



Arquitectura en Tierra:

Tecnología sostenible y reutilización patrimonial

XIV CIATTI 2017 MÉXICO
Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra,
Tradición e Innovación

Coordinadores:
José Luis Sáinz Guerra
Félix Jové
Luis Fernando Guerrero Baca

ISBN: 978-84-09-06433-5
D.L.: VA 829-2018
Impreso en España
Noviembre de 2018

Publicación online.

Para citar este artículo:

To cite this article:

MONTES GONZÁLEZ, Alejandro. “Modelo de implementación de subproductos del mezcal en técnicas de construcción con tierra cruda”. En: *Arquitectura en tierra. Tecnología sostenible y reutilización patrimonial*. [online]. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid, Valladolid 2018. Pp. 189-198

URL de la publicación:

<http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL MEZCAL EN TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA

XIV CIATTI 2017. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación.
Ciudad de México

Alejandro Montes González, Arquitecto*

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México

PALABRAS CLAVE: Subproductos del mezcal, construcción con tierra, estabilización de tierra

1. Introducción

La presente investigación se desarrolla en el pueblo de Santa Catarina Minas en el estado de Oaxaca, ubicado al sureste de México. En esta localidad fue observada una técnica de elaboración de adobes realizados con una mezcla de tierra mezclada con bagazo y tepache, ambos residuos de la destilación del mezcal utilizados como aglomerantes y estabilizadores para aportar dureza a los bloques.

Estas técnicas ancestrales utilizadas anteriormente por la población, han sido sustituidas gradualmente por sistemas constructivos que

utilizan materiales como el block y el cemento, dejando a un lado las técnicas de hacer adobes. Por ende, también se ha dejado de utilizar la técnica particular de la elaboración con residuos del maguey, característica de las personas que realizan mezcal en el pueblo.

A partir de dos años de observación participante en Santa Catarina Minas, fue posible identificar que el 90% de viviendas presentaban un cuarto de adobe realizado por la gente mayor de la familia, y al menos una renovación con material como block o losa



Figura 1. Fábrica de mezcal “La Candelaria”, ubicada en Santa Catarina Minas, Oaxaca. Nave de 90 m² realizada con adobes y cocina realizada con bahareque, ambos con subproductos del mezcal. Fuente: Archivo propio.

realizado por los hijos o nietos . A partir de experiencias constructivas con los pobladores, fue posible identificar su preferencia hacia las construcciones de tierra. Sin embargo, los tiempos lentos de ejecución incrementan el costo en mano de obra de este tipo de técnicas, lo que dificulta la capacidad de la gente para edificarlas.

Dentro de este contexto se hacen visibles dos problemáticas paralelas. La primera en el tema medioambiental, causada por la producción del mezcal y los residuos orgánicos que genera después del proceso de destilación. Desechos contaminantes que han aumentado a causa de la demanda en la bebida, y que afectan al contexto donde la producción del mezcal se elabora, en este caso Santa Catarina Minas. La segunda problemática identificada es la construcción de inmuebles para su ejecución. Actividad que propicia la pérdida de valores antiguos de edificación y fomenta el uso de materiales minerales, que consumen una cantidad importante de recursos naturales en su manufactura, transporte y su desecho.¹

La edificación de inmuebles con técnicas de tierra cruda en Santa Catarina Minas, como la biblioteca “El Rosario” en 2014 y el palenque “La candelaria” en 2016, permitieron promover prácticas constructivas en conjunto con pobladores y voluntarios, con la intención de abatir la falta de recursos y el tiempo de ejecución de las construcciones. Estas actividades fueron reforzadas con la difusión en el conocimiento de la cultura del mezcal y la aplicación de sus residuos, vistos estos como subproductos para lograr la estabilización en

técnicas de tierra cruda. El siguiente artículo presenta el avance logrado en una investigación que pretende tomar las experiencias prácticas realizadas con la implementación de los subproductos del mezcal, someterlas a pruebas científicas y replicarlas con el fin de implementar un modelo constructivo empírico que al ser ejecutado mediante la unión entre los pobladores y voluntarios, genere un camino de alternativas en beneficio de los pobladores de Santa Catarina Minas. Una sinergia para la construcción regional sustentable.

2. Contexto

Hoy en día existe consenso sobre los aumentos observados en la temperatura a nivel mundial del aire y del océano, el deshielo generalizado de glaciares y nieves, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. El Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés), acordó que un cambio de influencia humana sobre el clima global se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima; dicho cambio es conocido como cambio climático (CC). Este es atribuido, directa o indirectamente, a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo.²

Este contexto ambiental afecta de manera directa a las actividades productivas de Santa Catarina Minas. Los daños ambientales son visibles en los cambios de los ciclos en las lluvias, la falta de agua y las sequías prolongadas; fenómenos causantes de problemáticas económicas y sociales que dificultan el desa-

rollo del pueblo. Estas elevaciones en la falta de lluvias han sido registradas en el reporte de Altos Riesgos del Municipio de Ocotlán de Morelos (2014), distrito al que pertenece el pueblo.

Constituyen los recursos naturales de Santa Catarina Minas sus tierras de cultivo agrícola y los pastos para la cría de ganado. El tipo de suelo localizado en el municipio está formado por la descomposición de materiales volcánicos. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, informó que el total de población en 2010 era de 1,816 personas.³ A su vez, el INEGI reporta en el nivel de desarrollo social, que 1,333 individuos (73.6% del total de la población) se encontraban en pobreza, de los cuales 771 (42.5%) presentaban pobreza moderada y 562 (31%) estaban en pobreza extrema. Para el mismo año, el porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 32.2% (583 personas). El porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 86.3%, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 1,563 personas.⁴

Santa Catarina Minas es reconocido por su historia en la producción de mezcal en ollas de barro, actividad ancestral realizada en México desde tiempos prehispánicos. Esta actividad representativa, que aporta cultura y reconocimiento a la población, se enfrenta actualmente a procesos sociales acelerados de consumo y mundialización.⁵

3. Mezcal y tierra

Hablemos del mezcal; palabra proveniente del náhuatl *mexcalli* que significa 'pencas de maguey cocidas', unión vocal de *metl* 'maguey' e *ixcalli* 'cocido'.⁶ Esta es una bebida alcohólica originaria de México, elaborada a partir de la destilación de los azúcares fermentados que se acumulan en varias especies de agave, también conocido como maguey en la mayor parte del país. Existen diferentes tipos de agave, cuando menos 21 especies que actualmente son utilizadas para producir mezcal en México.⁷ Hay que considerar que el mezcal se ha convertido en una de las bebidas alcohólicas con mayor auge en los últimos años en México, de acuerdo a datos del Consejo Regulador del Mezcal (CRM). No solo es preocupante el consumo de energía que se

utiliza en el momento de su proceso. La cantidad de desechos derivados de su destilación como la vinaza y el bagazo también van en aumento. En la destilación se producen de 6 a 15 litros de vinazas por litro de mezcal producido, agua residual de la destilación que contiene altas cargas de sodio disuelto y de materia orgánica (polímeros nitrogenados, de color café, fenoles, etc.).⁸ La problemática de procesar estos residuos es un tema que genera interés pues de acuerdo a la investigación realizada no existen procesos que puedan retirar lo ácido de estos residuos. Al aumentar la demanda, se aumentan los desechos contaminantes que provienen de estos procesos, y que aportan elementos nocivos al lugar donde se arrojan, poniendo en riesgo el desarrollo integral de la industria del mezcal y de la población. Sin embargo, esta investigación plantea utilizar los residuos como subproductos para ser adheridos a las mezclas usadas en técnicas de construcción en tierra cruda como aglomerantes, mejorando los procesos constructivos en las técnicas de tierra cruda.

En 1994 Hugo Houben y Hubert Guillard reportaron que alrededor del 30% de la población mundial vivía en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural, y por lo menos el 20% de la población urbana marginal, tenían este tipo de construcciones.⁹

Desgraciadamente, estos materiales son relacionados hoy en día con la pobreza y con baja calidad de vida debido al *boom* industrial que favoreció la proliferación de los materiales como el concreto y el acero.¹⁰ Debido al alto valor histórico e identidad de estas construcciones es necesario no solo promover e implementar su uso para preservar las tradiciones constructivas, o evitar el uso irracional de materiales prefabricados o industrializados en el medio rural, sino también es necesario mejorar los materiales locales que permitan dar una visión contemporánea de estas técnicas.

4. Problemáticas

De acuerdo al informe del CRM correspondiente al año 2016, la industria del mezcal destiló 3'870,040 litros. Por cada uno de estos litros son generados entre 14% y 20% de bagazo del peso total de la piña utilizada en el proceso de destilación, y de 6 a 15 litros de aguas residuales llamadas vinazas.¹¹ Pro-



Figura 2. De izquierda a derecha, Muestra 3 , Muestra 1 y Muestra 2 mezcladas a pie. Fuente: Archivo propio.

ductos subutilizados que son vertidos en ríos y arroyos ocasionando un grave problema al ambiente.

Por otro lado, de acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el año 2010, las fuentes que más contribuyeron a las emisiones de CO₂ fueron la producción de cemento con 47.5% (20,003.3 Gg), uso de piedra caliza y dolomita con 29.6% (12,445.7 Gg) y la producción de hierro y acero correspondiente al 12.1% (5,111.0 Gg). Estos materiales no solo contaminan en su producción, sino que llegan a todo el mundo desplazándose mediante la quema de combustible. Al momento de su uso para la construcción, son contaminantes con el entorno en donde se desarrolla, pues estos materiales generan contaminación en el paisaje nativo donde se construyen, y además aportan elementos inadecuados al clima del lugar, lo que se traduce en problemas para el habitar. Cuando se quieren destruir o remodelar, los residuos generados no regresan como materia prima al medio ambiente.¹²

En este contexto, la arquitectura y construcción con tierra pueden satisfacer las necesidades de vivienda visibles en Santa Catarina Minas, mostrando una alternativa como procesos constructivos que no generan deterioro ambiental.

La tierra ha sido uno de los materiales de construcción empleados por el ser humano desde tiempos prehistóricos, tanto en edificios

de carácter popular como en edificios representativos y monumentos; expandiéndose a otros países a través de las invasiones y colonizaciones. En este proceso, las técnicas nativas se unieron a las técnicas traídas por los extranjeros y, con variadas combinaciones entre ellas, se fueron adaptando y organizando a las formas más apropiadas para la construcción local.¹³

Con el interés de recuperar y mejorar las técnicas de tierra modelada en estado plástico en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, se están llevando a cabo experimentos para caracterizar la resistencia y comportamiento higrotérmico y su aplicación en muros, desarrollando alternativas del sistema constructivo de la tierra modelada en estado plástico, pero estabilizándola con cantidades moderadas de cemento o de cal en combinación con puzolanas. Por otra parte, se han experimentado diferentes medios para incrementar la velocidad de ejecución y la calidad de edificación, a partir del desarrollo de procedimientos de encofrado y compactación, tendentes a utilizar la tierra con el mínimo de agua necesaria, para conformar muros de manera similar al concreto armado convencional de cemento.¹⁴

Santa Catarina Minas carece de elementos puzolánicos regionales que pudieran aplicarse en estos desarrollos, sin embargo, la cantidad de subproducto proveniente de la destilación del mezcal puede dar los elementos necesarios para realizar estabilización en



Figura 3. Prueba de resistencia en Muestra 1. Fuente: Archivo propio..

técnicas de tierra en estado plástico. Así entonces, se hace posible enfrentar el desplazamiento de técnicas regionales de construcción por técnicas con materiales industriales, que causan contaminación ambiental a partir de la utilización de residuos de la industria mezcalera, convertidos en subproductos para la estabilización de técnicas de tierra cruda.

5. Propuesta en Sinergia

Es necesario enfrentar la problemática ambiental y social causada por la producción del mezcal y la construcción de materiales industriales, a partir de la implementación de un modelo constructivo en tierra cruda con subproductos del mezcal que al aplicarse, funcione como eje de desarrollo para la comunidad. Esto será posible a partir de la documentación de experiencias previas de este tipo de construcción en el pueblo, la determinación de las propiedades de resistencia y durabilidad y la ejecución de una vivienda con voluntarios y miembros de la comunidad para demostrar su validez constructiva.

5.1 Estudios Físico - Químicos

Dentro de la investigación realizada, fueron encontrados registros acerca del uso de los desechos del sisal, un tipo de destilado de agave similar al mezcal que se produce en Brasil. Los residuos de esta industria son utilizados para la estabilización en pruebas de concreto como una forma de tratamiento para los desechos generados. Los documentos en-

contrados hacen énfasis en la importancia de utilizar los desechos del sisal para evitar riesgos sanitarios, pues su uso ayuda a la preservación de las materias primas, elimina los costos de almacenamiento de desecho y trae beneficios a las empresas.¹⁵ Su utilización resulta en una aportación a la variación en la humedad y la temperatura de la mezcla con el concreto, por lo tanto, influyen en las características de adhesión que tiene este material con las fibras.¹⁶

Estos antecedentes funcionaron para diseñar una metodología empírica, la cual determinó en una primera etapa la realización de estudios de caracterización química de los subproductos del mezcal, en una segunda etapa la realización de pruebas de laboratorio para comprobar la resistencia de los materiales, y en una tercera etapa la comprobación de la posibilidad constructiva.

Para hacer la caracterización se tomaron muestras de vinazas y bagazo provenientes de la fábrica de mezcal La Candelaria, ubicada en Santa Catarina Minas. A su vez, se recogió tierra proveniente del sitio donde los desechos del mezcal de la fábrica son arrojados cotidianamente. A esta tierra saturada por material de residuo se le llamó tierra saturada con vinaza. Por otro lado, fue tomada tierra del sitio donde el prototipo iba a ser construido.

La vinaza, obtenida de la destilación del agave, llamada en ocasiones tepache, es un subproducto en estado líquido que se obtiene de la destilación del mezcal. A partir de las pruebas realizadas fue posible comprender la naturaleza orgánica de este material obtenido por la fabricación del mezcal, el cual tiende a acidificar el suelo cuando entra en contacto con él, así como aumentar el índice de demanda química de oxígeno.¹⁷ Es posible identificar este producto como un polímero, formado por proteínas, azúcares y sólidos en suspensión, que actúan como fluidificantes o plastificantes para la tierra.

El bagazo es otro subproducto del mezcal que es utilizado como fibra para realizar adobes. Recordemos que la adherencia de fibras es necesaria para que los bloques de tierra cruda aumenten su resistencia a los esfuerzos que se aplican a ellos. En las pruebas realizadas, la medición del pH de esta fibra resultó de naturaleza neutra, lo cual nos indica que no ha entrado en algún proceso fermentativo o

de acidificación, por lo tanto no aportará acidez significativa a la mezcla que se realice entre la tierra y este material. La medición de la humedad nos indica que tiene una cantidad de agua que otorga flexibilidad a este tipo de fibra, y que por lo tanto tendrá influencia en el contenido de agua final de la mezcla de subproductos con tierra.

5.2 Pruebas de resistencia

Para conocer los valores de las mejoras realizadas por los subproductos al integrarse en la mezcla de tierra, para la segunda etapa se diseñó una prueba piloto de control de calidad para determinar si el tepache aporta o no cambios significativos en la resistencia a la compresión y a la flexión. A su vez, fueron realizadas pruebas de abrasión, impacto y densidad en las muestras elaboradas.

Se establecieron tres tipos de mezclas diferentes tomando en consideración la manera tradicional de hacer adobes. Para las primeras dos mezclas, el tipo de tierra y la cantidad de fibra fueron las mismas. Se utilizó un bote medida de 19 litros llenado con 30 kg de tierra. La tierra fue mezclada con 4 kilos de bagazo de maguey, correspondiente a un tercio en volumen del bote medida. La única variación entre ambas mezclas fue la utilización de 9 litros de agua en una (Muestra 3), y 9 litros de tepache en otra (Muestra 2) para lograr la mezcla plástica. La tercera mezcla utilizó el mismo volumen y peso de bagazo, la misma cantidad de tepache, pero se utilizó un bote medida con 19 kg de tierra saturada con vinaza.

Fueron realizados bloques de distintos tamaños de acuerdo a las especificaciones del laboratorio LIEC, encargado de hacer las pruebas. Estos bloques fueron secados las primeras 48 horas dentro del laboratorio, evitando un cambio brusco en la temperatura y por ende, una modificación no adecuada en la estructura de los bloques conformados por tierra cruda. Por último, se dejaron secar los bloques de tierra al sol por un periodo de 29 días.

Al realizar las pruebas universales, la Muestra 2 con tepache obtuvo un valor de 1.06 MPa (kgf/cm²) de resistencia a la compresión. Valor mayor comparado con 0.94 MPa (kgf/cm²) registrado en la Muestra 3, a la cual no se le adicionó el subproducto. La Muestra 1 obtuvo

un resultado de 0.76 MPa (kgf/cm²), siendo ésta la menor de resistencia a la compresión de todas.

Efectos similares pudieron ser observados en las pruebas de flexión, donde la Muestra 2 registró una resistencia de 2.06 MPa (kgf/cm²), mayor al 0.50 MPa (kgf/cm²) registrado en la Muestra 3. Nuevamente la tierra que había sido expuesta a los desechos de manera previa fue la de menor resistencia a la flexión con 0.42 MPa (kgf/cm²).

Con estos resultados es posible verificar que la vinaza aporta un aumento en la resistencia a los esfuerzos al mezclarse con tierra normal. Sin embargo, al mezclarse con la tierra saturada de vinaza, resultó en una disminución considerable a los esfuerzos en los bloques realizados con esta mezcla. A partir de estos resultados podemos concluir que hay un punto de saturación máxima de vinaza en la tierra, que al sobrepasarse pierde propiedades de resistencia.

Al realizarse las pruebas de desgaste por abrasión, fue posible observar que la Muestra 1 fue la de mayor resistencia, pues en las 400 revoluciones realizadas sobre el material se registró un desgaste de 3.84 mm, inferior a 9.22 mm registrado en la Muestra 2 y menor a 7.67 mm registrado en la Muestra 3.

En esta prueba fue posible observar que la Muestra 2 fue la que menor resistencia tuvo a la abrasión, siendo ésta la de mayor resistencia a los esfuerzos a compresión y flexión. Será necesario realizar nuevas pruebas para conocer cuál de las variables en la mezcla aporta la resistencia al desgaste y cual la resistencia a la compresión.

Sin embargo, haciendo un primer acercamiento es posible concluir que la resistencia a la abrasión depende de la fibra utilizada. Es posible ver a simple vista que la tierra saturada en vinaza, utilizada para realizar la Muestra 1, tenía una proporción de fibra en su composición. Esto se debe a que los desechos líquidos y en fibra son arrojados en el mismo sitio al momento de su proceso. Si comparamos su peso de 19.76 kg con los 28.46 kg de la tierra sin vinaza, ambos pesos provenientes del volumen del bote medida, es posible concluir que la diferencia en el peso es por las fibras que el material ya contenía.



Figura 3. Prototipo finalizado. En la fotografía es posible ver las marcas del proceso de construcción.
Fuente: A. Montes González.

Estas pruebas piloto sirven para diseñar una prueba posterior con mayor número de piezas por muestra, así como aumentar el indicador de tiempo de secado para tener resultados más contundentes. Sin embargo, estas pruebas determinaron a nivel laboratorio que la Muestra 2 tuvo las mayores resistencias a compresión y flexión, característica determinante para elegir la mezcla adecuada para la construcción del prototipo.

5.4 Prototipo de construcción

Una consideración importante dentro del desarrollo de esta investigación es la posible réplica de la técnica constructiva. Para esto se realizó un proyecto arquitectónico de un cuarto con veinte metros cuadrados de área, replicando la forma en que las personas aumentan su vivienda en la población de acuerdo al conocimiento de los albañiles.

Realizar el proyecto con estas medidas comúnmente utilizadas, facilita la comparación en costos, tiempos de ejecución y funcionamiento de los materiales. El proyecto fue realizado por seis estudiantes de arquitectura de la UAM Xochimilco, con la intención de difundir el uso de estas técnicas a un nivel

académico. Por otro lado, fueron seleccionados tres trabajadores de la comunidad previamente capacitados en construcción en tierra. La vivienda se edificó en 4 semanas con la proporción de la mezcla 2, utilizada en las pruebas de resistencia.

Para hacer frente a las problemáticas del tiempo de ejecución, se consideró utilizar la técnica constructiva de Tierra Vertida Compactada (TVC). Esta técnica ha sido desarrollada por la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Nacional Autónoma de México y Proyecto San Isidro, con el fin de recuperar y optimizar la edificación ancestral de barro modelado a partir de su combinación con la lógica constructiva de la tapia.¹⁸ El encofrado liviano, la compactación y el tiempo de construcción generó interés en las personas que vieron construirla.

6. Conclusiones

A partir de la caracterización química explicada anteriormente, se concluye que los subproductos del mezcal funcionan a nivel partícula al combinarse con la tierra. El uso del tepache y el bagazo supone un amarre mecánico entre las cadenas de los limos y las arcillas, lo que

mejora las propiedades del material al momento de formar elementos constructivos de tierra cruda. Los componentes principales encontrados en la vinaza actúan como elementos fluidizantes al mezclarse con la tierra. Esto permite que los bloques con estas mezclas sean más resistentes por la adhesión entre las arcillas de la tierra, lograda con la composición de los subproductos del mezcal.

Para la prueba realizada con la tierra previamente saturada en vinaza, es posible concluir que la sobresaturación del polímero en la tierra haya influenciado en el secado de las piezas y consecuentemente, en la resistencia de los esfuerzos. Pruebas extras serán determinantes para conocer los límites de estas mezclas.

Derivado de la construcción del prototipo, puede concluirse que los subproductos del mezcal aportan las características necesarias

para lograr una estabilización en una técnica constructiva basada en la Tierra Vertida Compactada (TVC). La participación de los estudiantes facilitó el interés de las personas que viven cerca del sitio donde se realizó el prototipo, quienes han preguntado de manera directa al autor por la aplicación de este tipo de proyectos para uso propio.

Así entonces, es visible que la aplicación de los subproductos del mezcal en técnicas de construcción de tierra cruda representa una alternativa para evitar el mal desecho de estos y por ende el daño al ambiente.

Generando difusión y actividades constructivas en torno a la actividad del mezcal que da nombre cultural al pueblo, es visible un eje de desarrollo en la construcción de tierra con subproductos del mezcal. Por ende una alternativa para la construcción regional sustentable en el pueblo de Santa Catarina Minas.

Bibliografía

- ARRUDA FILHO et al. Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal1 *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.16, n.8, p.894–902. 2012.
- CASTILLOA. *Magueyes y murciélagos: la verdadera historia del mezcal*, consultado en http://gaceta2.cicese.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=226%3Amagueyes-y-murcielagos-la-verdadera-historia-del-mezcal&catid=3%3Aciencia-y-tecnologia&Itemid=80. 2011.
- CEDEÑO A. “*Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente*”. *Revista de Arquitectura*, vol. 13, pp. 106-117 Universidad Católica de Colombia Bogotá. 2011. Colombia.
- GUERRERO Luis. *Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva*. En *Apuntes Vol. 20* 182 – 201 2009.
- GUERRERO LUIS, SORIA, GARCÍA, FERNÁNDEZ. Comportamiento Térmico de un módulo experimental construido con Tierra Vertida Compactada, *Proceedings of EURO ELECS 2015*. Guimarães. 2015. Portugal.
- GARCÍA, Rojas. Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos. *Técnica N°17*, Publicación de asociación colombiana de técnicos del azúcar. 2005. Colombia.
- Houben, H. and Guillaud, H. *Earth Construction – A Comprehensive Guide*. ITDG Publishing. 1994. Londres.
- JOSEPH, KURUVILLA et al, A REVIEW ON SISAL FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 3(3), 367-379. <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n3p367-379> Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – <http://www.agriambi.com.br> . 1999.
- MARTÍNEZ GUTIÉRREZ et al. Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 209-216. Recuperado en 22 de marzo 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000300007&lng=es&tlng=es . 2013. México.
- NEVES, BORGES. Técnicas de construcción con tierra, FEBUNESP/ PROTERRA, c, 2011.
- ROBLES-GONZÁLEZ, V. *Vinazas Mezcaleras: Un problema de contaminación ambiental*, consultado el 20 de enero de 2016 en <http://www.utm.mx/~mtello/Extensos/extenso080109.pdf>. 2009.
- ROUX, GUTIÉRREZ, R. S. Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), México Universidad Autónoma de Tamaulipas, Plaza y Valdés (2010).
- * Alejandro Montes González. Arquitecto. Estudiante de posgrado en Ciencias y Artes del Diseño. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Ciudad de México. México.
1. Cifras reportadas por Alberto Cedeño en *Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente* *Revista de Arquitectura*, vol. 13, pp. 106-117 Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia.
 2. IPCC, Cuarto informe de evaluación. Suiza, 2007 pág. 2
 3. Reporte del INEGI 2010. Consultado en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/arvizu.html> México.
 4. Cifras de Reporte de desarrollo de vivienda de SEDESOL. 2014. México.
 5. Entrevista realizada al productor mezcalero Eduardo Ángeles Carreño. 2015. México.

6. Cifras del Plan Rector sistema producto estatal Maguey Mezcal de Guerrero 2012. México.
7. Castillo A. Magueyes y murciélagos: la verdadera historia del mezcal . 2011. México.
8. Robles-González , V, Villalobos. Vinazas Mezcaleras: Un problema de contaminación ambiental. México.
9. Houben, H. and Guillaud, H. Earth Construction – A Comprehensive Guide. ITDG Publishing. London. 1994. Reino Unido.
10. Roux, Gutiérrez, R. S. Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), México Universidad Autónoma de Tamaulipas, Plaza y Valdés. 2010.
11. Martínez Gutiérrez. Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compostaje para sustrato de tomate, 2013.
12. Cedeño, Alberto, Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente Revista de Arquitectura, vol. 13, pp. 106-117 Universidad Católica de Colombia Bogotá., 2011. Colombia.
13. NEVES, BORGES. Técnicas de construcción con tierra, FEBUNESP/ PROTERRA,.c. 2011.
14. Guerrero L et al. Comportamiento Térmico de un módulo experimental construido con Tierra Verificada Compactada, Proceedings of EURO ELECS. Guimarães . 2015 Portugal.
15. ARRUDA FILHO et al. Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal1 Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.8, p.894–902, 2012.
16. Joseph, Kuruvilla et al. A REVIEW ON SISAL FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 3(3), 367-379 (1999).
17. García, Rojas. Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo consultado Modo de Acción en los Suelos. Técnicaña No17 , Publicación de asociación colombiana de técnicos del azúcar , 2005 , Colombia.
18. Guerrero, Luis, Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. En Apuntes Vol. 20 182 – 201 . 2009.