hablará en capítulos posteriores, por su actual investigación en elementos prefabricados.

Se formó como ceramista, pero fue en 1999 cuando desarrolló todo su talento en el ámbito de la tierra cruda a través de la fundación de la empresa de construcción Lehm Ton Erde. Desde entonces, acuden a él los arquitectos más famosos, entre los que destaca Herzog & de Meuron. En Rauch predominan la modestia y discreción, acordes con las tradiciones del mundo rural en las que continúa arraigado. Su excelencia profesional, así como el refinamiento minimalista de sus obras, parecen el resultado de un triple anclaje de su personalidad: su origen campesino, su pertenencia a un territorio marcado por el protestantismo y su educación racionalista.

Además de sus excepcionales conocimientos como constructor con tapial, Rauch excluye cualquier adición de productos industriales a la tierra.



Fig 65 : Fotografía. Vi-
vienda tucson Mountain
House, EEUU

Fuente: DETHIER, J.
(2019) “ Habiter le terre”.
Blume, Bussière, París.
(págs. 406-458)



Fig 66 y 67 : Fotografía.
Vivienda en Suiza

Fuente: DETHIER, J.
(2019) “ Habiter le terre”.
Blume, Bussière, París.
(págs. 406-458)

C. SECO

VIVIENDAS ADOSADAS – AUSTRALIA

El arquitecto Luigi Rosselli edificó en 2014 en Australia un grupo compacto de doce pequeñas casas destinadas a albergar a los pastores. En un paisaje rural y hasta entonces virgen, se extiende una gran pared de 230m portante de tapial. Sus ondulaciones permiten la individualización de las casas adosadas. Para asegurar el confort térmico dado el clima cálido, su cubierta plana está revestida por una gruesa capa de tierra arenosa, donde crecerá la vegetación. Este programa fue premiado en 2017 para poner en valor las arquitecturas más creativas construidas con tierra.

VIVIENDAS – MARRUECOS

En la década de 1980, Marruecos se convirtió en un fuerte destino turístico donde los extranjeros más pudientes se hicieron construir grandes casas de vacaciones en el marco idílico de su palmeral. Elie Mouyal fue en esa época casi el único arquitecto que supo responder a esta demanda edificando lujosas villas con tapial y adobe. Su presencia confirma que este material natural siempre ha sido, y continúa siendo adecuado para las viviendas de cualquier clase social. Sus seductoras construcciones revelan dos de las características del ingenio creativo de su diseñador. Gracias a sus estudios en Francia Mouyal supo asimilar un vasto repertorio de arquetipos arquitectónicos provenientes del mediterráneo y de Marruecos. De esta manera desplegó una gran tipología de bóvedas, cúpulas y otras estructuras innovadoras. Su creatividad como arquitecto y promotor le permitió conseguir una construcción refinada e inventiva con múltiples técnicas y lógicas de construcción con tierra.



Fig 68 : Fotografía. Vivien-
das adosadas en Australia

Fuente: DETHIER, J.
(2019) " Habiter le terre".
Blume, Bussière, París.
(págs. 406-458)



Fig 69 : Fotografía. Vivien-
das en Marruecos

Fuente: DETHIER, J.
(2019) " Habiter le terre".
Blume, Bussière, París.
(págs. 406-458)

TESTIMONIOS_USO PÚBLICO

A TROPICAL-TEMPLADO

LUGARES DE MEDITACIÓN, FRANCIA.

En Francia, en el corazón de los Pirineos, está prevista la inauguración de un lugar de meditación de tapial concebido por los arquitectos Richard Rowland y Marie Nicolazzi.

Los lugares destinados a la meditación se han multiplicado en los últimos años en aquellas sociedades denominadas avanzadas, debido a la angustia, estrés y depresión que padecen. Estos lugares han de ser un remanso de seguridad y paz donde se desprenda armonía y serenidad. El buen uso de la tierra permite dar respuesta a estas exigencias.

ESCUELAS DE PRIMARIA, FRANCIA, CHINA , TAILANDIA Y MADAGASCAR.

El empleo arquitectónico de la tierra puede adaptarse a un gran espectro pedagógico, social, cultural y climático

Escuela concebida por el estudio Design & Architecture y Vicent Rigassi en Veyrins-Thuellin, Francia.

Escuela bioclimática en Maosi, en la provincia de Gansu, en China, obra de Mu Jun y Edward NG (2006).

Panyaden, escuela budista privada creada por Chiangmai Life Architects en 2012 en Chiang Mai, Tailandia, con albañilería con tapial portante protegida por una cubierta en gran voladizo apoyada sobre carpintería de bambú.

Otro ejemplo en Tailandia es Escuela flotante en el cielo concebida

por el arquitecto Kikuma Watanabe, bajo una amplia cubierta construida en paja se reparten los distintos islotes destinado a impartir clases, unos abiertos a la naturaleza, otros más intimistas. Sus muros se han levantado con un ensamblaje de sacos de tejido rellenos de tierra y posteriormente revestidos

Escuela primaria en Madagascar creada por el arquitecto Jean-Paul Viguier.

ESCUELA SECUNDARIA EN NUEVA CALEDONIA, AUSTRALASIA

En Nueva Caledonia se levantó la escuela d secundaria Païamboué en Koné, obra de los arquitectos Berthier y Frassanito y de Espaces Libres. Fue construida con tapial estabilizado con entre un 2 y un 6% de cemento. Además la tierra con la que se construyó este edificio fue elegida por representantes del pueblo de Kanak.

CAMPUS UNIVERSITARIO, CHINA

En China, el campus de Xiangshan, situado a orillas de la ciudad de Hanzhou, aparece como una obra única en su género. Fue creada agrupando los 22 nuevos edificios de la China Academy of Arts, que albergaba a 8000 estudiantes. El arquitecto Wang Shu y su esposa erigieron en el centro un área destinada a albergar a los huéspedes más prestigiosos. Con este fin, construyeron sobre 67000m² un conjunto refinado de lugares de encuentro y de trabajo, de restauración, de alojamiento y de meditación.

Está dividido en dos o tres niveles en el entorno de un paisaje arquitectónico deliberadamente laberíntico cuya unidad espacial está asegurada por una gran cubierta diseñada como una auténtica obra

de arte. Su carpintería parece flotar sobre el edificio para proteger una veintena de altos muros paralelos. Construido con tapial, material natural que caracteriza desde hace mucho tiempo la arquitectura vernácula china que Wang Shu y Lu Wenyu reactualizan.

PISCINA MUNICIPAL, ESPAÑA

En la provincia de Zamora encontramos la emblemática piscina municipal de Toro, concebida por la agencia Vier Arquitectos, fue inaugurada en 2010. Este edificio de 2450 m² puede recordar de manera sutil la tradición de las austeras fortalezas de Castilla, pero el espacio interior revela la fuerza de su tratamiento contemporáneo.

El tapial está estabilizado en este caso con un 4% de cemento blanco y un 2% de cal. Compuesto por muros portantes revestidos de aditivos comunes en cualquier edificio que se encuentre en un entorno acuático como pueden ser los fungicidas e hidrófugos. Este templo dedicado a la natación es el resultado de un juego entre los lechos horizontales de tapial ocre, las líneas oblicuas de luz blanca que se proyectan desde la cubierta y su reflejo invertido en el agua. Por primera vez se asocian en un mismo lugar dos componentes principales de nuestro entorno natural: la tierra y el agua.



Fig 70 : Fotografía. Escuela de primaria, Tailandia.
Fig 71: Piscina municipal, España-

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 72 : Fotografía. Escuela de primaria, Tailandia
Fig 73: Fotografía. Escuela de primaria, China

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 74 : Fotografía. Campus universitario, China.
Fig X: Fotografía. Escuela de primaria, Francia

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 75 : Fotografía. Escuelas ecundaria, Australasia

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)

B. CONTINENTAL

LUGARES DE MEDITACIÓN, REPÚBLICA CHECA.

David Mastálka y el artista Vojtech Bilisic han concebido un lugar de meditación inspirándose en la casa de té japonesa. combina un pavimento de juncos trenzados y un cielo compuesto por una cúpula traslúcida, propicia para el estado de ensoñación.

MUSEO, CANADÁ

El primer muse de tierra fue construido en África a finales de la década de 1970, allanando el camino a una tendencia que se ha extendido a otros continentes como Norteamérica, donde encontramos en Canadá el museo Nk'Mip Desert Cultural Center, Inaugurado en 2006 en Osoyoos, Canadá, es obra de DIALOG.

CAPILLA, ALEMANIA

A pesar de su tamaño modesto (108m²), este lugar es a la vez un fenómeno, un desafío y una destacada obra arquitectónica. Es el único edificio contemporáneo construido con tierra en el centro de una gran metrópolis de Europa. Esta obra estuvo a punto de impedirse por parte de las autoridades de la ciudad, ya que tanta innovación les desconcertaba e inquietaba. Fue inaugurada en el año 2000 en las inmediaciones del Muro de Berlín, esta capilla fue concebida por los arquitectos Rudolf Reitermann y Peter Sassenroth. Presenta una planta oval con dos paredes complementarias: la fachada está compuesta por una ligera celosía de madera revestida en el interior por un muro de tapial de 7 metros de altura



Fig 76: Fotografía. Capilla en Alemania.

Fuente: DETHIER, J. (2019) "Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 77 : Fotografía. Centro de meditación

Fuente: DETHIER, J. (2019) "Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 78 : Fotografía. Museo en Canadá.

Fuente: DETHIER, J. (2019) "Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)

C. SECO

ESCUELA DE PRIMARIA, BURKINA-FASO

La escuela construida por el arquitecto Francis Kéré en Burkina-Faso adquirió rápidamente un reconocimiento internacional. Las características e innovaciones de este proyecto piloto son de tal importancia que fueron objeto de un ensayo dedicado al talento de este arquitecto africano, quien, desde ese momento, contribuyó a la renovación de las arquitecturas construidas con tierra.

ESCUELA DE SECUNDARIA, BURKINA-FASO Y LONGONI.

El arquitecto Francis Kéré continuó con su acción solidaria con los habitantes de su ciudad natal, esta vez con la construcción de una escuela de secundaria para adolescentes.

Conformada por una cubierta de doble capa que garantiza la ventilación transversal, al mismo tiempo que su saliente protege las paredes de la radiación solar, garantizando a las aulas de una temperatura adecuada sin la necesidad de recurrir a los costos aires acondicionados. En este caso las paredes se construyeron con bloques de laterita y no con ladrillos de tierra comprimida. Esta tierra tiene la particularidad que al contacto con el aire aumenta su endurecimiento lo que asegura una gran solidez.

En Longoni, en la isla de Mayotte los arquitectos del estudio Encore Hereux y de Co-Architectes dieron preferencia a la madera y la tierra, materiales ecológicos locales, para la construcción de esta escuela dedicada al oficio de la construcción y de su internado.

HOSPITALES Y DIPENSARIOS, ADRAR Y BURKINA-FASO

Durante muchos años, se ha evitado construir edificios de tierra con finalidades médicas ya que se consideraba incompatible con las medidas higiénicas. Aunque el arquitecto Michel Luyckx fue el primero en edificar un hospital de tapial en 1942 en Adrar, en el Sahara de Argelia, esta obra pionera fue única durante mucho tiempo.

En 2012, Francis Kéré erigió una maternidad y un centro quirúrgico de 1900m² en Leo, Burkina-Faso

BIBLIOTECAS PÚBLICAS, BURUNDI

En el corazón de África, en Burundi, el grupo belga BC Architects construyó esta biblioteca con ladrillos de tierra comprimida, inaugurada en 2012 en Muyinga. Es el resultado de la simbiosis entre las técnicas innovadoras y el estudio de las tradiciones arquitectónicas de la región, como, por ejemplo, las hamacas propuestas como un refugio propicio para la lectura que ofrecen una agradable atmósfera distendida.

CENTROS COMERCIALES, BURKINA FASO.

La construcción con tierra también se ha extendido a diversos edificios destinados al comercio. Gran mercado público de 27500m² construido con ladrillo de tierra en el centro de la ciudad de Koudougou, Burkina-Faso, obra de los arquitectos suizos Laurent Séchaud y Pierre Jéquier.

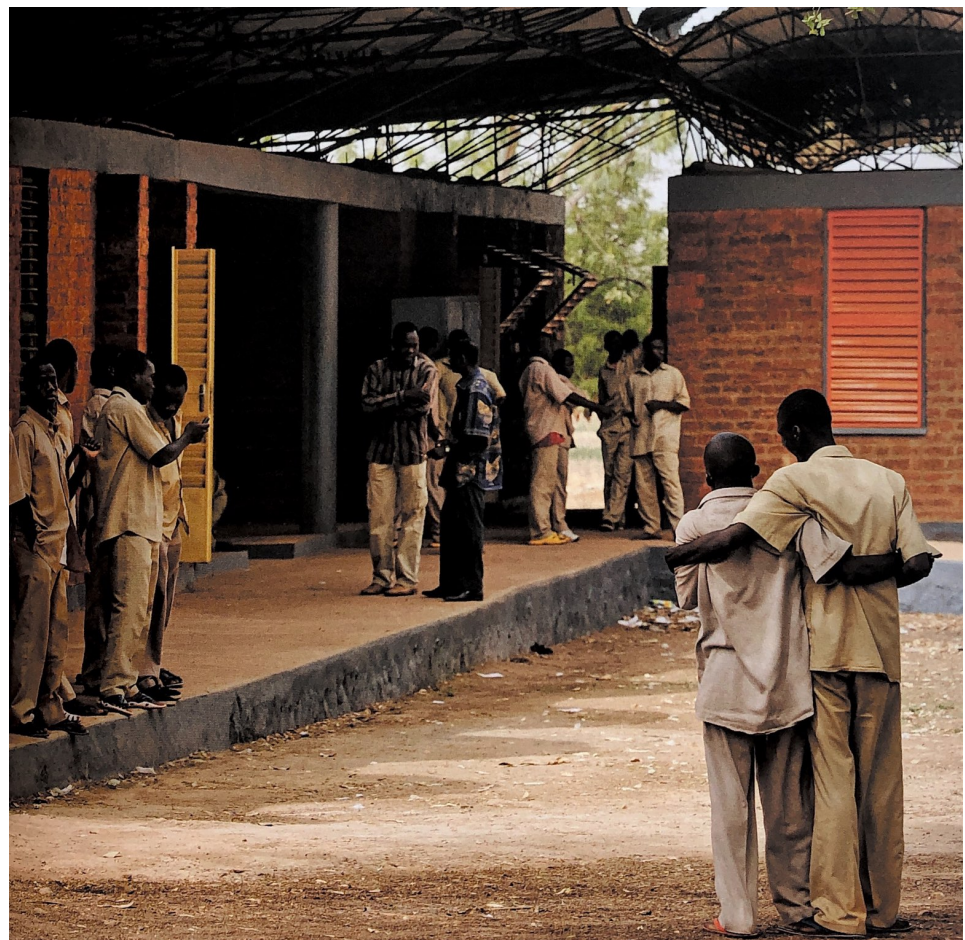


Fig 79 : Fotografía. Escuela secundaria Burkina-Faso
Fig 80: Fotografía. Biblioteca en Burundi

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 81 : Fotografia. Escuela de primaria. Burkina-Faso

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 82 : Fotografia. Biblioteca en Burundi

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)

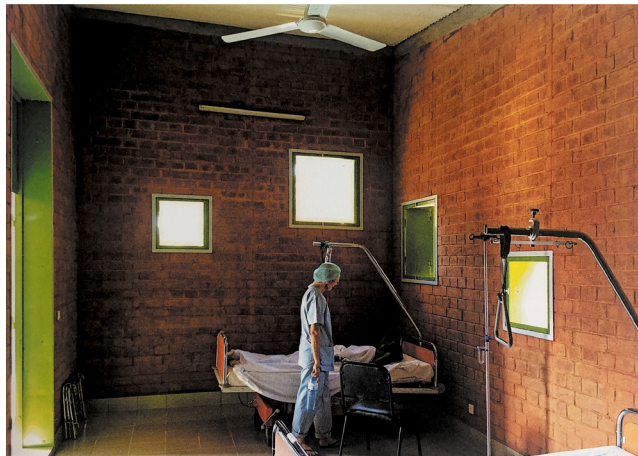


Fig 83 : Fotografía. Hospital y dispensario.

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



Fig 84 : Fotografía. Centro comercial, Burkina-Faso

Fuente: DETHIER, J. (2019) " Habiter le terre". Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)

EJEMPLO



ANNA HERINGER

ENLACE ENTRE EL PRESENTE Y FUTURO.

Se ha convertido en la chispa que enciende la revolución de la arquitectura que usa materiales locales como solución a las necesidades constructivas del lugar, apoyado por las nuevas técnicas y tecnologías modernas.

“Conviviendo con los habitantes de Rudrapur aprendí que la estrategia más eficaz para un desarrollo sostenible es apreciar y usar tus propios recursos y potencial y no volverte dependiente de factores externos. Para los materiales sostenibles de construcción no tuve que indagar mucho, estaban debajo de mis pies: barro, tierra, arcilla y el bambú que crecía por todas partes.”

LAS REGLAS PARA “JUGAR CON EL BARRO”

El reto de Heringer en su primer proyecto era el de proporcionar mejoras constructivas a las ya existentes, caracterizadas por estar realizadas con técnicas tradicionales de tierra y bambú pero con malas soluciones ante el agua y durabilidad.

Propone seguir tres pasos básicos:

sombrero, zapatos y control de la erosión.

Primera regla: un buen cimiento que aisle la pared del suelo

Segunda regla: un buen techo que proteja la pared superior

Tercera regla: se necesitan reductores de velocidad para que el agua de lluvia no se deslice por ellas. Estos pueden ser o bien palos de bambú, piedras o mezcla de paja con lodo, lo compara con, la necesidad de árboles o piedras de una montaña para evitar su erosión.

LA SABIDURÍA DE LOS EDIFICIOS DE BARRO DE HERINGER. ESCUELA METI “LA ARQUITECTURA SE MIMETIZA CON LOS FINES EDUCATIVOS”

Heringer concibió en 2006 una escuela de primaria que ha adquirido renombre internacional en Bangladés. En esta obra se observan nuevas prácticas y éticas donde la simbiosis conduce a un resultado ejemplar.

En lugar de realizar un trabajo de final de carrera de naturaleza teórica ella prefirió encargarse de la construcción de un edificio experimental que materializara sus convicciones sociales y ecológicas. La población participó en la construcción al concebirse el edificio, en sí mismo, como lugar de formación de artesanos

Las tres aulas de las que consta la escuela, dejan atrás la jerarquía convencional de los bancos y pasan a ser sustituidos por una agrupación igualitaria de los alumnos sentados en círculo sobre esteras. Y cada aula se prolonga en unos nichos reservados a los niños, cuya intimidad cálida y sensual evoca el vientre de la madre

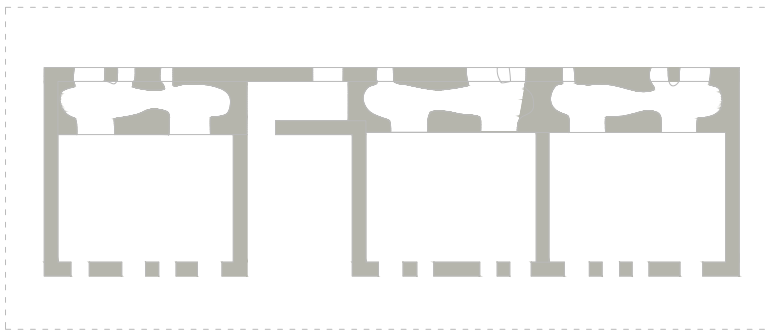
Página siguiente : Fotografía. Escuela Meti. Bangladés Fuente: DETHIER, J. (2019) “ Habiter le terre”. Blume, Bussière, París. (págs. 406-458)



El empleo de la tierra se estratifica según los niveles:

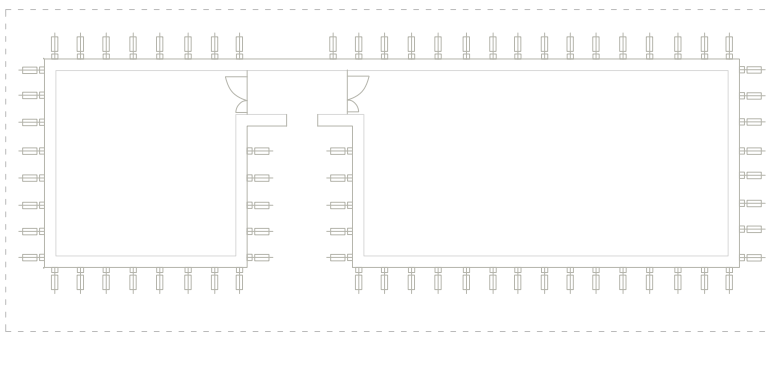
En la planta baja se usa una técnica monolítica (COB, véase Capítulo II) a base de tierra, arcilla, paja y agua. Se disponen trozos de bambú que sobresalen de las paredes y vuy función es retrasar la escorrentía del agua. Estas paredes gruesas y pesadas, proporcionan una temperatura interior estable a pesar de las exteriores gracias a su gran inercia térmica (*véase apartado de este Capítulo, material para una arquitectura bioclimática*)

Fig 43: Planta baja Escuela METI
Fuente: Elaboración propia



Sin embargo, para la planta superior, utiliza una estructura liviana de bambú, con aperturas regulables (persianas de bambú tejido) para controlar la radiación solar.

Fig 43: Planta superior Escuela METI
Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 4: FUTURO

Hacer más y mejor con menos.

MATERIAL ANCESTRAL PARA CONSTRUIR EL FUTURO

Puntos fuertes y amenazas
Respuesta ante distintos retos
La tierra en el entorno urbano

TESTIMONIOS

Martin Rauch
Sébastien Moriset
Anna Heringer

EJEMPLOS:

Impresión 3d

ANEXO I:

TROPICAL- TEMPLADO SECO CONTINENTAL

MATERIAL ANCESTRAL PARA CONSTRUIR EL FUTURO

¿CUÁL ES EL FUTURO DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA?

_AMENAZAS:

REACCIÓN DEFENSIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL

Las multinacionales que se vieran afectadas, podrían adoptar una posición defensiva ante el temor de perder sus cuotas de mercado. Estos grupos de presión pueden poner en práctica campañas de desacreditación de la competencia y generar dudas de la legitimidad de las cualidades de este material con la intención de frenar y limitar las perspectivas de desarrollo de la arquitectura de tierra.

La política es, muchas veces, cómplice de los intereses económicos de industrias que, en numerosas ocasiones, se encuentran enfrentados a los intereses de la lucha contra la emergencia ecológica. Con actitudes de recelo a la hora de tener en cuenta las aportaciones tan positivas de la alternativa que sugiere la tierra.

Es común que los agentes gubernamentales favorezcan, con tasas reducidas, a algunos sectores industriales, beneficiando la producción de estos materiales, incompatibles con la sostenibilidad. Sin embargo, la tierra no se vería afectada en este aspecto, puesto que es un material que no beneficia a ningún grupo de presión internacional para hacer una puesta en valor de sus ventajas y que se defiende su uso.

NORMATIVA

A pesar de que la tierra ha sido utilizada desde hace siglos, la normativa es cada vez más estricta y severa, a menudo de inspiración tecnocrática. En la mayoría de países desarrollados surgen numerosos

inconvenientes y problemas tanto legales como técnicos para poder proyectar y llevar a cabo una construcción con tierra.

En la actualidad, se tiende a publicar una visión conjunta de varias finalidades, evitando las normas específicas en cuanto a métodos de ensayo, procesos de fabricación o especificaciones. La mayor parte de las normas trata sobre producto, y se refieren a una o dos técnicas.

La más destacada es la referida a los bloques de tierra comprimida, para los que sí abunda su regulación en cuanto a características geométricas y dimensionales, de acabado, físico-químicas etc...

Es necesario, una normativa y reglamento que abarque la construcción con tierra en su totalidad.

Hoy en día, el modelo de Nueva Zelanda, según los datos estudiados es el único país en el que la legislación acerca de la construcción con tierra es equiparable al enfoque que se le da a cualquier otro material de construcción, en el cual, se definen las técnicas y se desarrolla el proceso de ejecución de todas ellas, además, de ofrecer una descripción exhaustiva de los procedimientos de ensayo propuestos.

TABLA 7 Normativa en Nueva Zelanda y España

Fuente: Informes de la Construcción (2011) Las normativas de construcción con tierra en el mundo, Vol. 63, 523, 159-169

PAIS	Norma		Campo de aplicación	Selección de suelos	Requisito de productos	Ensayos	Fabricación	Construcción
España	UNE 41410:2008	BTC	Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo	x	x	x		

Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998	Adobe, BTC, tierra vertida, tapial	Diseño estructural y durabilidad				x	x
	NZS 4298, 1998		Caracterización de los materiales y especificaciones. Procedimientos de ensayos	x	x	x	x	
	NZS 4299, 1999	Adobe, BTC, tapial	Requisitos de diseño y construcción para adobe, BTC, o tapial				x	x

Si lo comparamos con la primera norma española de construcción en tierra, desarrollada en 2008 y la primera norma europea no experimental para bloques de tierra comprimida, emitida por AEN/CTN 41 SC 10 “Edificación con tierra cruda” de AENOR, observamos las siguientes diferencias con la neozelandesa:

DOCENCIA INSUFICIENTE

Tres millones de personas viven en viviendas realizadas con tierra, y sin embargo, este ámbito de competencia aún no se enseña lo suficiente. *¿Por qué no se estudia en la universidad o en centros técnicos como material constructivo?*

Este desconocimiento implica que parte de la población, sobre todo de países en vías de desarrollo, no puedan acceder a viviendas de calidad. La ignorancia por parte de arquitectos, economistas o promotores, les empuja a valorar y utilizar solo las tecnologías high-tech que incrementan el coste energético y deterioran la economía local, la creación de empleo y accesibilidad a la vivienda.

Es esencial que todos los profesionales tengan la posibilidad de acceder a una formación de calidad respecto al uso de la tierra. Estos conocimientos permitirán el desarrollo de una arquitectura contemporánea que haga justicia con el material ecológico.

Para todo esto resulta imprescindible una revolución pedagógica que cuestione el acto de la construcción y su relación con la ecología. Y, una vez que se difunda, la normativa permitirá ser más flexible y menos abusiva porque se reducirán las restricciones impuestas por los grupos de presión del “*todo hormigón*” y no será necesaria la “*desobediencia del arquitecto*” según la expresión de Renzo Piano, para construir y promocionar nuevos usos y alternativas de la arquitectura de tierra.

Anna Heringer decidió viajar a Harvard de la mano con el barro y así reivindicar su incorporación como objeto de estudio.

“Al no ser materia en la escuela de arquitectura decidí llevarme el lodo a Harvard, en concreto 60 toneladas en frente de la fachada de la escuela superior de diseño. Estudiantes y profesores se pusieron manos a la obra y la fachada se convirtió en un lugar para reuniones: los niños escalaban las estructuras, los patinadores montaban la rampa, los estudiantes tenían el recreo del almuerzo y fue increíble ver cuánta gente tocaba la pared, y no solemos ir por las ciudades acariciando fachadas ¿Verdad?”

Fuente: Web oficial de Anna Heringer, arquitectura,
<http://www.anna-heringer.com/>



_PUNTOS FUERTES:

Desde la década de 2010 se constata un cambio social impulsado por una generación que reivindica estrategias ambiciosas de carácter ecológico. Se ponen en práctica nuevas lógicas de vida y de pensamiento, nuevas maneras de actuar y habitar cuya meta es promover la construcción de ciudades, barrios y viviendas de manera responsable.

Este alcance tiene cabida gracias al resultado de su movilización por redes sociales, que ha permitido a constructores y promotores interesarse y recopilar información necesaria para construir viviendas con tierra. La tierra también se convierte en tendencia acentuada gracias a revistas, páginas web y libros. Las organizaciones no gubernamentales tienen su papel, y es que inician numerosos programas de construcción de vivienda económica de tierra para países emergentes.

Todo esto hace que se multipliquen los encuentros, charlas y congresos en los que se intercambian conocimientos, impulsando a arquitectos reconocidos mundialmente a implicarse en la construcción con tierra.

Por otro lado, CRAterre impartió una enseñanza universitaria en la Escuela de Arquitectura de Grenoble dedicada a las arquitecturas de tierra y el desarrollo sostenible, formando miles de especialistas y estos a su vez han transmitido sus conocimientos en un centenar de países.

En 2015, CRAterre y Amáco demuestran que es posible aplicar la tierra a la economía circular y que, parte de las materias extraídas de grandes obras, son compatibles con las exigencias técnicas de la construcción con tierra. Este potencial había sido ignorado por el desconocimiento de esta tierra como material explotable para la

construcción. Pero más allá de esto, hay una revolución conceptual: a partir de ahora, esa tierra procedente de la excavación no se considera residuo sino recurso.

Desde este momento, junto a las capacidades físicas intrínsecas de la tierra, se le añaden cualidades ecológicas y sostenibles, ligadas a una tradición local y vernácula, convirtiendo a este material en uno de los favoritos para la renovación ecológica tan esperada para hacer frente a los grandes riesgos del cambio climático.

Por tanto, esta lógica de ecoconstrucción debe continuar evolucionando gracias al activismo de nuevas generaciones, hasta alcanzar un nivel óptimo de madurez.

RESPUESTA DE LA TIERRA ANTE DISTINTOS RETOS

I_CONTEXTO: Fin de la era de los combustibles fósiles

Michael Liebreich , afirma que la sustitución de tecnología contaminante por nueva sostenible es “como esperar un estornudo”:

“Durante la próxima década veremos un despliegue mucho más rápido de lo esperado de una serie de tecnologías de energía limpia, lo que casi con toda seguridad significará una parada de las emisiones mundiales.”

En la entrevista que le concedió a The Guardian asegura que este periodo es de rápida transformación y que pondrá fin a los productores de combustibles fósiles que no se adaptan y al aumento de las emisiones de carbono.

Se sustituirá por energías renovables y limpias, asegura BNEF, que hoy en día es más barata que la construcción de una nueva central de carbón o gas, y que los proyectos de energía renovables construidos desde cero aseguran a eliminar las emisiones de los sistemas de transporte y calefacción del mundo.

Aquí entran en juego materiales como la tierra, los cuales se adaptan y cumplen perfectamente las nuevas necesidades para lograr un futuro sostenible.

Tras un recorrido por el pasado y un estudio minucioso de las ventajas por las que muchos arquitectos escogen la tierra en el presente, podemos enumerar distintos retos a los que puede enfrentarse la tierra como material constructivo de manera satisfactoria.

La tierra, puede ser un gran aliado para solventar problemas de accesibilidad a viviendas de calidad en países en vías de desarrollo, si se dota de conocimiento y herramientas necesarias para asegurar la durabilidad y protección. Permite la autoconstrucción que, apoyada

por las nuevas innovaciones y tecnológicas estudiadas, posibilita a aldeas o pueblos enraizados con este material, continuar construyendo sus casas, a la vez que se respeta su tradición y paisaje.

Además, cuida los principios de conservación y rehabilitación del patrimonio vernáculo. La intervención contemporánea en edificios y asentamientos vernáculos con tierra respeta su carácter tradicional y valor cultural. Obedeciendo no solo a los elementos materiales y estructuras, sino al modo en el que es usado e interpretado por la comunidad.

A las construcciones de obra nueva, sobre todo de carácter público, que son las que más energía consumen, atendiendo a las estrategias y medidas pasivas que, basadas en nuestros ancestros (Capítulo II) y que se aplican en el presente (Capítulo III), la tierra y sus características físicas, permite regular el consumo energético, tanto para su elaboración como para su mantenimiento, proporcionando unas condiciones de confort óptimas.

Así mismo, puede cubrir la demanda de vivienda pública o de emergencia, minimizando el impacto medioambiental que se produciría con otro material constructivo, gracias a que la tierra puede extraerse de manera natural y devolverse al medio tras el fin de su vida útil. O, como reflexiona Anna Heringer en su conferencia *Hanmade architecture as a catalyst for development*, para Urban Lecture Series, en la que habla de demostrar que este material tradicional puede estar a la altura de una modernidad constructiva:

“Mi sueño es construir un rascacielos de barro en Manhattan. Y este sueño no es un disparate. La ciudad de barro en Shibam, en Yemen, fue construida en el siglo XVI y ha durado hasta ahora 500 años. Lo que fue posible hace ya tanto tiempo es posible hoy también, y podemos aplicar todo nuestro saber tecnológico a estos materiales antiguos para que satisfaga nuestras necesidades y sueños.”

II_ PROTOTIPO PARA ARQUITECTURA DE EMERGENCIA

_OBJETIVO

En un mundo de circunstancias y necesidades cambiantes, de emergencias sociales, políticas e incluso sanitarias como la actual, la vivienda también debe estar preparada para el futuro. Se explora una solución que puede abordar diferentes requisitos de los diferentes grupos de usuarios que necesitan ser alojados en adaptados a los diferentes tipos de climas que existen.

Se propone un modelo de vivienda modular, basada en tres tipos de bloques portantes de tierra prefabricada. Se pueden combinar entre sí en función de los ocupantes, de los requisitos, de las condiciones del sitio y de las condiciones ambientales.

_EL BLOQUE

Las características y dimensiones del bloque que formará los módulos del prototipo se basan en uno ya existente creado por FetdeTerra⁸ en concreto, Tapialblock MC2 de dimensiones 100 x 15 x 20 cm.

Se trata de un bloque compuesto por materiales naturales 100% reciclable, pensado para la salud del usuario y en la sostenibilidad para el medio ambiente. Tiene un acabado visto de color tierra.

DATOS TÉCNICOS MC2	
USO	Estructural
DENSIDAD	2.000 Kg/m ³
RESISTENCIA	
A COMPRESIÓN	5,0 N/mm ²
A CICLOS HUM/SECO	Apto
A EROSIÓN	Apto
A IMPACTO	> 24,6 Julios
COEF. CONDUCTIVIDAD	0,778 W/mk
CALOR ESPECÍFICO	2,05 MJ/m ³ K
REACCIÓN AL FUEGO	A 1



Fig85: Tapialblock MC2

Fuente: <https://www.fetdeterra.com/producto/tapialblock-mc/>

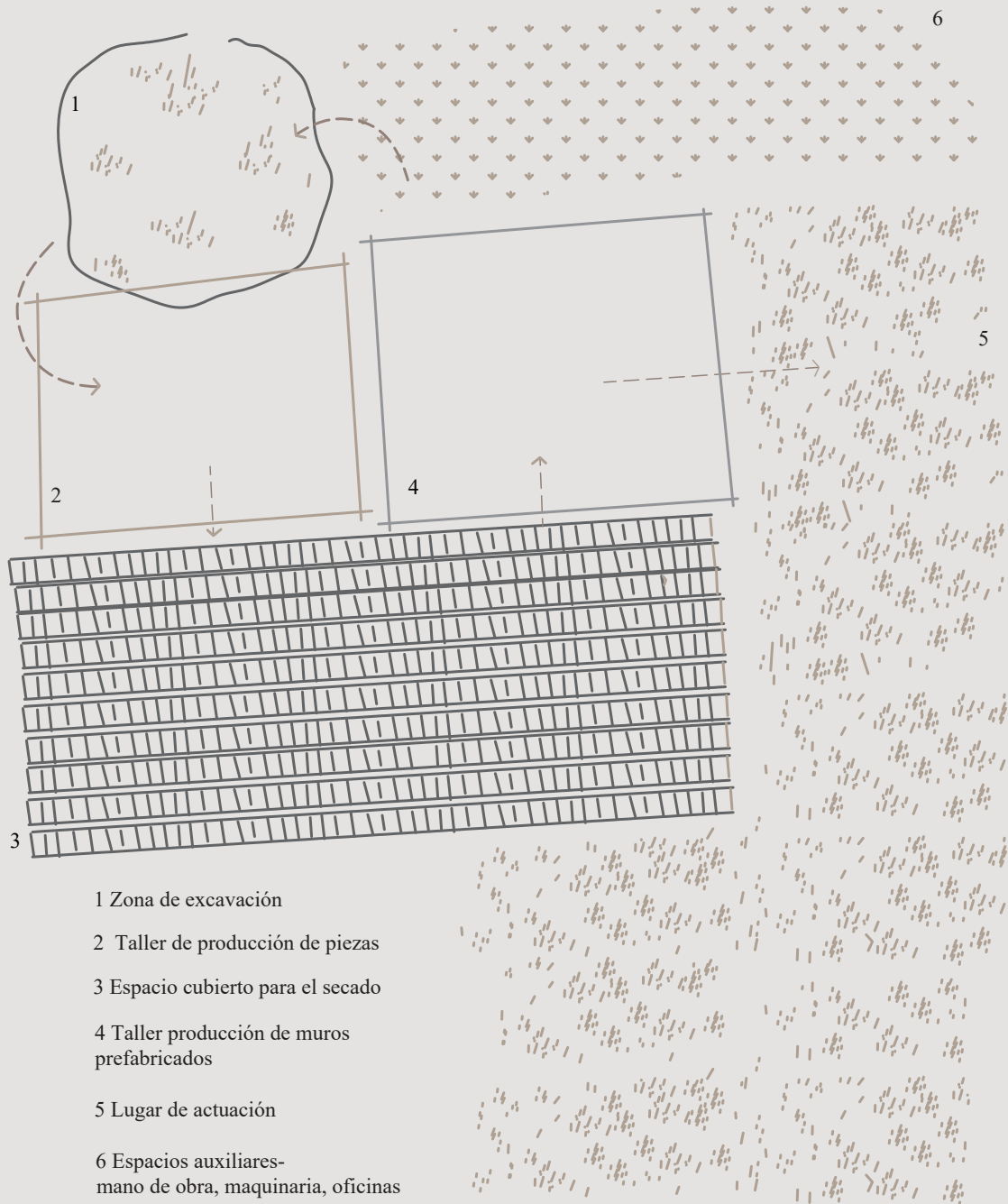
PREFABRICACIÓN *IN SITU*

Las ventajas que ofrece el bloque prefabricado de tierra⁸ frente al tradicional en obra son el mayor control del material, el curado y la calidad del producto. Nos aseguramos una geometría constante idónea para la modulación, dimensiones regulares y sobre todo, una minimización de los materiales y equipos, es decir, se derrocha menos producto y se optimiza el tiempo. El proceso de fabricación en un espacio protegido permite la realización de piezas especiales e integrar incluso dentro del propio muro, huecos para instalaciones eléctricas o de climatización.

Lo que se plantea es paliar la escasez de muros prefabricados estructurales de tierra cruda, ya que éste puede perder fuerza al convertirse en un simple paramento exterior. Se invita a la integración total de las propiedades estructurales e incluso de la integración técnica de instalaciones en los bloques prefabricados de tierra.

Por otro lado, se pretende una reformulación del concepto prefabricado en fábrica y de la ejecución *in situ*. Hacer una simbiosis de los dos mundos, sacando provecho de las ventajas de cada uno, es decir, el control y calidad del producto y dimensiones que ofrece el prefabricado, pero en lugar de realizarlo en fábricas a kilómetros del emplazamiento, se opta por proyectar una serie de talleres en obra, que gracias a la facilidad de ejecución de la técnica, el número reducido de herramientas necesarias y la mecanización del proceso, llevado a cabo por mano de obra que, no tiene por qué estar cualificada (una persona puede elaborar aproximadamente 300 bloques al día), podría ser factible.

⁸ Actualmente existen diferentes tipos de prefabricación de la tierra cruda, pero muy pocas cumplen con la condición estructural, como gran exponente se encuentra Marin Rauch, quién ha construido numerosas edificaciones en las que usa, bloques prefabricados a modo de tapial, tapial prefabricado para hacer de este un Panel Sándwich como en Centro Ornitológico en Sempach, Suiza; y quién para la Fábrica de Ricola en Laufen, al tratarse de un ejemplo pionero, desarrolló hasta la maquinaria necesario para la ejecución de éstos. Actualmente Martin Rauch se encuentra trabajando en esta función estructural mediante la construcción de una Cúpula de Tierra de más de 5m de altura en Zurich, Suiza.



FORMACIÓN_

La prefabricación in situ, con la tierra excavada del lugar. Primero, siguiendo los pasos de FetdeTerre, se realizaría un estudio del precio del terreno de excavación, de donde se extraen muestras para los ensayos de laboratorio. Una vez que se interprete y valore los resultados, se llevará al taller 1 en obra los elementos y productos, para realizar las medidas correctoras necesarias.

La mezcla se realizará en una piscina cercana a la zona de extracción y del taller 1 de unos 25 cm de profundidad. El lugar de secado se encuentra a continuación del primer taller, que cuenta con una superficie horizontal plana y espolvoreada con arena, cubierto para evitar el soleamiento directo (aparecerían grietas) y las inclemencias del tiempo. Una vez que tengan una consistencia suficiente para ser manipulados se apilarán en palets que pueden soportar hasta 720 kg, es decir, máximo 12 bloques por palet.

Estos serán transportados desde la zona de secado hasta el taller 2, que se encuentra a continuación, donde se formarán los tres tipos de muros, y de éste, se pasar al lugar de actuación, listos para ensamblarlos.

EL MURO

Utilizando las proporciones y dimensiones del TapialBlock MC2, se diseñan tres tipos de muros, todos formados por el mismo bloque de tierra de 1000x15x20 cm.

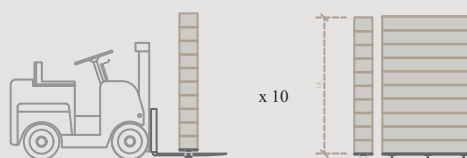
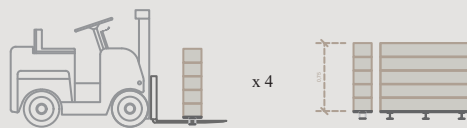
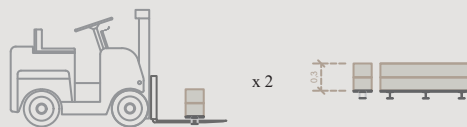
Uno de dos bloques, de 0,3 m de altura, 140 kg y 20 cm de espesor de muro.

Otro de cuatro bloques, de 0,6 m de altura 280 kg y 20 cm de espesor de muro.

Y un último de diez bloques, de 1,5 m de altura 700 kg y 20 cm de espesor de muro.

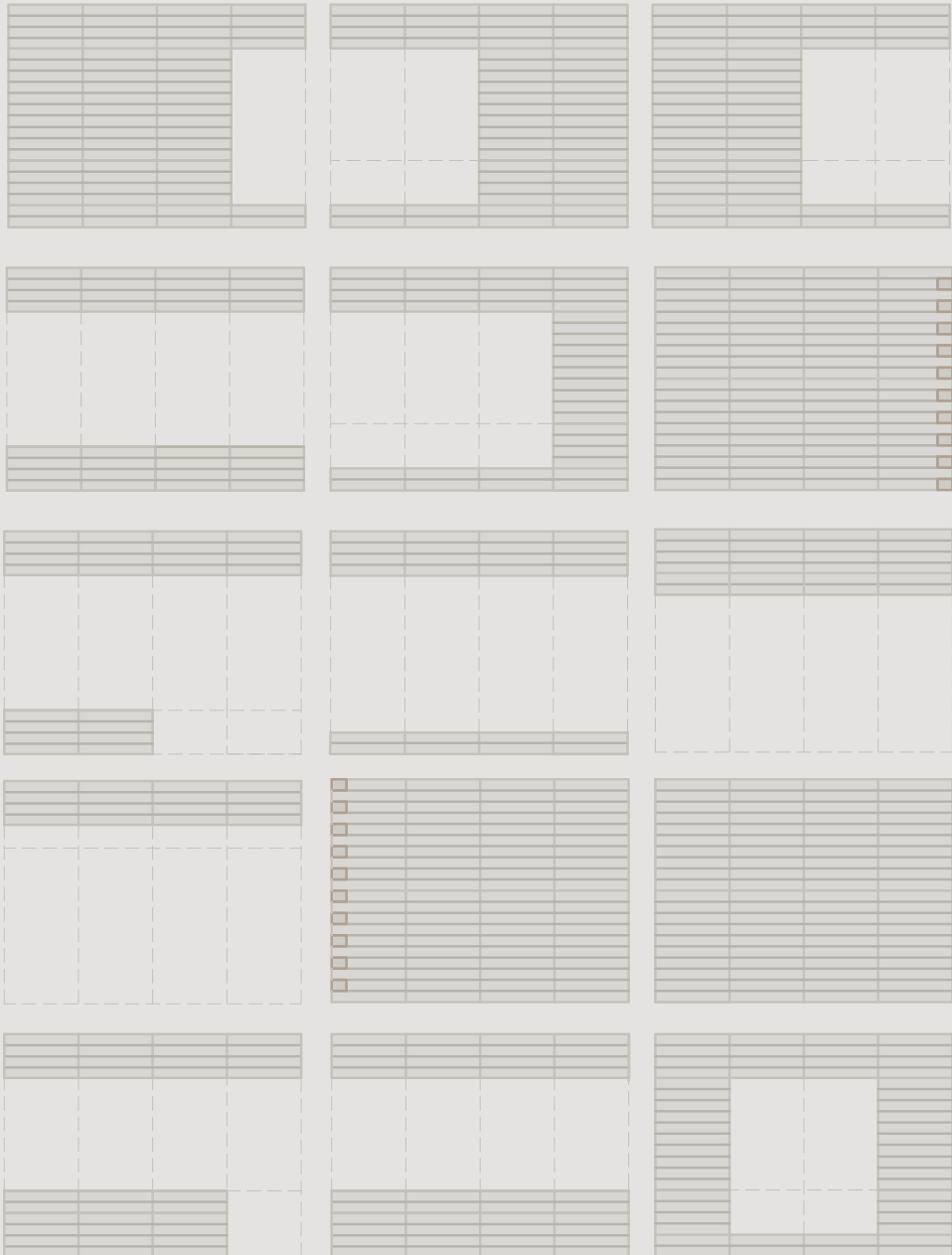
Todos transportables y con un peso que los palets pueden soportar. La reutilización de la tierra en la construcción, garantiza a su vez, una integración total paisajística, ya que es un material natural del emplazamiento de la obra.

MUROS PREFABRICADOS DE TIERRA CRUDA

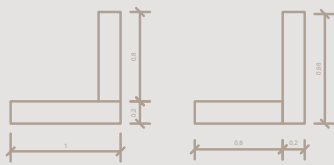
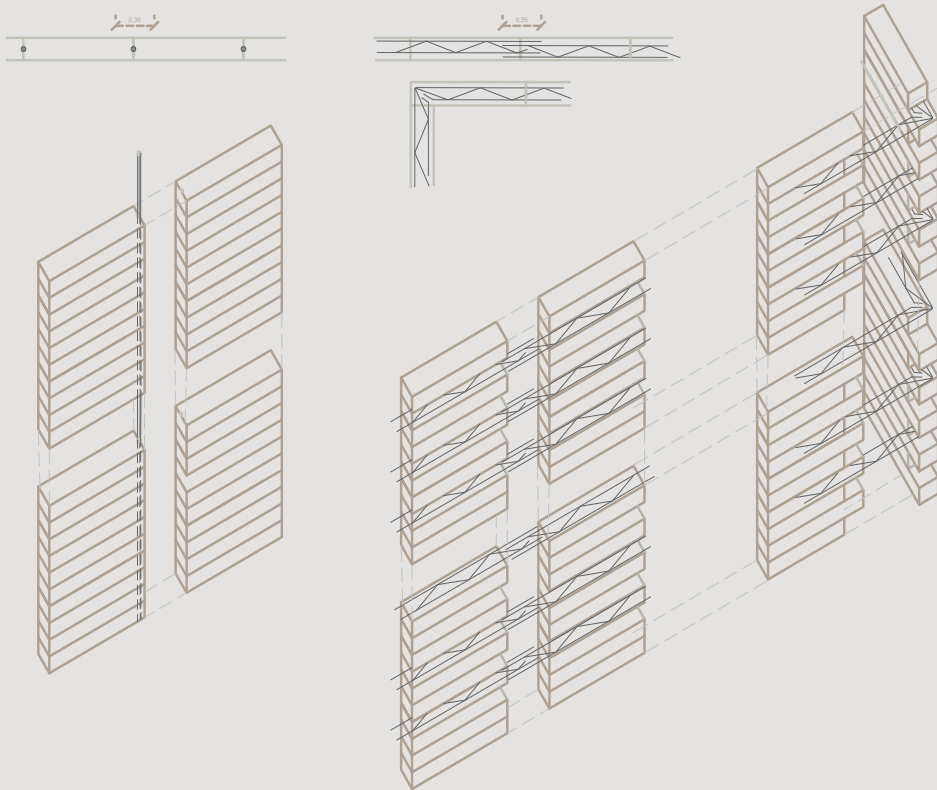


PESO POR BLOQUE:	70 Kg
ESPESOR DEL MURO:	20 cm
DIMENSIONES	1000 x 20 x 15

COMBINACIONES DE FACHADA



COMBINACIONES DE FACHADA

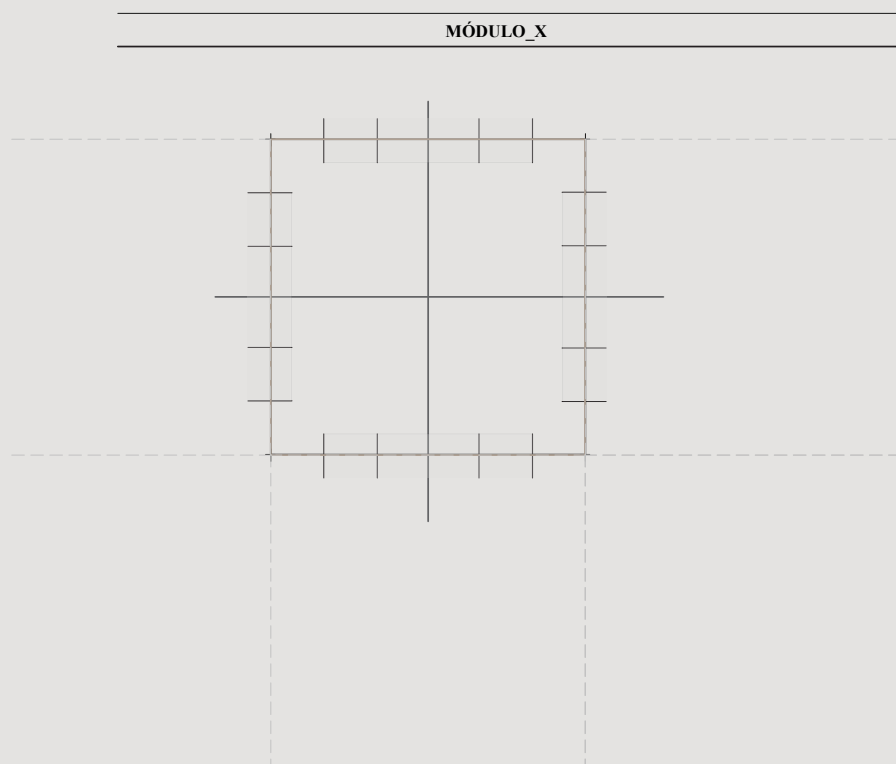


ENCUENTRO EN ESQUINA

JUNTA HORIZONTAL REHUNDIDA
JUNTA VERTICAL AMORTERADA

EL MÓDULO

Basándonos en el modelo del Módulo estudiado en el Capítulo III, se plantean módulos de 4x4, combinables según la función. Al ser iguales, son fácilmente producibles y reemplazables. Además, se les puede agregar posteriormente otros, sin necesidad de ponerle fin a la vida útil de la vivienda.

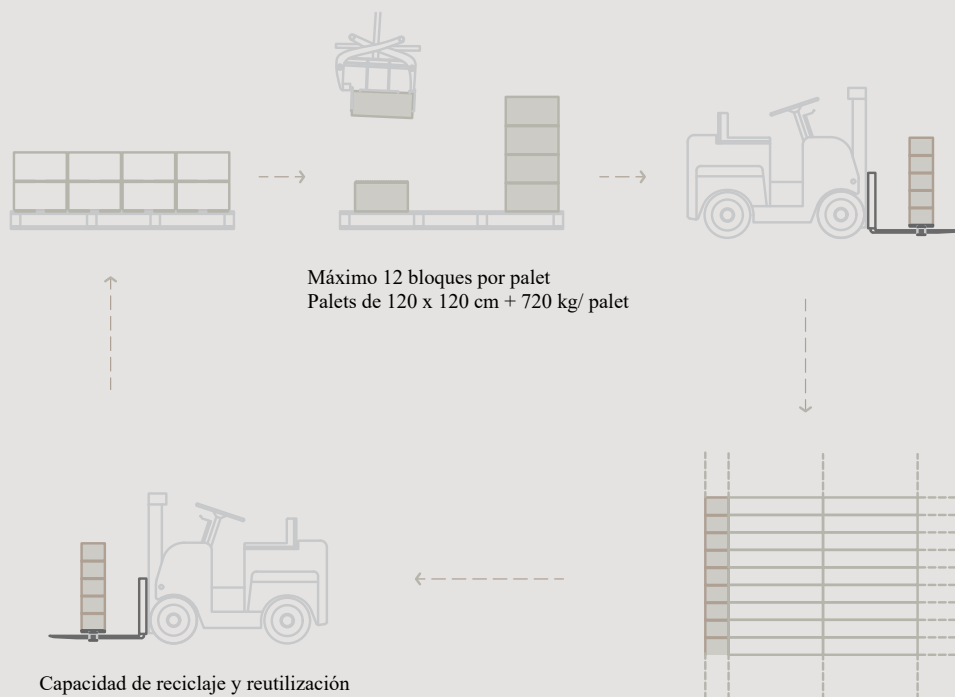


MONTAJE Y DESMONTAJE

Uno de los objetivos del proyecto es poner en práctica lo estudiado en capítulos anteriores, y con ello cerrar el ciclo de vida del material. La tierra que se genera a partir de la excavación de la obra, que se reutiliza para la formación de sus propios muros, siendo éstos capaces de reciclarse cuando dejan de cumplir su función, desmontándose y desplazándose para otro posible uso.

Se rentabiliza el coste económico en la compra del material, el proceso de producción, el transporte y la tasa de la planta de tratamiento de residuos, lo que supone el beneficio económico y ambiental. Gracias al sistema del prefabricado, montamos los muros transportados desde el taller hasta su destino, transportados por una carretilla, en la posición marcada según el proyecto, y se realizará a la inversa, una vez terminada la vida útil.

PROCESO DE MONTAJE Y DESMONTAJE



EL CICLO DE VIDA

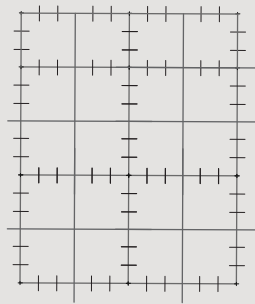
ANÁLISIS DEL CICLO

ABASTECIMIENTO	El impacto de carbono incorporado será el debido a la maquinaria usada para la extracción de tierra. Este proceso no consume mucha energía. La madera usada para vigas se escogió de plantaciones bien administradas.
TRATAMIENTO	Para vigas se usan maderas duras, secas de forma natural, y que por tanto, consume menos energía al procesarla. No se requiere energía para calentar el bloque de tierra. Para los agregados se usarán morteros naturales Fctdeterra y en el caso de tener que mejorar la resistencia de la tierra, se usará cal, con bajo impacto de energía incorporada.
TRANSPORTE	Al utilizar la tierra del propio emplazamiento, la distancia a recorrer es igual a cero, y el carbono incorporado en este proceso será nulo.
CONSTRUCCIÓN	Muy bajo, ya que se usan pocas herramientas y maquinaria; tan solo para el transporte de bloques prefabricados.
USO	Depende del mantenimiento, que este se mantiene al mínimo diseñando para la durabilidad del bloque.
FIN DE LA VIDA	La tierra se devuelve al medio de donde procede. El mortero, al ser material inerte, no emiten gases al final de la vida.
RECICLAR Y REUTILIZAR	El bloque se recoge para emplearlo en un futuro.

PROTOTIPO

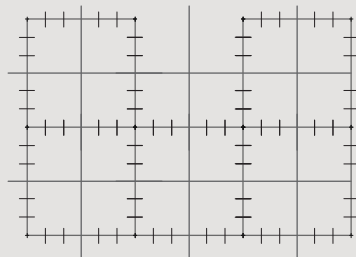
Basándonos en el Módulo y en las proporciones, factor de forma y estrategias pasivas estudiadas en capítulos anteriores, se propone un prototipo de vivienda por clima A, B, C.

Para su proyección se tiene en cuenta, que es una arquitectura para necesidades emergentes, y por tanto cumplen con la condición de superficie mínima habitable española; aun así, como hemos visto, tienen capacidad de agregación para aumentar esta superficie.



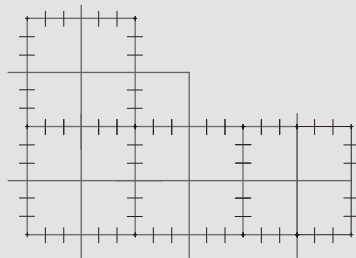
B
CLIMA
CONTINENTAL

>38 m2 útiles _ módulos compactos y bien arriostrados



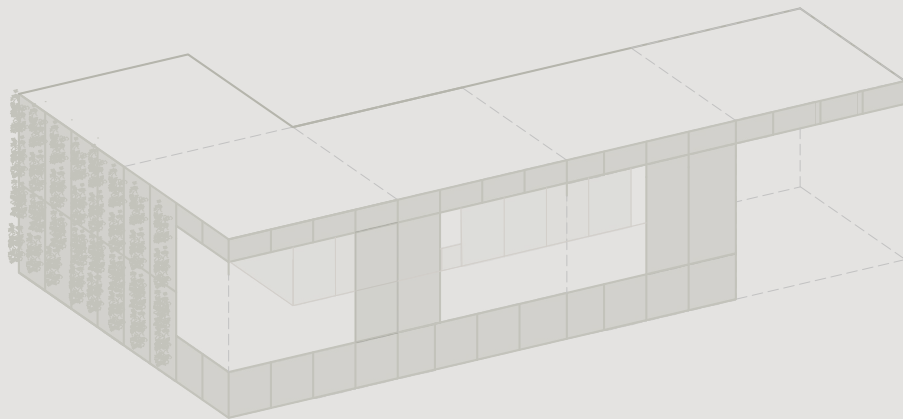
C
CLIMA
CÁLIDO

>38 m2 útiles _ patio central

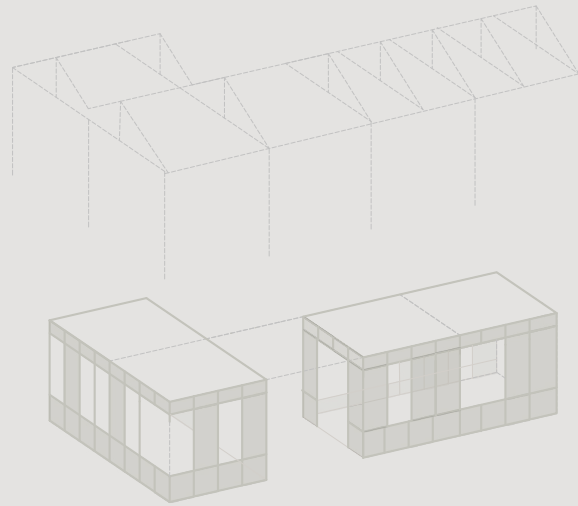


A
CLIMA
TEMPLADO -
TROPICAL

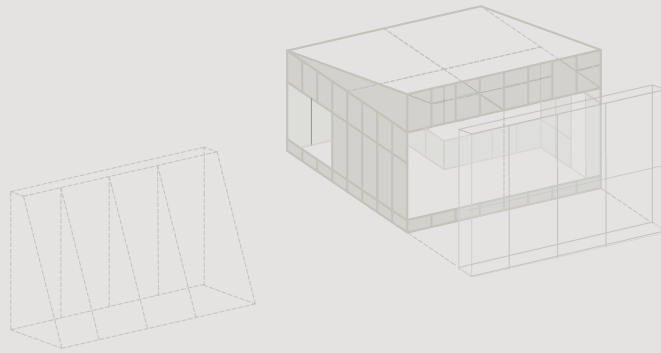
**>38 m2 útiles _ módulos abiertos y elemento
sombra**



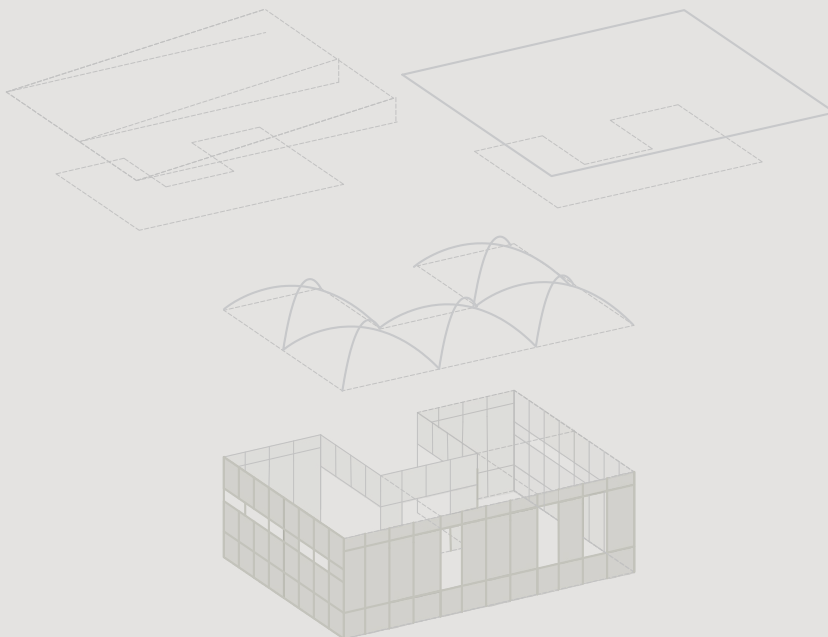
PROTOTIPO PARA CLIMA A - TROPICAL

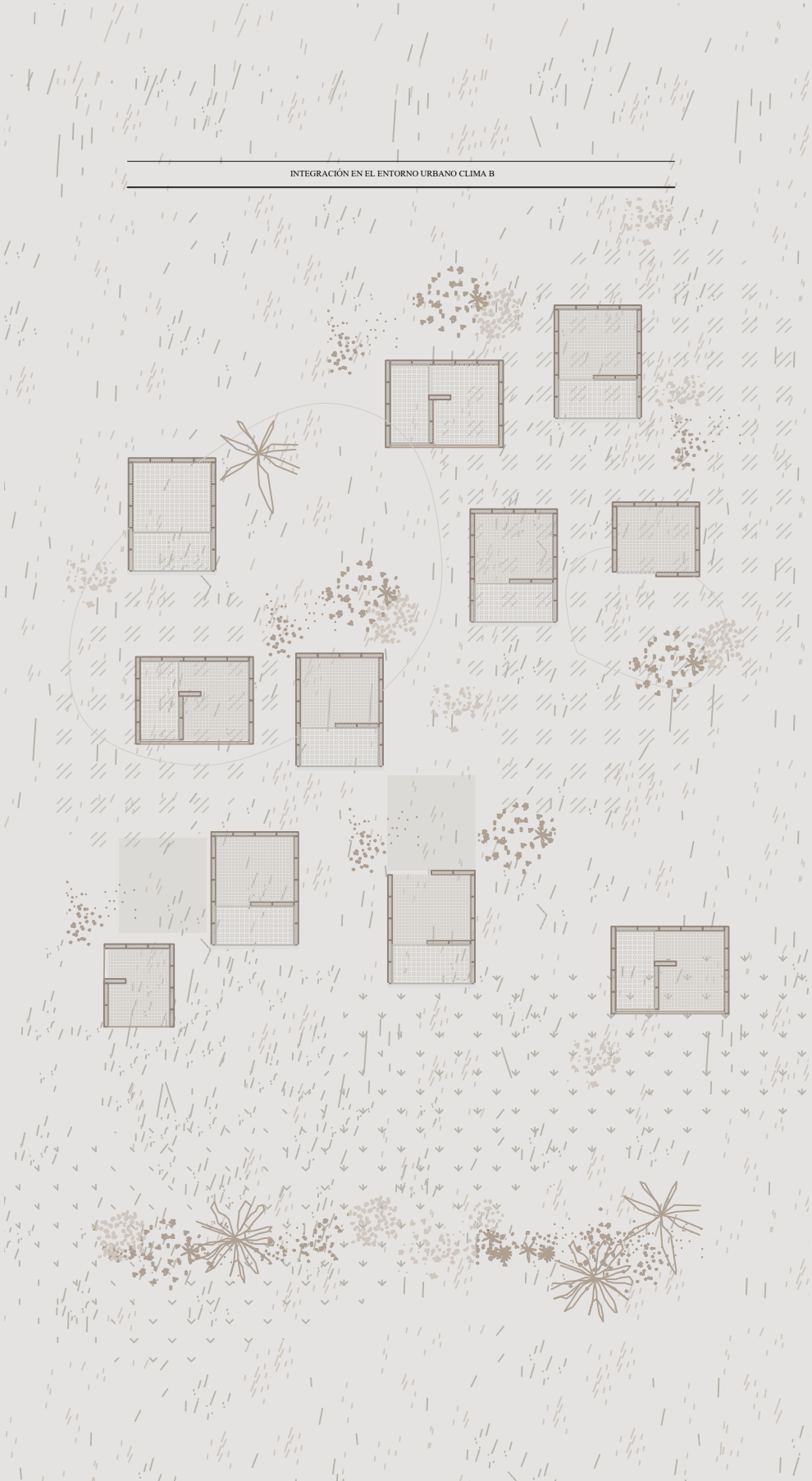


PROTOTIPO PARA CLIMA A - TROPICAL



PROTOTIPO PARA CLIMA A - TROPICAL





LA TIERRA EN EL ENTORNO URBANO.

La tierra, aparece como el material más indicado para transformar la manera de planificar y construir no solo a escala de vivienda si no, también a escala de ciudad, para favorecer la reutilización y reciclaje de los materiales.

En París se plantea un proyecto futuro e innovador que relaciona dos esferas hasta el momento disociadas, la que inicia planes de ordenación urbana de la ciudad que está en plena transformación, y por otra, la que domina el arte de construir con tierra, la cual también se encuentra en plena renovación.

Este gran proyecto de desarrolla a las afueras de París, en 6 hectáreas a orillas del río Ivry-sur-Seine. El equipo a cargo del proyecto está formado por el promotor Quartus, quien reunió a Wang Shu (ganador del Pritzker en 2012) y Lu Wenyu urbanista y responsable del plan general, además de a los arquitectos Lipsky + Rollet y Joly Loiret.

Estos últimos junto con CRAterre iniciaron una estrategia de economía circular, con la intención de reutilizar parte de la enorme masa de tierra extraída cada año del subsuelo en obras de construcción y túneles para el Grand Paris Express⁹

Este recurso local será transformado en elementos de tapial prefabricados, ladrillos, paneles y revestimientos para llevar a cabo la ejecución de un barrio polivalente que abarca unos 50 000 m² de superficie construida. Estará compuesta por 350 viviendas, 40% de ellas de carácter social, 150 estudios para investigadores, 20 000 m² de oficinas y locales, un hotel, un centro de arte y espacios dedicados a la agricultura urbana.

Existen otros ejemplos similares repartidos por Europa, como iniciativas re renovación tecnológica, ecológica y política que intenta utilizar la inmensa riqueza de la tierra del subsuelo, como el caso de Ginebra, en Suiza con Terrabloc, o en Bruselas, Bélgica, con la cooperativa BC Materials.

⁹ El Grand París Express que en 9 años constará de 200 km de vías acompañadas de 68 nuevas estaciones, se extraerán 40 millones de toneladas de tierra para su construcción que suelen acumularse en la periferia, ocupando inmensos terrenos y desequilibrando entornos naturales



Fig 86 y 87 : Fotografía.
Barrio urbano en Ivy-sur-
Seine.

Fuente: DETHIER, J.
(2019) " Habiter le terre".
Blume, Bussière, París.
(págs. 406-458)

TESTIMONIOS

LAS INNOVACIONES INDISPENSABLES EN EL ARTE DE CONSTRUIR CON TIERRA

MARTIN RAUCH

“Desde hace diez años, vivo en una casa de tres plantas con muros de carga de tapial. Cada día, experimento la calidad de vida que me aporta y las ventajas de este tipo de construcción. La masa de tierra le confiera una sensación de seguridad, tiene un efecto equilibrador sobre la temperatura interior, y la fuerte presencia de esta materia prima crea una sensación arcaica. Desde el exterior, la casa esta sutilmente fusionada en su medio natural y sociocultural. El material, que procede directamente de los desmontes provenientes del movimiento de tierras, ha sido compactado en el sitio, capa por capa. El color de la tierra local y la reacción de la fachada a los efectos de la intemperie son algo familiar. Si su función cambia, será posible reutilizar el material para un nuevo edificio sobre el mismo terreno. La construcción con tierra exige un análisis de las propiedades del material, que son específicas para cada lugar, haciendo énfasis en la composición geológica de la tierra hasta la física de la construcción, pasando por la química del material, el desarrollo de las herramientas, la ejecución y los acabados.

Se dice que una tercera parte de la humanidad aún habita en viviendas de tierra, estoy del todo convencido de que, en tres generaciones, la mitad de la humanidad vivirá en cómodas construcciones de tierra.

No basta con hablar y escribir sobre el desarrollo sostenible y el empleo de recursos locales, sino que debemos ponerlos en práctica. Es necesario hacer tangibles las ventajas sin igual de la reciclabilidad de las construcciones con tierra.”

ESTRATEGIA DE ACCIÓN DE CRATERRE PARA EL FUTURO

SÉBASTIEN MORISET

El equipo CRAterre, fundado en 1979, continúa con su incansable defensa de la tierra como material natural de construcción del que el hombre ha podido apreciar sus numerosas ventajas desde hace más de 10 000 años. Este recurso local hace posible la lucha contra la pobreza y la alienación cultural favoreciendo a la emancipación y la autarquía de los grupos sociales.

ACCIONES:

Están orientadas a la escucha y el acompañamiento de las poblaciones, creando plataformas de debate muy enriquecedoras que desembocan en soluciones creativas adaptadas a cada contexto de la sociedad.

INVESTIGACIÓN:

Estudios que aspiran a analizar en profundidad cada una de las culturas constructivas, en estrecha colaboración con los actores de los territorios afectados, con la intención de revitalizar todo lo que pueden ofrecer

FORMACIÓN:

Formación a todos los niveles y para todos los públicos, es un pilar esencial para CRAterre. Resulta vital para poder transmitir el mensaje a todos los continentes

DIFUSIÓN:

Es el motivo por el que se difunde ampliamente los conocimientos sobre las ventajas de la tierra, sobre todo entre los medios profesionales de construcción y apoyándose en las nuevas tecnologías y la inteligencia colectiva de las numerosas redes que se crean cada día en la búsqueda continua de un futuro mejor.

LAS ARQUITECTURAS DE TIERRA PARA MEJORAR LA VIDA

ANNA HERINGER

“Imagínese... un material beneficioso para los seres humanos, para la sociedad y para el planeta; un material que crea un ambiente muy saludable en el interior de los edificios, porque no produce emanaciones tóxicas y equilibra la humedad de forma natural; un material que genera empleo, incluso para las personas poco cualificadas; un material cuya producción no emite CO₂; un material que es reciclable sin perder sus propiedades originales; un material que puede servir, al final de su vida, para cultivar flores o verduras. Este material no lo tenemos que inventar, es la tierra, el barro.”

Es un material del que no tenemos que preocuparnos por efectos negativos a largo plazo, ya que ha demostrado sus cualidades a lo largo de miles de años en todo el mundo. “ sin embargo, el número de personas que viven en casas de tierra se ha visto reducido. Desde que se lo pueden permitir desde el punto de vista económico, muchos de los habitantes de los países emergentes optan por materiales como el hormigón, el ladrillo de tierra cocida o el bloque de tierra estabilizada con cemento. Esto se debe a que la imagen que se tiene de la tierra es la de un material débil, un material para pobres. Debemos cambiar esta imagen a fin de aumentar de nuevo el número de construcciones de tierra, para salvaguardar el planeta y a sus habitantes.

Todo lo que necesitamos es recurrir a nuestra creatividad para imaginar nuestras viviendas nuestros lugares de trabajo, los pueblos y ciudades que no solo sean saludables y duraderos. Sino también bellos y humanos. Mi motivación es la de concebir y construir edificios que hagan felices a las personas.

¡La arquitectura es una herramienta para mejorar la vida!”

EJEMPLO

IMPRESIÓN DE TIERRA EN 3D

ENLACE ENTRE EL PRESENTE Y FUTURO.

Nos encontramos en una era tecnológica de robots, la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquinas. Esta acelerada evolución tecnológica ha permitido el descubrimiento, desarrollo y mejoramiento de herramientas que faciliten las actividades de los seres humanos en la tierra.

En esta perspectiva la inclusión de las impresoras 3D en el campo de la construcción es una respuesta clara para satisfacer las demandas de vivienda en el planeta. La impresión 3D es la fabricación de objetos tridimensional a partir de un archivo digital diseñado mediante algún software de modelado.

En la actualidad, existen construcciones realizadas con esta tecnología. Los proyectos van desde viviendas, hasta complejas estructuras espaciales, pabellones, cabañas, oficinas, puentes y piezas de geometrías complejas o prototipos rápidos de objetos.

Para proyectos en Marte o la Luna, se considera esta tecnología con el objetivo evitar la transportación de materiales de construcción desde la Tierra.

Los materiales utilizados en esta tecnología son: hormigón con fibras, termoplásticos, plásticos, geopolímeros y madera últimamente. Sin embargo, recientemente se está introduciendo la tierra y desechos naturales de la cadena de producción de arroz, que además de contribuir en la reducción del tiempo en la construcción, ofrecen soluciones de menor impacto ambiental y son reciclables.

En esta investigación se pondrá mayor énfasis a proyectos que combinen la tierra con la tecnología de impresión 3D, así como revisar sus posibles combinaciones y dosificaciones que se estén utilizando. Esto permite identificar a la tierra como un posible candidato para las futuras construcciones sostenibles.



Fig 88: Fotografía. Impresión en 3D en terracota

Fuente: HABITAT, Sandra Piesk. Blume (2107)

NUEVA TÉCNICA CONSTRUCTIVA

TECLA será el primer hábitat eco-sostenible en pie de construcción mediante el uso de la tecnología de impresión en 3D. Además, utilizará la tierra del sitio como elemento base para la impresión de las viviendas.

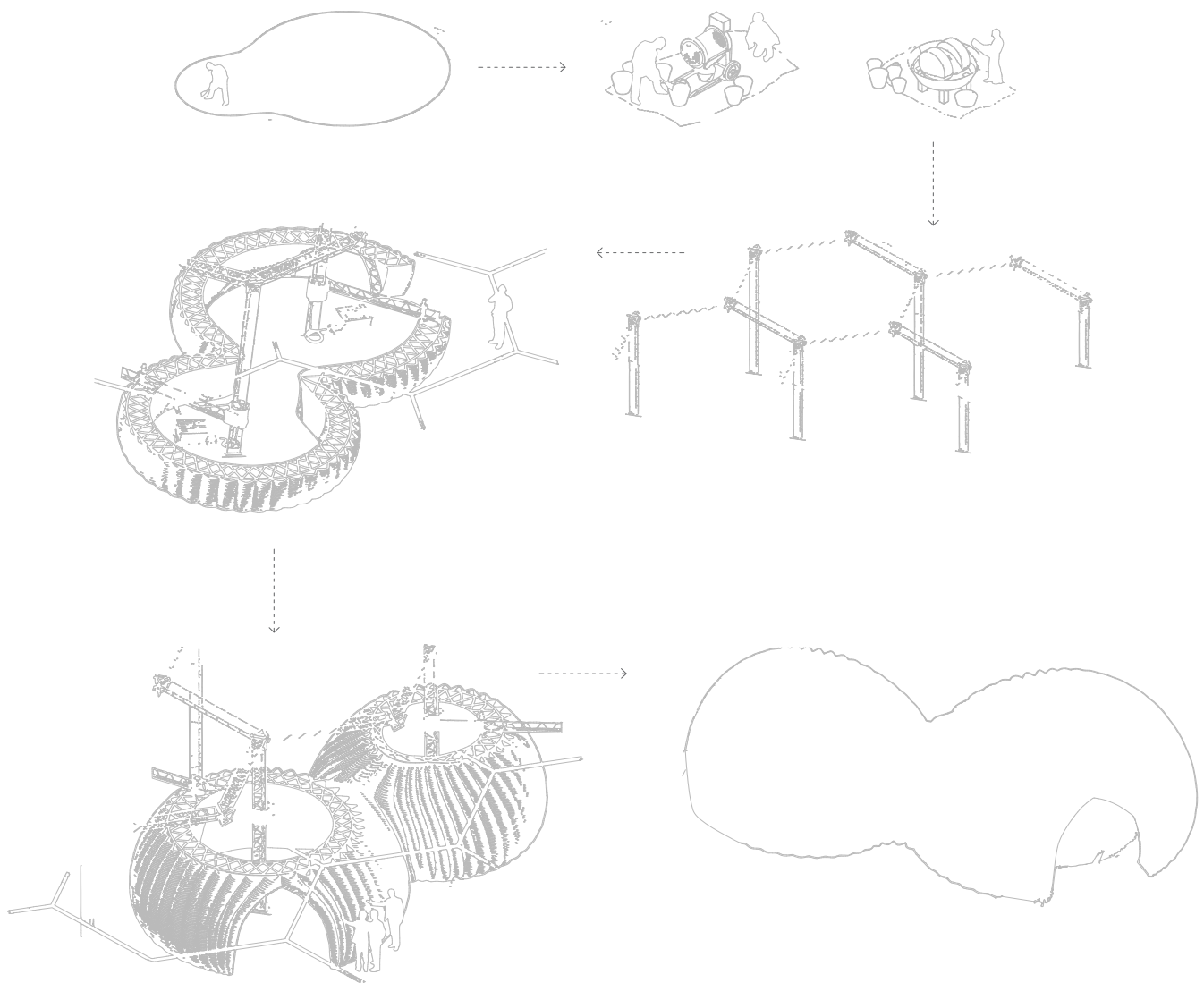
El proyecto fue desarrollado por las empresas WASP y Mario Cucinella Architects. El prototipo de hábitat ecológico impreso en 3D responde a las urgentes revoluciones climáticas y a la necesidad de cambios dictados por las necesidades de la comunidad. Mediante esta tecnología puntera, se pretenden construir viviendas en tiempos mínimos, reducir desechos y emisiones. Además de dar un paso gigantesco y significativo en el campo de la construcción con tierra.

Podríamos decir que, se añade una cuarta técnica constructiva a las tres clasificadas anteriormente. Este tipo de investigaciones van en constante avance y con mayor profundidad. Lo que implica que la tierra como material de construcción tendrá una mejor atención durante los próximos años.

“El sistema se configura de acuerdo con las necesidades del proyecto y define la estructura de un sitio de construcción seguro y extremadamente eficiente. Cada unidad de impresión tiene un área de impresión de 50 metros cuadrados y, por lo tanto, permite construir módulos de vivienda independientes, de cualquier forma, en unos pocos días”



Fig 89: Esquema del procedimiento de ejecución de la nueva técnica constructiva
Impresión 3D. Ejemplo casa Tecla.
Fuente: Elaboración propia



5.CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

ALEGATO EN FAVOR DE LA TIERRA.

REFLEXIÓN PROSPECTIVA

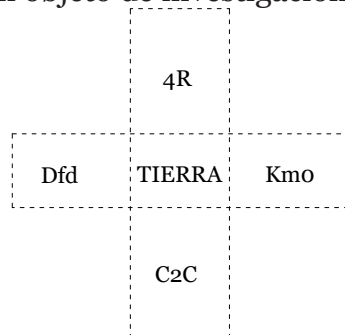
Este trabajo contiene una visión de la evolución del arte de construir con tierra desde la antigüedad, hasta su reactualización contemporánea. Este recorrido temporal, demuestra el acierto de la tierra como lógica de ecoconstrucción, encaminada a actualizar y mejorar nuestro futuro.

VIRTUDES ECORRESPONSABLES

Como se ha hablado, la construcción es responsable del 40% del consumo energético de los recursos naturales, del 40% de producción de residuos y un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (*Véase Capítulo III*).

Como arquitectos es nuestro deber contribuir a la resolución de esta crisis medioambiental ligada a la actividad de la construcción, renunciando al derroche de energía y empleando la cantidad justa de buen material en el lugar adecuado, bajo las técnicas y estrategias convenientes. La tierra se presenta como candidata indispensable para asegurar la supervivencia de los hombres sobre un planeta enfermo.

Se relaciona a la tierra con conceptos y filosofías sostenibles (*véase Capítulo III*) que son objeto de investigación vigente:



Resulta entonces vital, la valoración de este recurso, que es abundante, cuya puesta en marcha no necesita aportación energética, ya que no está transformada, que se puede utilizar a nivel local, reduciendo el coste de transporte, cuyo empleo no produce casi ningún gas de efecto invernadero, cuya capacidad de adaptación a una economía circular es absoluta y que es, de naturaleza reciclable y reutilizable al final de su vida útil.

MATERIAL ATRACTIVO Y POLIVALENTE

La tierra, tiene la propiedad de asegurar, además de un confort térmico, un ambiente cálido, con texturas vivas y enraizado con el paisaje. Permite dar forma a una manera nueva de vivir, que combina lo mejor del desarrollo tecnológico actual con la sensibilidad y pureza del material.

SINERGIA ENTRE LA CULTURA, TRADICIÓN Y CIENCIA.

Este trabajo trata de sintetizar y relacionar las especificidades culturales y tecnológicas de las arquitecturas de cada grupo de población, desde una clasificación climatológica. Apreciamos, la influencia que tiene el clima sobre la sociedad y a su vez éste, sobre las distintas formas de manejar la tierra.

Este material valora la tradición vernácula, estimula el desarrollo local y será capaz de reactualizar las culturas constructivas. Para ello, resulta indispensable identificar la sabiduría constructiva local, reforzar la formación profesional y a partir de ahí revitalizar y actuar en beneficio de la población.

Tomando como referente a los autores analizados, a pesar de los 40 años de diferencia, podemos encontrar la similitud de connotación social en su discurso:

Los edificios adquieren la forma multidimensional de la sociedad, como un zapato viejo adopta la forma peculiar del pie de un hombre, o mas bien, como una planta en crecimiento se adapta constantemente a su entorno

- Hassan Fathy 1969

Principalmente, no es la arquitectura lo que hace que algo sea especial, es la gente: todos los que trabajaron en ella con todos los esfuerzos y potenciales y todos loque viven en ella y llenan el espacio de atmósfera

-Anna Heringer, 2007

LIBERTAD DE CONSTRUCCIÓN

Es un material flexible, que puede trabajarse según diferentes técnicas (véase capitulo II). Y éstas no han dejado de evolucionar a lo largo de los años, mejorando sus capacidades y optimizando recursos y tiempo, como es el ejemplo de bloques o tapiales prefabricados.

Al hilo del pensamiento de André Gorz “Sin la lucha por las tecnológicas diferentes, la lucha por una sociedad distinta resulta vana” la. Resulta evidente por tanto, que se debe invertir en la investigación, formación y divulgación del empleo de la tierra en construcción para convertir las generaciones futuras, e una sociedad inteligente y comprometidas con el medioambiente.

En cuanto a la durabilidad y eficacia, como demuestra la historia e investigaciones recientes, la tierra no necesita ningún aditivo industrial para estabilizarla. Se puede recurrir a morteros naturales, elementos constructivos y estrategias de medidas pasivas propias de cada clima, para proteger ésta arquitectura.

ALTERNATIVA INTELIGENTE Y CREATIVA

La tierra supone una alternativa para el futuro de todos los países. Su diversidad es el testimonio de una intensa creatividad alternativa. Deja un legado de edificios tanto públicos como privados que sirven para multitud de funciones. (Véase *Capítulo II y III*) Esta profusión desmiente, de la mejor manera posible, los prejuicios negativos relativos con este material, asociado a arquitecturas precarias y primitiva

Es una alternativa para enfrentarnos a retos futuros, como a la crisis de la vivienda en el tercer mundo y vivienda social bajo la perspectiva de nuevas exigencias medioambientales.

En este trabajo, se defiende la construcción con tierra como aquella capaz de apoyar a la arquitectura de emergencia, solventando problemas sociales, políticos o sanitarios, mediante un prototipo de vivienda modular de manera rápida, eficaz y económica si está bien concebida. (Véase prototipo para una vivienda de emergencia para los distintos climas A-B,C, *Capítulo III*)

Como respuesta a las preguntas del inicio de la investigación :
¿ Por qué tierra? Por ser el punto de unión entre la tradición y el mayor beneficio ambiental.

Y la *pertinencia que tiene construir con tierra en la actualidad*, es relevante y sugerente como portadora de futuro e ingrediente para el cambio. Una herramienta para pasar a la acción y ser el motor que luche por habitar la tierra de una manera mejor. Las soluciones y los ejemplos existen, el problema es que actualmente, son poco conocidas incluso dentro de nuestro campo.

Con este material no basta para encontrar una solución milagrosa al panorama actual, pero debemos empezar a considerarlo como uno de los componentes principales de acción estratégica arquitectónica.



Fig 89: Fotografía.
Heringer A. en Bangladés.

Fuente: HABITAT, Sandra
Piesk. Blume (2107)

ANEXO I

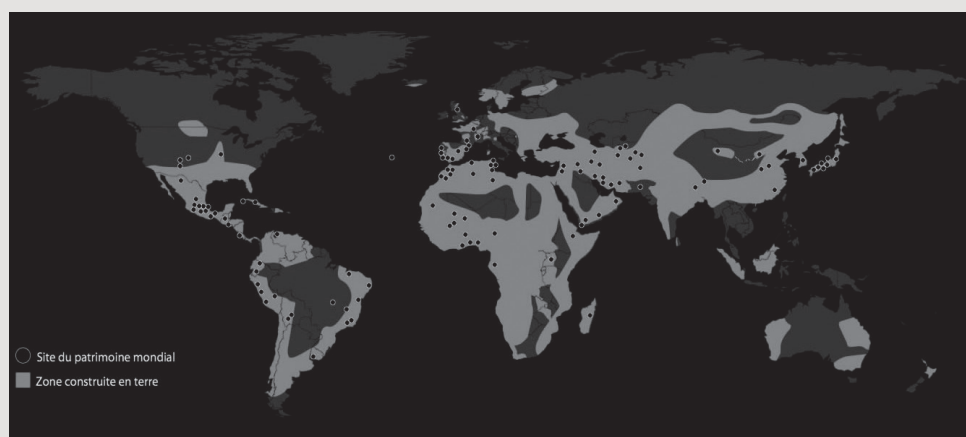
La arquitectura de tierra está presente en todo el planeta. La geografía y el clima, así como la distinta distribución de recursos, han dado lugar a diferentes técnicas y estrategias adaptadas a la condición local. Todos los *Capítulos* hacen referencia a la influencia entre el entorno y lo construido, entre el clima y arquitectura.

Para esta conexión se analizan tres tipos de zonas climáticas basadas en el sistema de Köppen-Geiger.

Fig 90: Mapa .

El sombreado claro hace referencia a todos los lugares del mundo edificados con este material mediante distintos sistemas constructivos

Fuente: CRAterre.
Web oficial: <http://cra-terre.org/>
Consulta realizada 2021



A_Templado

Podemos localizar este clima en la parte occidental de América central, en el sur, centro y este de África, en puntos de la India y sudeste asiático, en el norte de Australia y al norte y sur de la cuenca amazónica.

Temperaturas cálidas todo el año (18°C de media durante todos los meses) y abundantes precipitaciones (1500mm).

En general, la arquitectura en el clima tropical presenta infinidad de variantes, pero ¿qué es lo que tienen en común estas variaciones? El encuentro entre lo natural y lo espiritual, las creencias de cada etnia. Han abordado soluciones arquitectónicas con gran sensibilidad hacia la ecología, así pues, éstas se verán caracterizadas por estar compuestas por plantas, hierbas y materiales locales.

A_Tropical

Se consideran climas subtropicales húmedos. Están presentes en las costas del sudeste de África, América Latina y Oceanía, en el este de China, sudeste de Estados Unidos y el denominado clima mediterráneo típico de California y sur de Europa. Se caracteriza por la diferencia de temperaturas entre verano e invierno (húmedos y suaves, por debajo de los 18 °C). Reciben precipitaciones durante todo el año (entre 800 y 1650 mm).

Las soluciones arquitectónicas adoptadas por las diferentes zonas de este clima, comparten medidas pasivas de refrigeración y sombra en los meses de verano y uso de materiales, en relación con su masa térmica para el invierno.

B_Continental

Se caracterizan por veranos con progresión de cálidos a frescos y por inviernos duros, con nevadas, generalmente asociadas a fuertes ventiscas y bajas temperaturas. Localizamos este clima en la parte norte del globo terráqueo. Países como Estados Unidos, Alaska, Canadá, Siberia y algunas zonas de China y Japón. Las precipitaciones suelen estar presentes durante todo el año (500-1000mm).

Aunque la arquitectura vernácula del clima continental tenga a la madera como protagonista para sus edificaciones, algunos pueblos aprendieron a usar la tierra como aliado para dar respuesta a los cambios estacionales.

C_Seco

Las precipitaciones en este clima son escasas e irregulares. Las temperaturas son muy altas en verano, sol intenso y cielos despejados (pueden superar los 50°C). Por la noche existe un enfriamiento rápido que es posible gracias a la poca humedad relativa y las temperaturas bajan hasta 25°C. En latitudes medias, los inviernos son muy fríos y pueden manifestarse chaparrones ocasionales (200-400 mm).

Este clima se extiende por los cinco continentes y probablemente sea el más diverso, aun así, todos ellos tienen en común la búsqueda de sombra, buena planificación de la trama urbana y planificación del buen uso del agua. El espíritu de comunidad y conexión con el entorno estará presente en la arquitectura.

6.BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

(s.f.).

Carazas Aedo, W., & Riveros Olmos, A. (agosto de 2002). “*BAHAREQUE: GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARISIÍSMICA*”. Villefontaine Cedex, Francia.

Cid, J., Mazarrón, F., & Cañas, I. (julio-septiembre 2011). *LAS NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL MUNDO*. Madrid: Informes de la Construcción Vol. 63, 523, 159-169,.

Corporación de Desarrollo Tecnológico. (julio de 2012). *EVALUACIÓN DE DAÑOS Y SOLUCIONES PARA CONSTRUCCIONES EN TIERRA CRUDA. MANUAL DEL TERRENO*. Santiago de Chile: Documentos Técnicos. Cooperación del Desarrollo Tecnológico n° 32.

Dethier, J. (2019) *HABITER LA TERRE*. Bussière, París. Blume

Este libro recoge una serie de ejemplos de construcción con tierra por todo el mundo. Cuenta con numerosas referencias y fotografías ejemplares de obras de tierra cruda. Me ha resultado muy útil como base de ejemplos y autores.

de Hoyos Martínez, J., Jiménez Jiménez, J., Romero Guzmán, L., Álvarez Vallejo, A., & Valdés Garcés, J. (2020). *BIOCONSTRUCCIÓN PARA LA VIVIENDA. PENSAMIENTOS Y TÉCNICAS*. Toluca.

de Schiller, D., & Martin Evans, A. (2006). *CONSTRUCCIÓN CON TIERRA*. Buenos Aires, Argentina: Centro de Investigación Habitat y Energía, CIHE, SI, FADU, UBA2. P. 59.

Díaz, M., & Fernández, M. (2013). *LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES DE TIERRA. OBRA NUEVA Y EDIFICIO EXISTENTE*. Valladolid: Construcción con Tierra Presente, pasado y futuro.

FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE / TAPIAL. (2020). Arquitectos Sin Fronteiras. P. 25.

Gallego Sánchez - Torija, J. (1992). *DE RESIDUO A RECURSO HACIA UNA EVACUACIÓN DE AGUAS MÁS SOSTENIBLE*. Madrid: Cuadernos del Instituto Juan De Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Gallego Sánchez-Torija, J., & Fernández Nieto, M. (noviembre de 2020). *LA ARQUITECTURA VERNÁCULA COMO PATRIMONIO BIOCLIMÁTICO. RECUPERACIÓN DE UN GRANERO COMO EJERCICIO DE ECONOMÍA*. Lisboa: 4º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios. ENCORE. P. 9.

Gallego Sánchez-Torija, J., & Fernández Nieto, M. (septiembre de 2014). *AGUA, AIRE, SOL y TIERRA. Construir y habitar*. Madrid: ResearchGate. P.11. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/330338159>

- González Martín, R. (2016). *CRADLE TO CRADLE. RE-DISEÑO Y RE-EVOLUCIÓN*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. P. 52.
- Guimarães Merçon, M. (2008). *CONFORT TÉRMICO Y TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA EN CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO. ANÁLISIS TÉRMICO DE LA CUBIERTA VENTILADA*. Barcelona: Master Oficial Arquitectura Energía y Medio Ambient.
- Jorquera Silva, D. (2018). *EL PATRIMONIO VERNACULAR, FUENTE DE SABERES TECNOLÓGICOS Y DE*. Santiago de Chile.
- Martins Neves, I., & Mellace, P. (27 de Setiembre - 02 de Octubre de 2004). "LA TIERRA CRUDA EN LA CONSTRUCCION DEL HABITAT". San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina: Memoria del III er SIACOT Seminario Iberoamericano de construcción con tierra. P. 539.
- Morales Morales, R., Torres Cabrejos, R., Renfigo, L., & Irala Candiotti, C. (marzo de 1993). *MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE*. Lima, Perú.
- Moriset, S., & Misse, A. (julio de 2011). *RÉNOVER & CONSTRUIRE EN PISÉ DANS LE PARC NATUREL RÉGIONAL LIVRADOIS- FOREZ*. Saint-Gervais-Sous-Meymont, France (Parc naturel régional Livradois-Forez).
- Muñoz, C., & Quiroz, F. (diciembre de 2014). *Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado*. Región del Bio Bio, Chile: Revista Hábitat Sustentable Vol. 4, N°. 2. ISSN 0719-0700.
- Neves, C., Salcedo Gutierrez, Z., & Borges Faria, O. (15 al 18 de octubre de 2019). *CONSERVACIÓN SOSTENIBLE DEL PAISAJE: TIERRA Y AGUA*. Oaxaca de Juárez México: 19º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT 2019). P. 19.
- Pérez -Villacastín Díaz, M. (junio de 2018). *HASSAN FATHY Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE*. Madrid: Trabajo de Fin de Grado. Escuela Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. P. 179.
- Pichazaca Solano, M. (enero de 2020). *INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA. PREFABRICACIÓN – IMPRESIÓN 3D – DRONES*. Barcelona: Programa de Máster Universitario en Construcción Avanzada en la Edificación. Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. P. 103.

Piesik, S (2017). *HÁBITAT: ARQUITECTURA VERNÁCULA PARA UN PLANETA CAMBIANTE. Revisión de la edición Universitat Politècnica de Catalunya. Blume*

Se hace hincapié en la importancia de conservar la producción artesanal y los conocimientos locales antes de que sea demasiado tarde. Se incluyen ensayos contextuales sobre climatología, antropología y economía; una sección de referencia detallada; mapas e infografía y numerosas ilustraciones.

Rotondaro, R., & Mandrini, M. R. (junio de 2019). *BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA Y TAPIA: DOS TÉCNICAS CON CAPACIDAD PORTANTE*. Madrid.

Toneu García-Carreño, L. (2019). *BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA. ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DE PROTOTIPO PARA SU COMERCIALIZACIÓN*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela Superior de Arquitectura y Edificación. P. 223.

Vallés , A. (octubre de 2014). *ARQUITECTURA CON TIERRA. BIOCONSTRUCCION EN COOPERATIVAS DE VIVIENDA POR AYUDA MUTUA*.

Vázquez Espí, M. (2008). *A PROPÓSITO DEL “DESARROLLO SOSTENIBLE” Y EL ALOJAMIENTO*. Madrid.

Vázquez Espí, M. (Enero de 2001). *CONSTRUCCIÓN E IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE: EL CASO DE LA TIERRA Y OTROS MATERIALES*. Madrid. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n20/amvaz.html>

Yuste, B. (2017). *ARQUITECTURA DE TIERRA. Caracterización de los tipos edificatorios*. Barcelona: Máster Arquitectura Energía y Medio Ambiente.

Páginas Web

FetdeTerra. Web oficial: <https://www.fetdeterra.com/>

Heringer, Anna .Web: <https://www.anna-heringer.com/vision/>



Fig 91: Cómo levantar las paredes de tierra apisonada

Fuente: Habiterra: exposición iberoamericana de construcciones de tierra (página 12)

