



Taller de Bioconstrucción

Quito, Ecuador, 8 al 17 de junio de 2018



CCIVS
70 YEARS
Coordinating Committee for
International Voluntary Service
1948-2018



IVS for **Climate
Justice**

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



IVS for Climate Justice Don't just say it! Do it!
Volunteering to Create a Network of Knowledge through Ecological
& Sustainable Practice

Taller de Bioconstrucción

Informe

Leyla Tarahomi
Kate Curtis
Julia Perez Lema

Autora
Autora
Diseño

Taller acogido por la Fundación FEVI en Quito, Ecuador, del 8 al 17 de junio de 2018.

Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.
Esta publicación refleja el parecer del autor y la Comisión Europea no puede ser responsabilizada por cualquier uso que pueda ser hecho de la información contenida en ésta.

Coordinador del proyecto



CCIVS
70 YEARS
Coordinating Committee for
International Voluntary Service
1948-2018

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Colaboradores





CCIVS
70 YEARS
Coordinating Committee for
International Voluntary Service
1948-2018



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	2
OBJETIVOS	3
EL EQUIPO DE TRABAJO	5
EL TALLER ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA	6
INTRODUCCIÓN A LA BIOCONSTRUCCIÓN	6
CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	7
CONOCER LOS SUELOS Y COMO SE COMPORTAN	12
LA TIERRA COMO MATERIAL TRIFÁSICO - TEST CARAZA	14
CLASIFICAR LOS SUELOS	15
LOS ENSAYOS	16
TÉCNICAS DE BIOCONSTRUCCIÓN CON TIERRA	19
PARTES DE UNA CONSTRUCCIÓN: LA FUNDACIÓN	22
EL REVOQUE	23
LAS MEZCLAS	23
EL AISLAMIENTO	26
LAS CONSTRUCCIONES DE NUESTRO EQUIPO	26
EXPERIENCIA DE BIOCONSTRUCCIÓN EN FRANCIA: EL RELATO DE UNA PARTICIPANTE	28
LA EXPERIENCIA ECUATORIANA: EL TRABAJO DEL INGENIERO PATRICIO	30
BIOCONSTRUCCIÓN Y ENERGÍA	32
EL TECHO VERDE	32
LA CASA COLONIAL EN LUMBISÍ	33
SISTEMA DE SEGUIMIENTO	33

INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

El proyecto nace a partir de una revisión del Libro Blanco en 2016 y el Plan de Acción 2017-18; se busca proporcionar nuevas habilidades y revivir las técnicas tradicionales en el ámbito del medio ambiente y la sostenibilidad, al tiempo que tiene en cuenta las formas en que la red puede abordar la reducción de la pobreza y la promoción de la salud. El proyecto utiliza la herramienta preexistente de IVS para la justicia climática que se estableció en 2015 como una pancarta para destacar las acciones de diferentes redes de IVS sobre la sostenibilidad ambiental y para enfatizar la contribución de los proyectos de IVS al logro de los ODS.

IVS for Climate Justice es un programa mundial que se lleva a cabo en más de 100 países, coordinado por CCIVS y que reúne las actividades de 5 redes del Servicio de Voluntariado Internacional, CCIVS, Servicio Civil Internacional (SCI), Alliance of European Voluntary Service Organisations, IBO y la Red de Desarrollo Voluntario de Asia (NVDA). Involucra a los voluntarios y las comunidades locales para trabajar en proyectos de base que combinan trabajo manual y acciones de sensibilización. Estos abordan cuestiones tales como el cambio climático, la compensación de carbono, la sostenibilidad ambiental, la protección de los ecosistemas, la gestión y la conservación del agua y la tierra.

Los objetivos principales del proyecto son:

- Desarrollar la capacidad de las organizaciones IVS de actuar como multiplicadores en sus regiones y en sus organizaciones.
- Fortalecer la participación en la red global de IVS y la conexión entre organizaciones que también pueden formar parte de redes diferentes que normalmente no trabajarían juntas.
- Revalorizar la técnica de construcción tradicional/alternativa.
- Crear conciencia sobre los efectos de la vivienda insostenible y su contribución al cambio climático.

El proyecto incorpora 5 fases y el taller se integra desde la segunda como trabajo práctico y teórico, con énfasis en la construcción con tierra.

En el campo de la construcción, la bioconstrucción se caracteriza por generar edificaciones con un ciclo de vida muy ventajoso, ya que los materiales utilizados se obtienen directamente de la naturaleza (o han sido mínimamente procesados industrialmente) y los medios de producción consumen muy poca energía, resultando un proceso de muy baja emisión.

Asimismo, al estar tan cerca de los modos básicos de construcción es apta para que se pueda realizar mediante autoconstrucción asistida, ya que no requiere de especialización de la mano de obra.

Con milenios de tradición, la construcción con tierra es sostenible, barata, eficiente y saludable. La tierra, una materia prima abundante y muchas veces gratuita es, tal vez, el mejor material para la construcción de viviendas. La tierra funciona como regulador de humedad y temperatura, además de filtrar influencias negativas del ambiente.

OBJETIVOS

El objetivo principal del taller es mostrar los conceptos básicos de la construcción con sistemas de tierra (eco tecnologías), realizando un intercambio de conocimientos para que el asistente tenga herramientas que le permitan replicar en otras comunidades los conocimientos adquiridos.

También son objetivos del curso:

- Compartir conocimientos sobre construcciones de bajo impacto ambiental.
- Sensibilizar sobre problemáticas ambientales y proponer alternativas de mitigación y adaptación ante el cambio climático como es la bioconstrucción.
- Aprender técnicas de bajo coste adaptables a los diversos entornos que ayuden a mejorar la calidad de vida y salud de las personas que los emplean.

Premisas:

- Lograr un diseño armónico para cada lugar y situación.
- Aprovechar la energía solar pasiva como la forma más ecológica y económica de confort térmico en una vivienda a través de la Arquitectura Bio-Climática.
- Promover construcciones realizadas con materiales no industrializados que nos brinda la naturaleza en el lugar.
- Usar materiales ecológicamente sanos, que no contaminen ni el entorno ni sus habitantes y logrados sin utilizar de forma dañina a las personas, la tierra o los recursos.
- Crear diseños integrables en la naturaleza (que cuando dejen de utilizarse se integren en la tierra en un lapso de tiempo prudencial sin dejar contaminantes a las próximas generaciones).
- Comprovar que los materiales reciclables no sean contaminantes.
- Fundamentar construcciones económicamente viables (aquellas construidas sin despilfarros ostentosos de materiales y energía).
- Diseñar construcciones sostenibles a largo plazo (con el mínimo coste de mantenimiento).

PROGRAMA

Metodología:

Se realizaron sesiones de teoría y práctica con la técnica de Aprender – Haciendo, ayudados por herramientas como el trabajo grupal, la reflexión colectiva, charlas, videos, para procurar un acercamiento vivencial, dialogando y conociendo la tierra.

El programa se revisó ligeramente según las necesidades de los participantes y del *trainer*.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	##	
Desayuno													
Mañana	Llegada <i>team</i>	Prep <i>team</i>	Prep <i>team</i>	Introducción al taller	Visita a Quito	Selección y reconocimiento de suelos	Introducción a técnicas de construcción con tierra	Práctica: el adobe	Práctica: bahareque y tapia	Práctica: Preparación de mezclas y terminación de la pared Tratamiento de color con pigmentos	Fundamentos de la arquitectura pasiva solar	Salidapax	Salida <i>team</i>
Pausa café													
Mañana				Introducción a la bioconstrucción y a los ODS; compatibilidad con las expectativas	Visita a Quito	Práctica: test Caraza	Visita y práctica en un proyecto local de bioconstrucción. La Tola Chica Tumbaco	Práctica: el adobe	Práctica: bahareque y tapia	terminaciones y elementos decorativos	Clima: Clasificación de diferentes tipos y zonas climáticas Formas de transmisión de calor y thermal		
Almuerzo													
Tarde		Prep <i>team</i>	Arriaval participantes	Presentación de los participantes	Visita a Quito	Práctica: test Caraza	Práctica: el adobe	Práctica: el bahareque	Materiales, pinturas y técnicas de finalización	Finalizaciones y elementos decorativos	Construcción resistente a los sismos	Evaluación <i>team</i> y futuros pasos para el seguimiento	
Pausa café													
Tarde				Visita en Lumbisí y tarde de bienvenida por la comunidad	Reflexión en grupos	Práctica: test Caraza	Práctica: el adobe	Práctica: el bahareque	Práctica: Preparación de mezclas y finalizaciones	Finalizaciones y elementos decorativos	Evaluación y presentación de las construcciones a la comunidad		
Grupos de evaluación													
Evaluación del <i>equipo</i>													
Cena													
Actividades por la noche													

EL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo se constituyó por cuatro personas: el Profesor de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Santa Fe, Ingeniero Ariel González (MS); el mediador lingüístico y co-trainer, Borja Franco; el Profesor Ingeniero de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador y miembro de la red *Pro Terra*, Patricio Cevallos y el bioconstructor local, Don Virgilio. Además, el equipo ha conseguido la asistencia de los colegas de la Fundación FEVI.



El Profesor Ingeniero Ariel Gonzalez



Don Virgilio



El Profesor Ingeniero Patricio Cevallos



El co-trainer Borja Franco

EL TALLER ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA

Introducción a la bioconstrucción

Cuando hablamos de **bioconstrucción**, en términos amplios, no estamos hablando sólo de la construcción de un albergue o vivienda, sino de la **intervención del ser humano** en la **ecología planetaria**. No es solo mirar lo que pasa en el interior del espacio que se ocupa, sino saber que toda acción realizada afecta a todo el planeta y afecta directa o indirectamente a todos los seres vivos. Por el simple hecho de ocupar un espacio, el ser humano deja huella: nuestro conocimiento actual nos permite dilucidar medianamente cuáles son las acciones que no afectarán negativamente a las generaciones futuras.

Los conceptos de bioconstrucción ponen la **vida** como **elemento prioritario**, no el mercado (mercado-construcción), ni el individualismo del hombre (antropo-construcción); sino en la compleja trama que une todas las acciones que las comunidades realizan para generar vida (alimento, vestimenta, vivienda, educación, ocio, comunicación etc.). El planeta es como una gran “casa” con la que debemos dialogar para cuidarnos mutuamente. Centrándonos en los aspectos propios de la edificación para cobijo humano, reconocemos el gran impacto ambiental que normalmente causa: es aquí donde los principios de la bioconstrucción ayudan a conformar **espacios más sostenibles**, buscando una arquitectura y forma de construir que colabore a frenar el cambio climático.

Bioconstrucción (f): respeto de la naturaleza, salud y bienestar, sostenibilidad, materiales locales (en bruto, sin desperdiciar energía en producción y transporte), autosuficiencia, armonía con el medio ambiente, bajo impacto ambiental, técnicas adecuadas y dirigidas.

El **uso de materiales** en la **construcción** de edificios tiene, en todas sus fases, **impactos en el entorno**: extracción de materia prima, transporte, manipulación, puesta en obra, funcionamiento, fin de vida y disposición de desechos. El planeta Tierra está en peligro por el consumo de recursos no renovables, la crisis de energía, las emisiones de CO², la huella del carbono y el cambio climático. En el proceso de producción de los materiales de construcción moderno, se tienen en cuenta muchos factores y entre ellos hay la extracción de materias primas, recursos no renovables y el consumo de energía que requiere su transformación industrial.

El **cemento** es el material más utilizado después del agua: **3 toneladas por año por persona** según el “World Business Council of Sustainable Development”, que significa 3 toneladas de CO². El cambio climático produce una cadena de efectos, del efecto invernadero al calentamiento global, inundaciones, sequías, derretimiento de los glaciares y fenómenos meteorológicos graves. En este marco, los **objetivos** de la **bioconstrucción** son: la **reducción de emisiones de CO²** y huella del carbono, el uso de fuentes de energía renovable, la reducción del consumo de materias primas, reducción de desechos y mejoramientos de la calidad de vida de las personas.

Desde el enfoque de la salud, normalmente conocemos los tóxicos que ingerimos con los alimentos que encontramos en los supermercados, la sostenibilidad de un medio de transporte o de la confección de un vestido, pero no somos conscientes de los muchos **efectos no saludables** que contienen los **materiales y métodos de edificación de nuestro entorno** construido. La revolución industrial aceleró el proceso de creación de espacios no saludables habitados por el hombre. Si bien la tecnología ha

elevado los estándares de confort, se han perdido muchos espacios ecológicos y saludables. Recuperando formas naturales de edificar podremos dañar menos al planeta sin perder las comodidades adquiridas.

La **bioconstrucción** no es solamente la casa orgánica, autoconstruida por un sector social determinado y aislada en sectores rodeados de naturaleza virgen, sino también propuestas de solución para quien entiende que **otra forma de construir** es posible.

Algunas de las diferentes **técnicas** utilizadas en la bioconstrucción son el diseño sustentable, el uso de madera y bambú, los techos verdes y la construcción con tierra. El **diseño sostenible** sigue los principios de eficiencia energética, aislamiento y orientación, para una casa de dimensiones razonables y flexibles. **La madera y el bambú** son materiales naturales, reciclables, biodegradables, que necesitan de poca energía, con bajo impacto ambiental y una huella reducida de carbono. El bambú es una de las plantas que crece más rápidamente en el mundo, tiene una resistencia a compresión más elevada que la madera, el ladrillo y el cemento; y una resistencia a la tracción mayor que la del acero. Los **techos verdes** reducen el traspaso del agua de lluvia, son energéticamente eficientes y mejoran la calidad del aire. La **construcción con tierra** es el eje en que se articula el presente taller: la utilización del suelo es una poderosa herramienta para que los seres humanos construyan su hábitat de manera expresiva y utilizando recursos locales. De hecho, una gran parte de la humanidad vive en edificios de tierra.

La creciente urbanización asociada a las normas y modelos industrializados y globalizados que se utilizan al concebir una ciudad, son factores que contribuyen a la desaparición del conocimiento tradicional y las prácticas relacionadas con la creación y el mantenimiento de ese tipo de obras.

En consecuencia, es muy **importante** que las **innovaciones** y las **aplicaciones** sean **administradas por los actores locales**, satisfaciendo las necesidades y proponiendo una forma de construcción que conecte efectivamente a las personas con sus tierras colectivamente. Esta acción refuerza el derecho a construir en suelos que pertenecen a todos.

Construcción con tierra

La tierra ha sido, es y seguirá siendo uno de los mayores materiales usado por el hombre para construir su hábitat y darle forma a su entorno.



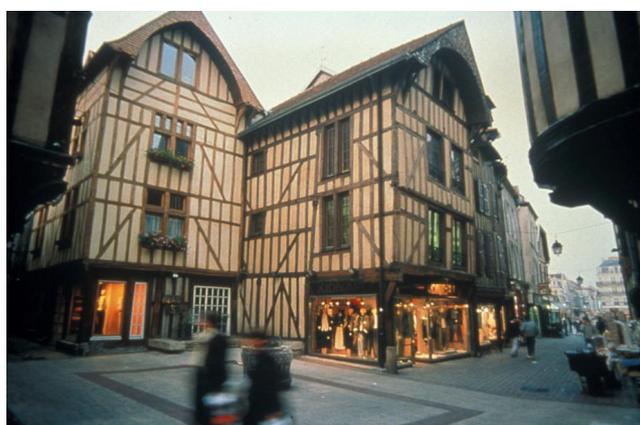
La gran mayoría de las pirámides milenarias tienen su núcleo de tierra.



La muralla China, construida parcialmente con técnicas de tierra.



Casbah al sur de Marruecos



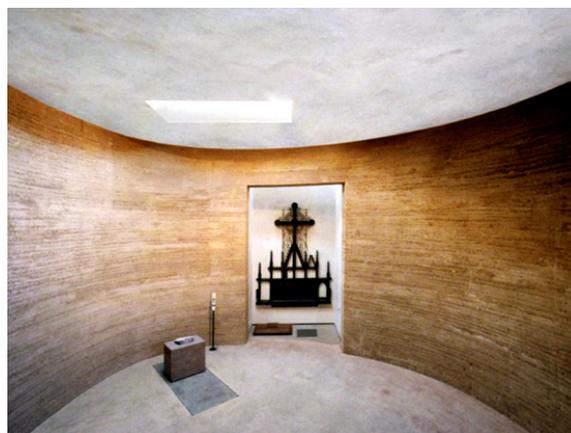
Centro histórico de la ciudad de Troyes, Francia.



Vivienda social actual en tierra, en la ciudad de Rennes,



Escuela Bioclimática construida en tierra.



La actual y emblemática Capilla de la Reconciliación, en Berlín.



Escuela de tierra apilada y bambú en Bangladesh



Hotel en Jujuy – Argentina



Vivienda en Piriápolis – Uruguay



Vienda moderna en tierra en Chile

La importancia y el **potencial** de las **arquitecturas de tierra** son seguramente conocidos y reconocidos y cada vez más alentados: investigaciones recientes confirman las ventajas de usar la tierra como material de construcción. Su uso contribuye a la **reducción** de las **emisiones de gases** que producen el efecto invernadero, mitigando así los riesgos relacionados con el cambio climático.

Es importante reconocer que no hay **ninguna solución global**, ni tecnologías, ni modelos **que** puedan sencillamente **exportarse** de un lugar a otro: los datos históricos, las prácticas culturales y las nuevas tecnologías pueden inspirar la innovación y estructurar las intervenciones para que sean adaptadas a entornos naturales, culturales, sociales y económicos. Por ello, es tan **importante** que las **innovaciones** y aplicaciones sean **manejables por los actores locales como** que **satisfagan** las **necesidades** para

proponer una forma de construir que conecte de forma efectiva las personas con sus territorios de manera colectiva.

Podemos focalizarnos en la construcción de edificaciones nuevas, o bien, restaurar las existentes y, en ambas, tener en cuenta aspectos relacionados con los paradigmas de la bioconstrucción. Al pensar y planificar el proyecto a intervenir, es muy importante tener en cuenta el entorno y las características de la intervención.

En **Latinoamérica**, debido a la carencia de albergue y cobijo para los sectores mas desprotejidos, la **construcción de viviendas nuevas es común**, no como en otros países donde las intervenciones se centran en restaurar y ampliar edificios históricos ya existentes o bien es solo elegida por un selecto grupo social. En el caso de ampliación de edificios antiguos, uno de los **errores más frecuentes** que se comete, es **no hacerlo con la misma técnica original**. Por ejemplo, en intervenciones en construcciones con tierra, se debe tener en cuenta que el empleo indiscriminado de cemento o cualquier otro material moderno muchas veces acelera la destrucción del patrimonio; por esto, es fundamental recordar que **la tierra se restaura solamente con tierra**; no es el caso de **construcciones nuevas** en donde se puede hacer una **mezcla tecnológica de tierra con otros materiales**.

Conocer los suelos y como se comportan

La **tierra** es el producto de la erosión de rocas de la corteza terrestre. Está compuesta de **grava, arena, limo y arcilla**. El **perfil geológico** de la **corteza terrestre** es: **“horizonte 0”**, huellas de vertebrados; **“horizonte A”**, oscuro, mineral enriquecido orgánicamente y en una zona de erosión; **“horizonte e”**, ligero, horizonte mineral reducido en organismos, con arcilla, óxidos de hierro y aluminio; **“horizonte b”**, minerales oxidados enriquecidos de arcilla y óxidos de hierro y aluminio y/o material orgánico, **zona aluvional**; **“horizonte c”**, minerales incluidos en un sedimento no fusionado y/o residuos altamente descompuestos de lecho de roca, puede estar, en parte, oxidado; **“horizonte z”**, generalmente hecho de roca sólido, menos descompuesto a mayor profundidad.

Con el paso de miles y miles de años, la roca madre del planeta tierra se fue degradando y erosionando a causa de las temperaturas, la presión, el viento y los agentes bacterianos; haciendo que se fraccionasen en granos grandes y visibles (**pedregullo**), más pequeños (**arena fina y gruesa**), partículas no visibles pero de formas redondeadas (**limo**), hasta llegar a fracciones más pequeñas de forma laminar que se denominan **arcillas** y son las que tienen el poder de unir y cementar los granos más gruesos. Estas uniones se producen a nivel molecular por fuerzas electroquímicas y se puede fácilmente visualizar con el siguiente ejemplo: dos bolitas de vidrio mojadas se atraen, pero dos láminas de vidrio mojadas se pegan. De similar manera se comporta la mezcla de tierra que contiene partes redondeadas (limo) y partes laminares (arcilla) cuando interaccionan con el agua.



Selección de distintos suelos en el taller para su determinación y conocimiento

Para la **construcción con tierra** se deben tener en cuenta dos elementos: la **densidad** y la **humedad**. Cuanta más energía se le proporciona al suelo suelto, más se acomodan los granos del mismo, expulsando el aire que existe entre los granos. En algunos casos expulsando también el agua, con lo que se logran mayores densidades que confieren mayor resistencia al producto terminado. Por un lado, el **agua** es el **vehículo** que permite el **acomodamiento** de los **granos de tierra** por lo que, sin suelo húmedo, la construcción con tierra no sería posible. **Por otro lado**, una vez concluida la construcción, se debe proteger la misma del exceso de agua. **Mucha humedad** es **enemiga** de la **construcción con tierra** pero, al mismo tiempo, sin humedad la construcción con tierra no existiría. Se habla de “**agresión hídrica**” cuando hay más agua de lo necesario durante el período de uso.

Cuando se trabaja con **tierra**, es importante tener en cuenta su **humedad natural** (la parte líquida) porque esta va a llenar el espacio vacío que deja la parte sólida. Asimismo, es necesario preguntarse con qué grado de humedad se está trabajando (suelo seco o húmedo). El agua utilizada en la **construcción** debe cumplir determinados **requisitos** como **no estar contaminada** y **no contener agregados químicos** (ni muy ácida ni muy básica). Estos requisitos se cumplen **normalmente en el agua potable** y en el **agua de lluvia**.

Hay **tres herramientas** a tener en cuenta para saber **cómo interacciona la tierra con sí misma** y con **otros materiales**:

1. Comprender cómo funciona la tierra como **material trifásico** (sólido, líquido y gaseoso), **respecto a la energía que se le suministra** y la **cantidad de agua empleada**, lo que determinan los mecanismos de unión de las partículas de tierra.
1. Identificar la **composición del suelo** (si es arcilloso, arenoso, limoso) y las **proporciones de cada fracción (prueba del frasco)**, para ver si es apto para la nueva restauración y/o construcción que se quiere realizar.
1. **Elegir una técnica** de construcción con **tierra adecuada a la intervención** (adobe, tapia, técnicas mixtas etc.). Hay un abanico de posibilidades sobre el uso de la tierra que dependen, entre otras, de la cantidad de agua, las costumbres locales, las condiciones climáticas. En otras palabras, depende no solo de la tierra disponible, sino también de las **condiciones** en las que está **implantada la obra**.

La tierra como material trifásico - Test Caraza

El arquitecto **Wilfredo Carazas** ideó un ejercicio denominado “**test Carazas**”, que tiene como **finalidad** comprender **cómo interaccionan** los diferentes **estados** de la **tierra** (sólida, líquida y gaseosa) en función de la energía otorgada y de la cantidad de agua empleada. Se trabaja realizando **cubos de prueba** con una determinada energía de **compactación** y una determinada cantidad de **agua**. Las **energías de compactación** son tres: con **soltura**, con **apisonamiento manual** con los dedos y con la ayuda de un **pisón**. En cuanto a la cantidad de **agua** se tienen **cinco grados: seco, húmedo, plástico, viscoso y líquido**. Esto genera una tabla con **quince situaciones** que combinan cada una de estas características. Se realizan estas tablas con **diferente** tipo de **suelos** (limosos, arenosos y arcillosos) para luego comparar sus distintos comportamientos.

El ejercicio se realiza llenando un **cubo de 15 x 15** con la **combinación** de estados de **humedad y compactación** mencionados y realizando **mediciones volumétricas** (densidad) y de cantidad de agua incorporada (humedad). En base a estos datos, se sacan conclusiones sobre cómo se comportan los granos de suelo internamente. Los **tipos de tierra** utilizados durante el ensayo en Lumbisí han sido tierra **arcillosa** del lugar (**chocoto**) y el segundo una **mezcla de tierra arcillosa y arena fina**.



Parte de las herramientas



Grilla en donde se desarrolla el ejercicio

Nuestro grupo de trabajo se ha dividido en dos equipos y cada uno ha recibido como material un molde, un medidor de agua, un pisón, una palangana y un cubo para “armar” y “desarmar” por cada cuadrícula: en cada posición se debe emplear la **misma cantidad de suelo**, que es la cantidad que corresponde para llenar un cubo en estado seco y suelto. La **primera modalidad** ha sido **seca**, sin agua; la **segunda, mínimamente húmeda** (se puede hacer una bola y no se moja la mano), la **tercera, plástica** (se incorpora agua hasta tomar consistencia de barro para alfarería), la **cuarta, viscosa** (consistencia de crema) y, la **quinta, líquida** (el agua como vehículo de la tierra), que se utiliza para pintura y revestimientos.

En cuanto a la **energía de compactación**, cuando la cantidad de agua ha ocupado el espacio entre los sólidos, no produce ninguna acción y no se puede expulsar ni aire ni agua. Lo que se **mide** a través de este ensayo es el **volumen** de todas las partes del chocoto y de la mezcla, es decir, **suelo, agua y aire**, comparándolos, y la **diferencia** entre las **tres formas de compactación**. Sacando aire y desplazando el

agua; ésta hace de aglutinante, junto a la energía de las manos y el agua que compacta la tierra en el centro.



Cuando la **tierra** está **húmeda**, resulta más **fácil compactarla** con el pisón: hay una **mínima cantidad de agua** y con esta forma de compactación hay la **máxima fuerza para sacar el aire** entre las tierras en los cuadritos. Este tipo de **técnica** se utiliza para la **tapia** y el **BTC** (podría ser que la tierra utilizada fuera arenosa porque tiene la menor cantidad de aire posible y la cantidad de agua necesaria para impregnar las partículas). La **tierra plástica** es útil en la fabricación de **adobes** y en **revoques**. Para obtener el **estado viscoso**, se mezcla **arcilla y agua**. Esta pasta es útil para aglomerar otro árido más grande, como cascote y pedacitos de tierra o grava. Así se puede hacer un hormigón de tierra, construido por arcilla que se parece a pasta de cemento y arena y piedras, que hacen de estructura del hormigón.

La **barbotina (estado líquido)** se parece a un chocolate espeso: esta se consigue añadiendo un poco más de agua respecto al estado viscoso y se pueden embeber **fibras vegetales** (paja) para hacer un buen **material aislante**. De esta manera, se revisten las intersecciones de fibras vegetales que se sueldan dejando espacio al aire que, se queda entre fibra y fibra, en el medio. La fibra de paja tiene mucho aire; si se adjunta una cantidad suficiente de tierra para embeberla pero manteniendo el aire adentro, en cada unión de fibra con fibra, el aire se pone entre las intersecciones creando resistencia al paso de la temperatura.

Si el tipo de **suelo** que se está estudiando **absorbe mucha agua**, al secarse y quedarse sin agua se produce una diferencia de volumen que causa grietas. Por lo tanto, **no** es aconsejable para **construir**.

Clasificar los suelos

Los ensayos más usuales para identificar un suelo son los que corresponden a la curva que representa el tamaño de sus granos (**curva granulométrica**) y el que informa acerca de la característica de la parte

final de absorber mayor o menor cantidad de agua (limo y arcilla). Con estos datos los clasifican (siguiendo diferentes normas viales) que lo contrastan con una serie de tablas tipo.

Dentro de la **granulometría** podemos identificar varios tipos de tierra, según el tamaño del grano o partícula. En el orden de más grande a más pequeño, hay: pedregullo, grava (o ripio), arena gruesa, arena mediana, arena fina, limo y arcilla. Los **materiales** granulares **gruesos no** tienen ningún **poder cohesivo**, pero se utilizan como estructura de lo que vamos a armar. Comparando con el hormigón y, salvando las escalas, sabemos que en comparación con el hormigón, arena y limo tienen las mismas propiedades que la piedra, y la arena; y la arcilla hace las veces del cemento.

La **tierra con limo**, si es suficientemente **adhesiva**, es útil para **tapia y adobes** grandes. Además, si se hace una mezcla con un 15% de arcilla, un 20-25% de limo y un 50-55% de arena bien **tamizada**, la tierra es apta para casi todas las técnicas. Según el tipo de tierra, se puede añadir un cierto porcentaje de material cohesivo. Si es tierra arenosa, se puede añadir cemento (máx 10%), aunque no es el mejor pensando en el impacto ambiental. Si tenemos tierra arcillosa, se puede añadir cal (15%). Finalmente, si se quiere paja, el chocoto mezclado con poca tierra arenosa es perfecto para adobe, bahareque y para enlucido (añadiendo más arena) y para tapia (añadiendo un poco de pedregullo grueso o arena para evitar las retracciones). Si en el entorno no se encuentra cal, se puede sustituir con tierra caliza. La arcilla, la cal y los pedacitos de conchilla hacen de grueso, mientras que la cal fortalecida protege los sectores de mayor agresión hídrica.

La **cal** está naturalmente en la **piedra caliza** y existe el así dicho “**ciclo de la cal**”. Primero, se calcina la piedra, produciendo energía y evaporación de agua. Segundo, la piedra que se queda, absorbe el agua y libera calor. Seguidamente, se saca la pasta, se mezcla con arena y se hace el revoque; se mezcla todo y, con el aire, la cal toma el dióxido de carbono con el cual se endurece. Con el tiempo, esta piedra se degrada y vuelve a ser la piedra original, es decir, piedra caliza.

Los ensayos

Existen una serie de **ensayos**, denominados “**de campo**”, que se realizan con una infraestructura mínima en el mismo terreno donde se encuentra el suelo y dan una idea aproximada de cuál es el suelo con el que contamos. Los ensayos **de granulometría** son, en primer lugar, **sensoriales** (a través del tacto y prueba de la mordida). Por ejemplo, la arena gruesa cruje más, la arena fina un poco menos, el limo y la arcilla son pastosos y no crujen. Asimismo, por el olfato se puede distinguir el tipo de tierra orgánica que se tiene. Por ejemplo, si el **olor es orgánico**, el **suelo es para cultivo**, aunque también se pueden utilizar suelos orgánicos para algunas mezclas (tierra fermentada). De hecho, algunos ladrilleros toman el suelo superficial que es más fácil para hacer el ladrillo, debiendo tomarse el suelo del “Horizonte B”, donde está el suelo menos orgánico.



Pruebas sensoriales para identificar tipos de suelo durante el taller

Un ensayo útil es el **ensayo de frasco** (o de decantación). La modalidad de este tipo de ensayo consiste en cernir el suelo para transformarlo en polvo, mezclarlo muy bien con agua, agitar la mezcla y dejarlo decantar. El **objetivo** de este ensayo es establecer el **porcentaje de cada parte de suelo** que constituye la **mezcla** de acuerdo a su granulometría, es decir, los porcentajes de arena, limo y arcilla. Hay que dejarlo reposar varias horas y cuando las líneas de demarcación dejen de moverse, estará listo. Las líneas se crean arriba, entre el agua y la parte orgánica, el agua sucia de la arcilla, el limo y la arena. A través de este ensayo se pueden ver diferentes granulometrías. Para preparar la mezcla:

1. Hay que colar la tierra para sacar los grumos que se forman espontáneamente cuando la tierra está húmeda.
2. Se coloca en un frasco con agua.
3. Se pone una pizca de sal para acelerar el proceso.
4. La parte más pesada y gruesa, la arena, desciende. En el medio, hay una capa de limo y, arriba, una capa de arcilla y agua sucia. Sacando los porcentajes de cada fracción se puede tener una idea aproximada de los porcentajes de gruesos y finos de la composición del suelo.



Preparando la prueba de decantación



Observando los resultados del ensayo

Otro ensayo de campo se constituye de una mezcla de **tierra y agua**, con la que se puede verificar la facilidad para hacer bolitas, cuanto mas arcilloso mas fácil de realizar y compacta es la bolita. Esta prueba, muy simple, sirve para entender cuanto de arcilloso es el **suelo** utilizado. Además, la **prueba del lavado de mano** permite establecer si el terreno es más arenoso o arcilloso. “Lavando” las manos con arena, éstas resultan limpias mientras que, utilizando la arcilla, las manos resultaran como enjabonadas.



Prueba de la realización de bolas de tierra



Prueba del lavado de mano

Cuando sea necesario, por la magnitud de la obra, es conveniente recurrir a un laboratorio que realice ensayos con mayor precisión. Hay tres tipos de **ensayos de laboratorio**:

1. La **granulometría**, que permite distinguir en detalle los grados de espesor de la arena (desde la más gruesa hasta la más fina).
2. La **densitometría**, que investiga la relación entre la humedad y el peso seco de los suelos del material fino, a través de la densidad del suelo; esto permite determinar el porcentaje de limos y el de arcillas que tiene la fracción fina del suelo.
3. Los **límites de Atterberg**, que permiten medir la capacidad de absorción de agua de la parte fina del suelo a través del índice de plasticidad.

Para el ensayo de **granulometría** se utiliza una **torre de tamices** (el tamiz es una especie de colador que puede identificar el grosor de los diferentes granos). De allí se crea la gráfica de la curva, de acuerdo al porcentaje de material retenido en cada tamiz. El material que pasa el tamiz número 200 es el que corresponde al limo y arcilla (material fino).

Las pruebas de **densitometría** consisten en hacer decantar la partículas finas que contiene el suelo y medir sus densidades: de acuerdo a determinadas tablas, se determina qué porcentaje de limos y qué porcentajes de arcilla tiene el material ensayado.

Con el material fino se realizan también los **ensayos de Atterberg**, una técnica con la cual se prepara una muestra con la que se realiza un chorizo pequeño (3 mm de diámetro) y se mide su humedad. Luego, se prepara una muestra con la cantidad de humedad necesaria para que una grieta determinada se cierre empleando un aparato normalizado. La diferencia de humedad resulta en un **índice de plasticidad** de las actividades de **expansión y retracción** de la muestra. Este ensayo de laboratorio se utiliza para saber cuál es la cantidad de agua en el material que se va a utilizar, comparar suelos o mezclas diferentes, ver cómo cambia la plasticidad y definir la calidad de la arcilla presente.

Técnicas de bioconstrucción con tierra

Las técnicas de bioconstrucción con tierra varían de acuerdo a la región donde son aplicadas y dependen mucho del tipo de suelo existente en la región, las pautas culturales, el clima y su rescate histórico. También influye la **intervención del estado**, incentivando o desalentando el uso de las mismas, a través de normativas, leyes y facilitamiento de créditos para este tipo de edificaciones. La **amalgama** entre **construcción con tierra y tradicional** es posible. De hecho, en el pasado, en el baño o cocina se ponía tadelakt, un revoque a base de cal bruñido e imopermeable; hoy sobre paredes de tierra, se coloca revestimiento, azulejo u otro y, para que soporte el azulejo, se pone una malla metálica revestida de una mezcla de arena y mortero de cal y, sobre ella, el azulejo.

A **diferentes** tipos de **suelos** corresponden **diferentes** tipos de **técnicas**. De hecho, para saber cuál es el mejor suelo para un cierto tipo de construcción con tierra, es relevante tener en cuenta que, si un suelo tiene menos de un 40% de arena, es útil para hacer el revoque; si su composición está entre el 40 y 50% de arena, es aconsejable para el bahareque y, si está entre el 50 y 60% de arena, se utiliza para el adobe. Para hacer un **bahareque**, se necesita mucha **arcilla** para mejorar la **adherencia** con la madera o la caña, y también para el revoque. Se necesita arena con un grano grueso, para preparar el **tapia**, y se tiene que añadir aproximadamente un 17% de agua, prestando atención al sonido cuando se apisona y compacta la tierra.

La técnica de **tapia** se realiza con tierra que contiene proporciones adecuadas de **arena y arcilla** con **poca** cantidad de **humedad** y se apisona intensamente para sacar el aire. En España los árabes y, mas tarde, los españoles, hicieron buenas obras en tapia. La Alhambra se construyó de tapia, con algunos detalles de adobe, la fuente en tadelakt, tierra y cal y muchos bajorrelieves. En Perú se utilizaba mucho la tapia siguiendo una buena técnica aunque, hoy, se prefiere utilizar el concreto para hacer el revestimiento. Además, en Australia y Nueva Zelanda, la **producción** de tapia es **industrial** (pisones neumáticos) y también se incorpora paja para hacer una tapia más aislante y con menor densidad; para hacerla se prepara una mezcla seca y se coloca paja fina (diferente de la paja de la tierra alivianada).

Nuestro equipo ha utilizado **4 partes de tierra y 1 de arcilla** para la **mezcla** de la **tapia**. Durante el test Carazas, el equipo pudo notar que la capa se compactaba mejor con la arena en la mezcla. Lo ideal es que la **base** de la **tapia** sea **plana** para apisonar. El pisón puede ser de 8 o 12 cm de ancho y el diámetro tiene que ser la mitad del ancho.



El molde para realizar Tapia



Apisonando la tierra preparada



Preparando el molde de tapia



Tapia realizada a modo didáctico en el taller

El **adobe** es una técnica milenaria que se utiliza todavía hoy. El adobe es un elemento paralelepípedo, moldeado cuando la mezcla de tierra y agua adquiere un estado plástico. Muchas veces se llaman “adobes” a todos los tipos de construcción con tierra, pero no es lo correcto. El **adobe** es una **producción artesanal**: se utiliza como muro de carga y por eso se deben tomar precauciones en zonas sísmicas, guardando relaciones entre el ancho y el alto del muro. El adobe es una **mezcla de barro, tierra muy arcillosa y fibras vegetales** puestas en gran cantidad. Estas últimas son el elemento estructural, ya que resisten la **tracción** ante la rotura del elemento, que tiene unas dimensiones aproximadas de 40x20x10. Puesto que las mezclas son en estado plástico, se necesita una media compactación. Además, en la fabricación del adobe se producen **grietas**. En este caso, se intercala grano grueso y fino (diferencia volumétrica) que evita la retracción. Para mejorar la posibilidad de fisura, se utiliza la **arena** que minimiza el tamaño de las grietas. También en el adobe hay **movimiento del agua hacia el exterior**. El adobe se seca al sol y, en climas extremos, hay que cubrirlo, mientras que en climas húmedos aguanta

más tiempo. Se tiene que dar la vuelta al adobe y dejarlo reposar 15, 20 o 30 días, dependiendo del clima.

Una **práctica** muy utilizada en el campo es el **agregado de estiércol de vaca o de caballo**. La tierra se deja en reposo entre tres días y una semana. Luego, se incorporan pedacitos de paja y se utiliza como costura de las grietas. Con este proceso químico, las laminillas de la arcilla se abren y las deja mucho más plásticas, mejorando la adherencia de la mezcla. La pasta obtenida es más trabajable para hacer el adobe. La pudrición puede ser también de fibras vegetales. Nuestro grupo de trabajo ha utilizado, de hecho, paja cortada. Se puede hacer una **incorporación de paja en fibra larga o corta**. Se dice que la paja ‘cose’ la mezcla. La tierra se comprime y la paja tracciona y donde hay una grieta, la paja impide que las partes se separen. En lugares áridos o donde no es costumbre utilizar la paja, se pueden utilizar otras fibras vegetales. En México, se utilizan fibrillas de **agave** y **aloe vera**. Todas las fibras que se pueden cortar para ser entre 1 y 1,5 cm son adecuadas para ser incorporadas a la mezcla. Para dejar la paja durante la noche, es aconsejable cubrirla con barro para que ningún microorganismo puedan arruinarla.

El **ladrillo sin cocer** es otra técnica. Es una pasta **similar a la del adobe, pero** que tiene mucha **menos** proporción de **paja** y no se añade a posteriori como en el adobe. Para preparar este tipo de ladrillo, también se utilizan fibras vegetales y boñiga de vaca para que se pudra (se la denomina liga). Hay algunas **diferencias** entre el **adobe** y el **ladrillo**: para el adobe se necesita mucha paja (para el ladrillo no), porque el adobe es más grande que el ladrillo; una pared de adobe mantiene mejor la constancia de la humedad del ambiente que el ladrillo. De hecho, el adobe mantiene más o menos un 50% de humedad y la construcción puede “respirar”, absorbiendo y desabsorbiendo el agua. El ladrillo sin cocer, tanto como el adobe, tiene que ser protegido de la agresión del agua de lluvia y/o exterior.

Otra técnica constructiva es el **Bloque de Tierra Comprimida (BTC)**. Se construye con una prensa que puede ser manual o automatizada y que, por compresión, densifica la mezcla sacando el aire intersticial y utiliza muy poca cantidad de agua para su fabricación. La **prensa original** y la más difundida es la **“Cinva-Ram”**, de origen colombiano, pero se ha popularizado en todo el mundo y se fabrican actualmente de diferentes formas y encastres, de acuerdo con la prensa utilizada. Cuando las **prensas** son **manuales**, poseen diferentes mecanismos que permiten con el mismo movimiento de la palanca, comprimir en una caja la mezcla y luego empujar el BTC para retirarlo. El **BTC** es muy regular en sus dimensiones y da como resultado un **producto** más **uniforme** que el adobe y muros bastante similares a otras técnicas modernas.

Otra técnica es el **COB**. El **COB** es un elemento que se trabaja como una bola de barro y paja y se coloca directamente en la pared, sin intermediación entre la preparación y la colocación. Las paredes exteriores se emparejan con una pala para alisar los planos exteriores.

El **bahareque** es una **técnica mixta** (utiliza barro y una estructura portante de otro material), se prepara añadiendo paja larga, barro y luego se enrosca en una estructura de madera o metal. De acuerdo al lugar donde se hace, tiene un nombre diferente (por ejemplo, quincha, fajina, etc.). En Ecuador, se llama bahareque, y es una estructura de madera con unas varillas de madera, colocadas separadamente para que prenda la masa de barro con paja larga.

El bahareque **puede ser prefabricado en parte**, realizando en taller las estructuras portantes, y luego se las lleva a obra, se unen y se embarran. A modo de ejemplo, hay un sistema constructivo en Chile que

utiliza metal; es antisísmico y su estructura es de hierro y se embarra (quincha metálica). Si el hierro es bien revestido, no aparecen problemas de oxidación como los que ocurren cuando se utiliza la madera, como el ataque de hongos o bacterias. En Argentina, la estructura se hace de madera y se utiliza el denominado “enchorizado”, que es un manojo de paja en forma de “chorizo”, embebido en barro. Se parece a un alambrado alto. De hecho, hay alambre cada 40/50 cm. La paja se deja larga y es embebida en barro, enroscada y puesta para crear la forma de un “8” con uno/dos alambres. Haciendo un “8” abajo y arriba, queda una pared que normalmente se revoca.

En cuanto a las formas de **rellenar** el espacio en el medio de las dos capas de un bahareque, hay muchas. Se pueden hacer **una o dos capas (doble mallas)**. En el caso de una sola capa, se arma el centro de un entramado de cañas guaduas. Esta se utiliza sobre todo para las paredes interiores, porque no necesitan de tanto espesor, aislamiento térmico o acústico. La **tierra alivianada** se prepara con paja larga embebida en barbotina. Esa sirve como relleno en una **estructura de madera** como el bahareque y el aislante térmico (no constituye una parte estructural).

La **tierra ensacada**, mal denominada “superadobe” es un tubo de tierra que se coloca en una bolsa contenedora y luego se apisona. Su forma es orgánica y es una técnica bastante nueva que se utiliza en situaciones de **emergencia**. Su desventaja principal es que es una técnica muy trabajosa, especialmente en los tramos superiores, ya que necesita de mano de obra intensiva y, si no se hace un correcto revestimiento para protegerla de la intemperie, puede dañarse de forma apreciable

En cuanto al cálculo de la **resistencia a la carga**, se deben emplear los conocimientos de estática utilizados para otros materiales y técnicas, ya que la tierra se comporta como cualquier otro material de construcción (se deben tener en cuenta sus características particulares). Una de las características de todas las construcciones con tierra es el **tiempo de secado** (a modo de ejemplo, nuestro equipo ha construido en situ con mucha agua, que tiene que salir de la construcción). Por las construcciones con tierra, es importante que se pegue **húmedo contra húmedo**. Si hay una parte seca, ésta absorbe el agua de la parte húmeda y se forma un plano de fractura cuando se seca. Cada construcción tiene un tiempo de secado diferente.

Partes de una construcción: la fundación

Un rubro siempre presente en cualquier tipo de técnica, es la **fundación** (o cimientos). Si bien depende, en parte, de la técnica a utilizar, los que determinan la elección más adecuada es el tipo de terreno donde se erige la construcción, las condiciones sísmicas y el material local con el que se cuenta para hacerlas. En algunas regiones donde no hay piedras, se utiliza hormigón. En caso de contar con piedras, se construye una base uniendo las piedras con un mortero. Un buen consejo es ver cómo se realizaban históricamente los cimientos en la región. Es también importante tener en cuenta el sobrecimiento que protege el muro de las **salpicaduras** del **agua** superficial o de lluvia.

En el caso de la **experiencia** en **Lumbisí**, se fundó sobre rocas acomodadas correctamente para recibir la tapia. Se hizo un tipo de cimiento con un mínimo de 60 cm de altura. La **primera capa** se hace de piedra y tierra. La tierra es acomodada a mano entre las piedras para que se apisona más fácilmente.

El revoque

Otro rubro que es bastante independiente de la técnica constructiva para erigir los muros es el **revoque** (o enlucido). El revestimiento (o revoque):

- Tapa las grietas.
- Tiene que ser una pasta intermedia entre el estado líquido y pastoso, para poder trabajar con llana.
- Se puede hacer con máquina y proyectar.
- Se puede utilizar para cubrir adobe, quincha, tapia y también la unión con materiales tradicionales.
- Se hace aproximadamente de 1 a 1,5 cm.

No es un problema que el soporte del revoque tenga gránulos. Para todos los resultados (revoque) se recomiendan **3 capas**: una **gruesa**, que compensa la diferencia de nivel; una **fin**a, que consiste en una pequeña capa de arena fina y arcilla con paja picada, no agrieta casi nada y para hacerlo se tiene que humedecer sacando las arenillas sueltas con una esponja o un pincel por ejemplo y luego se puede pasar una capa de **pintura** (húmedo sobre húmedo). Si se utilizan **cal y marmolina**, el revoque queda estucado (liso y brillante). El uso de la cal para las terminaciones es lo más recomendable. La cementina es una cal modificada con algunos aditivos.

Las mezclas

Para testear bien qué mezcla utilizar, se realizan muestras con distintas **dosificaciones**. Para este trabajo se necesitan algunos días para que las muestras sequen. Como durante el taller no se tenía mucho tiempo, se pudieron observar 3 características en cada fórmula:

- **Resistencia**
- **Espesor**
- Presencia/ausencia de **grietas**/achicamiento



Preparación de diferentes dosificaciones para la elección de la mezcla adecuada

El revoque de la construcción en adobe en Lumbisí se ha hecho en **dos capas**: un revestimiento grueso, uno fino y la decoración final. Para preparar el revoque, el equipo ha creado **cuatro mezclas** en dos grupos para poder elegir la más resistente. Los **pasos técnicos** que no hay que obviar para hacer un revestimiento son:

1. Ver cómo se revoca en el lugar (**materiales** a disposición, **técnicas locales**)
2. **Preferencias** y necesidades personales
3. **Trabajabilidad**

Las mezclas utilizadas han sido compuestas de:

1. 1 parte de tierra oscura, 1 de arena fina y agua
2. 1 parte de tierra clara, 1 de tierra oscura, 1 de arena y agua
3. 1 parte de tierra arcillosa, 1 de arena fina y agua
4. 1 parte de tierra negra, 2 de arena fina y agua



De las 4 **mezclas**, la **mejor** para revocar tiene que retraerse y fisurarse poco y ser **resistente**. El equipo ha podido notar que la mezcla 1 tenía un buen aspecto y fisuras pequeñas. La 2, con más arcilla, se había retraído y fisurado. La 3 tenía un buen aspecto y la 4 era poco resistente, rompiéndose fácilmente.

Para testear la mezcla sin saber de qué tipo de dosificación se trataba, el equipo ha hecho cuadrados de 50x50cm en una pared, siguiendo una metodología de aprendizaje inductiva.

Después de haber elegido la mezcla, el equipo ha **cernido** la tierra, creando una pasta entre los estados viscoso y plástico (**barbotina**) y ha comenzado a ponerla sobre la pared con la llana: en algunos lugares se puede encontrar y utilizar tierra de diferentes colores por una cuestión estética (color natural de la tierra) y una vez hecho el revoque, se pueden hacer incisiones, sobrerrelieves, bajorrelieves, incrustar piedritas. Hay que tener en cuenta que la tierra es fácil de trabajar, mientras que la piedra y la cal son más difíciles.

Los pasos que ha seguido nuestro equipo y que se siguen generalmente para el revoque son: **preparación de la mezcla, incorporación del color y decoración.**



Preparando la mezcla para revoque

La primera parte del revoque es la **preparación** de la **superficie**. Antes de empezar a revocar, es importante preparar la superficie del material. La superficie de nuestro equipo era de tierra (esta puede estar seca o casi seca -como el banco que ha hecho nuestro equipo- o húmeda -como el bahareque). Para cada superficie, la regla es que la superficie tiene que encontrarse **sin polvo y húmeda**. Utilizando una esponja y las manos, nuestro equipo ha limpiado la superficie del banco y luego la ha humedecido y alisado sacando el aire. El bahareque estaba bastante húmedo, así que no ha surgido la necesidad de humedecerlo. En cambio, hubo que humedecer la tapia y alisarla sacando todo el aire para hacerla más resistente. Todas las partes cóncavas tienen que ser alisadas para sacar el aire. Cuando se hace esta operación de sacar el aire, se llega al punto o **estado de cuero**. Este es el momento que se alcanza cuando el **material** está **húmedo** pero **sin agua**. Para el bahareque, el equipo ha preparado la tierra con una buena consistencia para que el Maestro Virgilio pudiera usar el bailejo.

Para trabajar una **pared irregular**, se tiene que trabajar no con llana, sino con **bailejo**. La pared de adobe es más fácil de hacer porque es recta y se aconseja hacer en 3 capas. La primera es la pared que hace

de soporte estructural, se debe sacar todo el polvillo y se humedece (tiene que haber un revoque grueso, con paja, de un espesor máximo de 1 cm); la segunda, más fina, de 5 mm; y, la tercera, es un recubrimiento que da color, estética y protección (mural, pasta con pigmento).

Para nuestro equipo se ha utilizado algo similar a la técnica de la "jabelga", que en la **antigüedad** se utilizaba mucho. Esta es un encalado, pintura con cal, a la que se le agrega marmolina (polvo de mármol). Tiene una propiedad impermeable y terminación rústica y con esa se pueden hacer la pintura y la terminación, dando un poco de espesor al mismo tiempo. Nuestro equipo ha usado un balde agregando la mitad de cal (**cementina**), y otra parte de **marmolina y agua** a ojo, hasta obtener una consistencia de pintura.

El aislamiento

En cuanto a la **aislación térmica**, un material puede ser aislante si tiene aire confinado por dentro, generando una **conductividad térmica** baja, o bien aumentando el espesor del material (en Quito se utiliza un muro de adobe de 40 cm de grosor, que es bastante para invierno y verano). En construcciones con tierra hay que tener en consideración el aislamiento térmico y una técnica eficiente (para el bahareque es rellenar sus muros con tierra alivianada).

Por otro lado, para el **aislamiento sónico** existen dos técnicas. La regla más simple y directa es utilizar **mucha masa** para absorber la energía del sonido y no dejarla pasar, porque más masa ocupa más espacio. En la segunda alternativa, se recomienda utilizar **capas de diferentes materiales**, que absorben diferentes longitudes de ondas de sonido. Con poco espesor pero varias capas, se puede obtener el mismo resultado de una gran masa (el material liviano absorbe longitudes de ondas diferentes y el pesado otras). Por ejemplo, para aislar una pared de bahareque utilizando una masa de poco espesor, se utilizan varias capas de revoque y cada capa absorberá una longitud de onda. Para el aislamiento térmico, se puede utilizar paja alivianada con adobe o tierra alivianada (en este caso el revoque tiene que ser liviano).

Las construcciones de nuestro equipo

En Lumbisí, el equipo ha trabajado con **2 tipos de arena** muy diferentes: **gruesa**, el máximo grado sería el del pedregullo y **fin**a (con un cernidor se puede clasificar el tamaño de la arena para ver qué porcentajes de gruesa y fina se encuentra disponible).

El grupo tenía a disposición tres tipos de arena y suelo mezclados: uno orgánico, uno arenoso y otro intermedio. Tal y como se ha explicado anteriormente, cuando se experimenta con la tierra se tienen que hacer ensayos para poder saber de qué material se trata y qué técnicas se pueden utilizar. Con estos suelos se ha construido, entre otras, una **estructura de bahareque**. La parte vertical hace de soporte de la carga y la parte horizontal soporta el barro. Para preparar el bahareque se han colocado varillas con alambres antes que clavos, porque no son resistentes a la estructura. Los materiales usados han sido la caña gruesa, clavos y alambre.



Intercambiando opiniones



Construyendo el Bahareque

Tomando en consideración la **cultura local**, el entramado se ha hecho según la manera **de Lumbisí**, es decir, horizontal, con un **embarrado recto sin cruzar**. Para hacerlo, los participantes del taller han colocado todas las varillas en horizontal en ambos lados, a diferencia de otros lugares donde se hace solamente en un lado o cruzado a 45 grados. En cada país hay una tradición diferente. El baharequequincha se basa en una estructura resistente de madera que puede ser también de otro material con varitas de madera para que soporte el embarrado. **En general** se puede colocar **paja alivianada** (con barro muy líquido y fibras vegetales como aislante en el **centro** de las dos capas).



Entramado listo para embarrar



Detalle del soporte de cañas

Además, se tiene que hacer un dintel que una a todos los verticales, completando el entramado de madera. La cantidad de paja utilizada en el bahareque es similar a la cantidad del adobe. El bahareque en el estilo de Lumbisí es un bahareque de 2 capas de caña con un soporte de barro horizontal. Antes de revestir de barro, el Maestro Virgilio ha rellenado el centro y luego el equipo ha ayudado a revestir y

hacer el embarrado de las dos capas exteriores. Como la estructura se quería hacer alta, el trabajo ha sido partido en dos etapas, empezando por abajo y revistiendo el embarrado hasta la mitad y luego desde arriba hasta la mitad. Para embarrar se ha utilizado tierra alivianada (que es **paja embebida en barbotina** -el estado entre viscoso y líquido) y se parece a una estructura de **aislante térmico**, (diferente del hormigón de tierra que es macizo y con capacidad portante). Siguiendo lo verificado en el test Carazas, la barbotina permite que se incorpore un árido (grava, ladrillo, cascote o en este caso paja). De esta manera, el agua llena todo el espacio, como en la situación del mortero con el que nuestro equipo ha quitado el aire de la tierra. El **embarrado exterior** ha sido **más denso** que el **interior**, pero se puede utilizar cualquier tipo de embarrado y se ha preparado un revestimiento para el **aislamiento sónico**.

En cuanto a la estructura de tapia, uno de los **problemas** es su naturaleza **monolítica**, que causa un poco de retracción y fisuras (a diferencia del adobe, donde los elementos utilizados son pequeños y se van colocando para crear un elemento grande). Para impedir que, por ejemplo, una tapia de 3 metros de largo se retraiga y se fisure, se puede colocar ladrillos o adobes intercalados; así las grietas no continúan formándose. Puede haber una grieta entre los ladrillos pero, juntos, esta se acomoda cambiando de lugar. Esta técnica se llama **“cortar la línea de las grietas”**.



Adobes utilizados



El banco construido en adobe

Para hacer el **sillón de adobe**, el Maestro Virgilio ha utilizado una **mezcla de tierra con agua y ladrillo sin cocer**, como si fueran bloques o ladrillo cocido. Esta es una técnica tradicional de albañilería que se utiliza también para el ladrillo común. La piola de arriba tiene que estar a nivel horizontal y con la plomada, para que el resultado no sea de una **construcción** inclinada, sino completamente **vertical**. En todos los lados del adobe hay una junta que sirve para pegar adobe con adobe y absorber la diferencia que pueda haber entre una pieza y otra. No coincidirá una junta con otra, porque siempre estarán trabadas. Por la capa aisladora de la casa en Lumbisí construida por el Maestro, se ha utilizado la piedra como cemento, impidiendo el pasaje de agua por capilaridad.

Experiencia de bioconstrucción en Francia: el relato de una participante

El taller de bioconstrucción tenía como uno de los objetivos principales, **compartir experiencias**. Por este motivo, muchas veces los participantes han explicado y contado sus prácticas. Entre otros, la

participante del taller, **Paola Melosu**, delegada regional de la asociación francesa *Solidarités Jeunes*, ha explicado y mostrado cómo y qué materiales utilizó para construir la casa donde vive.



Dando explicaciones prácticas

La **casa**, construida por ella y un grupo de amigos, es de **paja y madera**. Por su composición natural, cada casa tiene que ser siempre separada del suelo unos 20 cm como mínimo. Encima del perímetro de la base, ella y su equipo apoyaron una **hoja de catrame (alquitrán)** para aislar la estructura de la humedad. La casa se ha montado con madera cada 90 cm para que, entre cada palo vertical, se pudieran poner pacas de paja. Generalmente, por este tipo de bioconstrucción, la **paja** tiene que estar **muy seca** y, por esta razón, se ha utilizado una que tenía menos de un 10% de humedad. Para prepararla, se ha comprimido y cortado la paja de 93 cm de largo por 35 cm de ancho y 45 cm de alto. Una **técnica** para **cortarla** muy fina es utilizando un **barril**: se pone paja adentro y se utiliza la podadora. Para **preisar** se ponen tres niveles de **fardo** (dos varas de madera abajo, dos arriba), se prensa y se pone algo para tenerlo todo prensado (como en la fijación de los camiones). Es fundamental la compresión del fardo (con madera o metal).

Más adelante, las pacas de paja han sido puestas una encima de otra y entre cada una se ha puesto un elemento horizontal de madera, clavado a las verticales que comprimen las mismas, porque así el peso de las de arriba no comprime la primera y estabiliza la estructura. En el exterior, la paja se ha cubierto con una trama de plástico para que la cal pueda pegar bien.

Además, el preparado de la trama se ha compuesto por pasta de cal, arena gruesa y mucha agua. Apenas lista, se ha utilizado una máquina para proyectar la pasta. Después de tres-cuatro días, el equipo de Paola ha puesto otra capa de cal, arena fina y agua, pero menos líquida. Después de 6 meses, se ha añadido la tercera capa con arena muy fina y cal, proyectado otra vez. Si se quiere, se puede colorear el muro o dejarlo con su color natural. En el interior, se han hecho paredes más finas que en el exterior, utilizando la misma pasta de la primera y segunda capa del exterior, obteniendo al final una tierra con pigmentos y trocitos pequeños de paja y agua (sin arena). La trama sirvió solamente para cubrir los palitos verticales de madera.



Mostrando la técnica utilizada en la construcción de su casa

Para **aislar**, el grupo ha creado una **espuma de vidrio** de 50 cm y, para el **techo**, ha usado **celulosa** (pasta de papel reciclado). El techo es de tejas y, por dentro, hay un muro en BTC detrás de la chimenea. Además, se ha puesto una escalera de piedras y el suelo con azulejos de tierra para la inercia de la casa, porque madera y paja son materiales ligeros. Para las partes más expuestas a la lluvia se tiene que añadir una protección de madera y el techo tiene que estar pensado con aleros para proteger los muros.

Si se quiere decorar las paredes de tierra en el interior de la casa, es posible hacerlo y se tiene que prepararlas con pincel y esponja para sacar todo el polvillo y, luego, utilizar un aspersor.

La experiencia ecuatoriana: el trabajo del Ingeniero Patricio

El profesor e ingeniero Patricio Cevallos ha mostrado al equipo muchos de sus trabajos en **Ecuador**, explicando por ejemplo, que, en la **costa**, la construcción **tradicional** es con **bambú**. Por este motivo se utiliza **caña picada** (bambú abierto). Por ejemplo, para construir una casa acogedora con pilares de tronco de mango, se han utilizado columnas diagonales para soportar los sismos y en la cocina se ha puesto una caja de madera y una de tierra, con un piso de caña picada. En el **sur del país, en cambio**, en la parte fronteriza de Perú y, en particular, en **Vilcabamba**, se utiliza el **bahareque**. El ingeniero Patricio ha construido también una vivienda redonda para un chamán en la Sierra, pero hay otro tipo de bahareque que es un poco más urbano y construido con madera y caña.

En una **zona sísmica** como en Ecuador, se utilizan también adobe y tapial. La **“pared de mano”** se consideraba una técnica únicamente ecuatoriana, pero la Universidad de Perú ha descubierto que se utilizaba también en construcciones antiguas de los Incas y hoy se utiliza más para cerramiento. La pared se construye según un sistema de **celdas**, colocadas una junta otra, parecidas al COB, pero sin

molde. Sobre estas viviendas centenarias no se ha hecho todavía alguna investigación, pero el ingeniero Patricio la está pidiendo a la universidad de Ibarra, porque la **textura** es muy **distinta del tapial y del adobe** y en Lima, por ejemplo, se construyó con caña guayaquil, que es típica de Ecuador.

Otro proyecto en el que el Ingeniero Patricio ha tomado parte es “**Con lo que hay**” (referencia: <http://ensusitioarq.com/con-lo-q-hay.html>), un taller de arquitectura durante el cual un equipo ha trabajado un año para los recicladores de basura, construyendo un sitio para proteger los trabajadores del sol y de la lluvia. Se ha hecho un muro con llantas, madera y caña, y el piso con paja, tierra y cal, porque es muy resistente. Un ejemplo parecido se refiere a la mezcla para el revoque de nuestro equipo, compuesto de arcilla, cal y paja: la cal se utiliza contra la humedad y la paja lo junta todo. Patricio también nos ha explicado un proyecto para un pueblo que se encuentra en el interior del volcán Pululahua. Los materiales utilizados han sido madera y tierra como aislante térmico y acústico.

Patricio nos ha contado, brevemente, la historia sísmica del Ecuador. En particular, que Lumbisí está en una de las zonas de más alto riesgo sísmico del país. En Manabí, costa ecuatoriana, en 2016, hubo un sismo de magnitud 7,8, el más destructivo desde el de 1987. Allí, el ingeniero ha seguido un proyecto comunitario para un campus universitario de 12 mil metros cuadrados, construido de caña y tapial. Por esta razón, Patricio trabaja mucho sobre el argumento antisísmico, porque el uso de un material no es sinónimo de seguridad. En este sentido, él está investigando la resistencia de una construcción en bahareque, participando a una investigación con la Universidad Católica de Lima. Se trata de un ensayo en escala real para testar la resistencia de una construcción típica boliviana de adobe, después de un ensayo hecho en Alemania que había analizado su resistencia. Por este se ha simulado un sismo de magnitud 9 y el resultado ha sido diferente del de Lima. En cuanto a la construcción, se ha destruido porque en caso de un sismo tan fuerte, **la tierra soporta compresión, pero no tracción**. El ensayo se ha hecho otra vez poniendo un refuerzo de malla plástica y se han notados dos movimientos, el movimiento del sismo y un desplazamiento horizontal de 25 cm. Gracias al refuerzo, la construcción se ha mantenido en pie. Este ensayo demuestra que en **zonas sísmicas** es fundamental **reforzar**.

Cuatro ejemplos de construcciones propuestas por Patricio han sido: una construcción con tapial y bahareque; una de adobe, madera y ladrillo; otra de hormigón y adobe; y la última de adobe. Con nuestro equipo hemos visitado una de las casas que él ha planeado en Cumbaya. Ésta necesitaba de una trama y, por esto, se han hecho paquetes de 7 adobes presionados lateralmente por láminas metálicas y traslados y se ha reforzado verticalmente y horizontalmente con cal.

Finalmente, algo que se debe tener en cuenta en zonas de sismos es que una casa de tierra se rompe primero por la esquina y, por ello esta, tiene que ser monolítica, en forma de “T” o de “L”. Según el ingeniero, el tapial es un poco problemático en zonas sísmicas. Para fabricar el adobe se ha utilizado una máquina para BTC que produce 3000 adobes por día y con una fuerza de 20 toneladas.

Bioconstrucción y energía

En Ecuador se puede hacer el calentamiento del agua con paneles solares, pero no se usa el **fotovoltaico** porque es muy **caro**, a diferencia de Europa. Al momento, los paneles fotovoltaicos no pueden sustentar la necesidad humana de energía. Hasta hoy no existe una solución energética diferente del petróleo y parece que la única solución sostenible sería reducir la utilización de energía. En los años 50-60, en cada vivienda se consumía mucho menos que hoy. Si se produce menos, se consume menos.

El uso de los **paneles solares** se **popularizó** aunque, 20 años más tarde, un estudio advirtió que aun siendo una fuente de energía que protegía el medio ambiente, también serían una fuente de creación de residuos, ya que no sabríamos reciclarlos. Otro tema relevante es el de los **costos**. El movimiento del “consumo 0” de energía en una vivienda que utiliza paneles solares parece poco coherente porque si se ponen muchísimos paneles para obtener energía, estos también serán residuos algún día. Se podría hablar de la producción de energía de manera que se construyen **ciudades eficientes**, reduciendo el consumo de energía. De hecho, la construcción con tierra permite reducir la necesidad de energía de la construcción en hormigón. En cuanto a la energía, la hidroeléctrica funciona en algunos casos y en otros no. Recién se está estudiando el **grafeno**, un mineral que deriva del grafito, una lámina de mínimo espesor de la partícula del carbono, totalmente transparente y con gran capacidad de producir energía eléctrica.

El techo verde

Se habla de **bioarquitectura** cuando se construye según el clima, las ganancias térmicas, las ventilaciones y el aporte de tecnología que consume energía. El **techo verde** es un ejemplo de bioarquitectura, aunque existen varios tipos de techos verdes: muy caros, eficientes, con materiales plásticos, no coherentes con la idea de bioconstrucción. Esta idea es muy antigua. Un techo verde tiene una estructura que puede ser de hormigón, madera o chapa y que soporta lo que va a estar arriba. Para construirlo se hacen los cálculos como para una pared: tiene que ser **impermeable**, más en lugares donde llueve mucho y menos en otros más secos (en Lima, por ejemplo, nunca hay un aguacero grande). La capa impermeable puede ser BTC o una membrana asfáltica, una pintura sintética, nylon... Otra capa es un manto anti-raíz, que depende de la vegetación del lugar e impide que la vegetación rompa la parte hidráulica de la construcción.

El techo verde **tiene que devolver a la naturaleza el espacio que se “utiliza”** cuando se construye. Además, el techo necesita de un **manto o carpeta hídrica** para conducir el agua de la lluvia. Puede ser de arena gruesa, ladrillo picado o canto rodado. En una parte de Argentina donde llueve poco, hay techos de barro que absorben el agua. Además, el techo necesita de otra capa de filtro que deje pasar el agua como una esponja, pero impida la entrada de la tierra de unos 10-15 cm. En el borde hay un manto de piedra, una canaleta que conduce el agua en una manta-lámina de conducción del agua. Si hay mucha lluvia, encuentra el geotextil que deje pasar el agua, pero no la tierra. La última capa es la de tierra vegetal.

El techo puede tener **muchas capas** de diferentes materiales y diferentes tipos de estructuras (pequeñas, grandes, muy inclinadas). Solamente tiene que ser **inclinado** un máximo de un 2-3% o puede ser plano como una terraza, depende del lugar. En lugares **donde llueve mucho** existe el fenómeno de

la “**retención hídrica**”: llueve y, hasta los 20 mm, el techo absorbe el agua y la devuelve para los dos días siguientes. En Francia hay, desde hace poco, una ley que dice que no se puede construir a partir de una determinada cantidad de metros cuadrados sin techos verdes. En Santa Fe, el 50% de población debe tener en cuenta la retención hídrica. El techo verde se encuentra más en las ciudades porque es una manera de restituir el espacio verde que se quitó para construir. Éste no requiere un mantenimiento concreto porque se riega naturalmente. Los periodos de lluvia se intercalan con los de sequía de forma natural.

La casa colonial en Lumbisí

Nuestro equipo de trabajo ha hecho una pequeña ronda para visitar algunas casas de tierra en Lumbisí. Las casas que se han visitado son de adobe, puesto de punta en una pared de cierre de unos 40 cms de espesor, sin ventanas, y muy cerca del límite del terreno. Hay una línea donde el adobe cambia de posición y, en el interior, hay un cielo raso que coincide con el cambio de posición del ladrillo. Esto representa la parte más habitable de la casa, con una mayor aislación térmica (40 cm de largo de adobe) y protección del agua. Todo el perímetro de la casa tiene un alero de protección contra el agua. En un adobe es importante la granulometría (tierra bien graduada), Utilizando un poco de fino (arcilla), un poco de material menos fino, limo, arena fina, arena gruesa y pedregullo (que se utiliza cuando la dimensión de las piedritas es menor de aquella del ladrillo). **No se puede poner piedra en un aplanado de un revoque** porque lo arruina, pero se puede utilizar en un elemento más masivo como la tapia. La dimensión de la piedra se relaciona con la menor dimensión del elemento. Si un adobe es suficientemente grande, se puede poner piedra, como en esta casa. Solamente la cubierta ha necesitado de reparaciones en casi 80 años de vida.

En una casa de tierra los parámetros de la **temperatura** y la **humedad** son más acordados a los de nuestro cuerpo, diferentemente que en una casa de bloques de hormigón.

Sistema de seguimiento

Parte relevante del programa “IVS for Climate Justice” es su sistema de seguimiento: los representantes de las asociaciones involucradas en el taller serán el enlace entre la experiencia que hubo en Lumbisí y las asociaciones y comunidades de trabajo en sus países. Para apoyar este pasaje de conocimiento y su implementación en forma de proyecto local, el Profesor González, con la coordinación y apoyo de CCIVS, seguirá a distancia los proyectos de las asociaciones para permitir una puesta en práctica de 9 meses a partir de 2019.



Publicado en Noviembre 2018 por el Coordinating Committee for
International Voluntary Service (CCIVS) - UNESCO House
1 Rue Miollis, 75015, Paris, France

Quiere apoyar a CCIVS?

CCIVS cuenta con el amable apoyo de sus donantes. Si quiere respaldar a CCIVS, por favor, considere hacer una donación a través de nuestra pagina web.