

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

PERMANENCIA DEL PASADO Y TECNOLOGÍA ACTUAL

XV CIATTI 2018 COLOMBIA

CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA, TRADICIÓN E INNOVACIÓN

Coordinadores: J. L. Sáinz Guerra, F. Jové, J. A. Cárdenas

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

PERMANENCIA DEL PASADO Y TECNOLOGÍA ACTUAL

ACTAS XV CIATTI 2018. COLOMBIA, CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA, TRADICIÓN E INNOVACIÓN.

Coordinadores: Félix Jové y José Luis Sáinz Guerra, Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez.



FICHA TÉCNICA DEL LIBRO

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

PERMANENCIA DEL PASADO Y TECNOLOGÍA ACTUAL

Editor

Cátedra Juan de Villanueva

Director: Félix Jové Sandoval

E.T.S. de Arquitectura de Valladolid

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

Coordinación

Javier Alfonso Cárdenas

Félix Jové

José Luis Sáinz Guerra

Diseño gráfico

Alicia Sáinz Esteban

Mónica del Río Muñoz

Maquetación, tratamiento de imágenes

Leticia Herbosa Gutiérrez

Impresión y encuadernación

Mata Digital <mata@matadigital.es>

Los textos de este libro, así como la documentación gráfica y fotografías han sido facilitadas por el autor de cada artículo. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse o almacenarse total o parcialmente con ningún medio químico, eléctrico, fotocopia, etc., sin la debida autorización por parte de los autores.

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

ISBN: 978-84-09-25126-1

D.L.: VA 838-2020

Impreso en España

Noviembre de 2020

EL XV CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA, TRADICIÓN E INNOVACIÓN (CIATTI), CELEBRADO EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, CÚCUTA, COLOMBIA

El cambio climático está transformando la manera que tiene nuestra sociedad de ver la arquitectura y la construcción. Hasta ayer mismo se aceptaba el gasto energético de la construcción en hormigón, ladrillo cocido o acero como algo aceptable, en el caso más crítico era un precio inevitable que había que pagar para tener edificios confortables y seguros. Hoy se empieza a pensar de otra manera, buscando alternativas diferentes que no sean tan negativas para el calentamiento global. La industria de la construcción es una de las actividades más insostenibles del planeta en la actualidad, ya sea por el gasto de combustibles fósiles en la producción de cemento, ladrillo o acero, y a sea por el dispendio que genera la calefacción o la refrigeración de los edificios a lo largo de toda su vida. Ante el nuevo desafío climático es evidente que algo debe cambiar. Y una de las cosas que está cambiando ante nuestros ojos es la manera de entender la arquitectura tradicional. De los valores culturales o etnográficos que se atribuía exclusivamente a esta arquitectura, se ha pasado a poner el acento en sus valores como modelo de sostenibilidad. Se está viendo esta arquitectura humilde, hasta ayer despreciada, como una fuente de ideas, a través de sus cualidades de bajo consumo energético, el uso de materiales locales y su diseño, basado en la naturaleza. Lo que se empieza a ver claramente en el último CIATTI.

El XV CIATTI 2018 COLOMBIA se realizó gracias al apoyo intelectual y material de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) y a la decisión de sus autoridades. La UFPS es una prestigiosa universidad pública colombiana con sede principal en Cúcuta y centros docentes en otras ciudades. En Colombia se dan varias circunstancias especiales que han posibilitado que la arquitectura tradicional sea extraordinariamente rica. En primer lugar, hay que citar las diferentes regiones naturales que hay en el país, con unas condiciones climáticas que recorren casi toda la variedad

imaginable, desde el desierto seco y tórrido, pasando por las zonas húmedas y cálidas del trópico, hasta las áreas de clima alpino. A ello contribuye la especial geografía del país, ubicado entre dos océanos y la accidentada topografía que divide de norte a sur el territorio el sistema montañoso de Los Andes. Por ello Colombia cuenta con una gran variedad de climas, que dependen de su altitud y de la dirección de los vientos, que aportan las lluvias, lo que gracias a su posición en el trópico produce una gran humedad en algunas regiones y una gran sequedad en otras. Estas condiciones excepcionales han dado lugar a una gran variedad de ejemplos de diferentes arquitecturas en su país. Por otro lado es muy destacable la variedad de materiales de construcción que se dan en Colombia, entre los que cabe destacar el bambú gigante (también llamado caña guadua) y el bahareque, del que tenemos algún ejemplo en España, por ejemplo en Soria con el llamado encestado.

Al mismo tiempo se da la circunstancia de que hay un número muy alto de investigadores de gran calidad sobre la arquitectura tradicional en Colombia que trabajan y difunden por todo el mundo su tesoro arquitectónico y que al mismo tiempo innovan en tecnología de la construcción, destacando de forma notable por el uso de las estructuras de caña guadua, las bóvedas vegetales y otros sistemas. La decisión de llevar el XV Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación se tomó teniendo en cuenta estas consideraciones.

El evento se llevó a cabo los días 26, 27 y 28 de septiembre de 2018 en la ciudad de Cúcuta, Colombia, en los locales de la Universidad Francisco de Paula Santander que actuó como anfitrión, como ya se ha dicho. De la organización del evento se encargaron la Universidad Francisco de Paula Santander (Colombia), con la ayuda de la Cátedra Juan de Villanueva y el Grupo TIERRA de la Universidad de Valladolid (España). La

realización material de todo el evento, toda la logística recayó sobre una eficazísima Delegación de Estudiantes de la Escuela de Ingenieros de la UFPS, a quien agradecemos sinceramente la calidad de su trabajo, su esfuerzo y tesón.

El objetivo principal del Congreso fue realizar una reunión para que la comunidad científica pudiera dar a conocer y difundir los estudios y avances tecnológicos relativos a su patrimonio construido. Así mismo, se interesa por los temas relacionados con la documentación y análisis de la arquitectura vernácula e histórica, la nueva arquitectura y los conjuntos urbanos y paisajes culturales asociados a la construcción tradicional.

Las sesiones del congreso contaron con 45 ponencias y más de 110 participantes. Las ponencias obedecían a las siguientes categorías:

1. Arquitectura de tierra. Conservación, reutilización y avances tecnológicos.
2. Arquitectura vernácula y patrimonio histórico vinculado a la arquitectura de tierra. Documentación, estudio y análisis.
3. Arquitectura contemporánea de tierra. Sostenibilidad, ecología y bioconstrucción.
4. Los paisajes culturales asociados a la Arquitectura de tierra. Protección, diseño y gestión urbana.

El Congreso terminó con una visita organizada a varios edificios históricos de la ciudad de Cúcuta, entre otros la casa natal y actualmente

museo de Francisco de Paula Santander, que da nombre a la Universidad colombiana. Las arquitecturas domésticas de las villas que se conservan tienen su origen en el siglo XVIII y XIX. Son viviendas muy sencillas en las que se mezcla la residencia con otras funciones de representación. Los materiales utilizados en esa arquitectura son extremadamente sencillos y ponen de manifiesto la importancia de la adaptación a lo que ofrece el lugar.

La presente publicación intenta mostrar un reflejo de la complejidad de los temas y puntos de vista que concitó el XV CIATTI. Son solo una parte, una selección de las ponencias que se presentaron en aquel foro y ponen de manifiesto un fragmento de la vida universitaria y científica en esa parte del mundo sobre la arquitectura tradicional y la construcción con materiales locales. Este trabajo reúne los resultados de un colectivo investigador, es un paso más en el camino que estamos transitando para conseguir la documentación de la arquitectura tradicional, antes de que desaparezca definitivamente, es un registro que nos permite caracterizar las identidades culturales de una sociedad asentada en un territorio y aborda el reto de ofrecer herramientas útiles a la sociedad ante el presente desafío del cambio climático al que nos enfrentamos.

*José Luis Sáinz Guerra y Félix Jové Sandoval
Grupo TIERRA*

Universidad de Valladolid

EL CONGRESO INTERNACIONAL CIATTI EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, CÚCUTA (COLOMBIA).

Dando continuidad a la celebración anual del “Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra; Tradición e Innovación” (CIATTI), por primera vez fue organizado y presentado en territorio colombiano en el marco de su decimoquinta edición siendo anfitriona la ciudad de San José de Cúcuta (Colombia), espacio fronterizo con el vecino país de Venezuela, ubicada al norte del país en el departamento del Norte de Santander.

El libro que reposa en sus manos contiene la recopilación selecta de las presentaciones que fueron expuestas en la continua celebración del congreso XV-CIATTI-2018-Colombia donde, como es tradición, las investigaciones relacionadas con el patrimonio edificado, la tierra como material de construcción predominante y la implementación de materiales locales en las diferentes técnicas constructivas ancestrales fueron los temas protagonistas del evento que conto con una nutrida participación local e internacional en sus diferentes muestras expositoras.

El legado que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras, describe claramente el concepto de patrimonio suscitado por la UNESCO enmarcando una visión general de la identificación cultural que acompaña a todos los seres humano sin diferenciación alguna. Esta apreciación, que indica notoriamente la herencia patrimonial dejada como consigna entre los relevos generacionales, refleja la huella ancestral de las culturas pasadas evocando su revitalización como estrategia para su preservación a fin de conservar recuerdos tangibles a través del tiempo. Por consiguiente, Colombia, país multicultural ubicado al norte de América del sur, cuyo

patrimonio edificado evidencia la diversidad en sus raíces ancestrales, promueve las manifestaciones culturales y científicas donde su convergencia enmarca el instinto de salvaguardar la identidad común de sus habitantes con el fin de enriquecer el interés de locales y extranjeros en las muestras autóctonas que enseñan sus tipologías patrimoniales como incidencia positiva convertida en experiencias significativas e inolvidables.

De este modo, el “Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación” CIATTI, cuyo tema de interés enfoca el patrimonio edificado mediante técnicas constructivas ancestrales en las que la tierra y los materiales locales forman parte de la composición de este tipo de edificaciones, en las que su longevidad podría referirse como un denominador común a todas ellas, genera un espacio relevante cuyo soporte logístico facilita la puesta en evidencia de trabajos exploratorios e investigativos de talla internacional. Con los trabajos publicados en el presente libro se pone en evidencia, entre otras cuestiones, una sinergia constante entre lo rural y lo urbano con el fin de postular conceptos y enfoques constructivos milenarios como alternativa sostenible para su aplicabilidad en proyectos arquitectónicos modernos.

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez

*Universidad Francisco de Paula Santander,
Cúcuta (Colombia)*

COMITÉ CIENTÍFICO

XV CONGRESO CIATTI 2018 COLOMBIA

Alejandra Caballero, *Proyecto San Isidro, Méjico*

Maria Soledad Camino Olea, *Universidad de Valladolid, España*

Rosario del Caz Enjuto, *Universidad de Valladolid, España*

Luis Fernando Guerrero, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico*

Félix Jové, *Universidad de Valladolid, España*

Leonardo Meraz, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico*

Pablo Rodríguez Navarro, *Universidad Politécnica de Valencia, España*

José Luis Sáinz Guerra, *Universidad de Valladolid, España*

Francisco Javier Soria, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico.*

LAS PONENCIAS HAN SIDO REVISADAS SIGUIENDO EL SISTEMA DE PARES CIEGOS

ÍNDICE

ARQUITECTURA EN TIERRA
TECNOLOGÍA SOSTENIBLE Y REUTILIZACIÓN PATRIMONIAL

1. ESTUDIO DE LA TRADICIÓN	15
ECOMATERIALES: “EL CAGAJÓN”, UNA TÉCNICA DE ACABADO SOSTENIBLE EN COLOMBIA M. I. Arango Pérez, M. L. Castro Jiménez, L. A. Contreras Sandoval.	17
ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS EDIFICACIONES DE TAPIAL: EL CASO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Martín Wieser	27
LA BARRACA COMO ORIGEN DE LA ARQUITECTURA TRADICIONAL DEL CABANYAL (VALENCIA) Rosa Pastor Villa	37
ARQUITECTURAS INDÍGENAS Y NEGRAS DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA: MESTIZAJES E IDENTIDAD CULTURAL Guillermo Gutiérrez Morales	45
LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUSTRACCIÓN. TÉCNICA Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BODEGAS TRADICIONALES EXCAVADAS. Félix Jové, David Sánche Miguel, Jorge Pérez Domínguez	53

2. RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN	61
RECUBRIMIENTOS DE TIERRA ESTABILIZADA Y SU COMPORTAMIENTO ANTE EFECTOS DEL AGUA Esmeralda Avila Boyas, Luis Fernando Guerrero Baca, Blas Antonio Tempale Gamboa	63
RESTAURACIÓN INTEGRAL QUINTA TERESA CÚCUTA COLOMBIA, INTEGRACIÓN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE ORIGEN MULTICULTURAL EN EL SIGLO XIX María Teresa Vela	77
APRENDER DE LA ARQUITECTURA POPULAR. LA ARQUITECTURA POPULAR COMO FORMA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. José Luis Sainz Guerra, Alicia Sainz Esteban, Rosario del Caz Enjuto	89
3. NUEVA CONSTRUCCIÓN, TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INNOVACIÓN	103
REIVINDICACIÓN DE LA TIERRA PARA LA CONSTRUCCIÓN. “ARRAIGO Y SOSTENIBILIDAD PARA UN PATRIMONIO FUTURO” Ana María Yepes González, Carlos Mauricio Bedoya Montoya	105
ANÁLISIS DE LOS VALORES DE INCIDENCIA SOLAR EN SUPERFICIES CONFIGURADAS CON PRODUCTO ARQUITECTÓNICO CERÁMICO Andrea Paola Colmenares Uribe, Jorge Sanchez Molina, Carmen Xiomara Díaz Fuentes	117
LA TIERRA COMO MATERIAL DE ACABADO: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE Karla Juliana López Jaramillo, Carlos Mauricio Bedoya Montoya	127
PROCESO DE EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE RECURSOS CERÁMICOS TRADICIONALES DE LA INDUSTRIA NORTESANTANDEREANA PARA LA CONFIGURACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MAMPOSTERÍA EFICIENTES M. S. Narváez Ortega, J. Sánchez Molina, C. X. Díaz Fuentes	139
MUCILAGO DEL CACTUS SAN PEDRO COMO ADITIVO EN EL ENLUCIDO María Teresa Méndez Landa, Darío Huashuayo Tito, Luisa Fernanda Cárdenas More	145

PANELES CONGRESO CIATTI 2018	149
DESARROLLO EXPERIMENTAL DE MEZCLAS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE SUELO CEMENTO Y RESIDUOS AGROINDUSTRIALES: UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. C.X. Díaz Fuentes, J.A. Navarro Camargo, M.A. Niño Ramírez, L.K Hernández Díaz, A. López Aparicio	151
RECUBRIMIENTOS DE TIERRA ESTABILIZADA Y SU COMPORTAMIENTO ANTE EFECTOS DEL AGUA. Esmeralda Avila Boyas, Luis Fernando Guerrero Baca, Blas Antonio Tepale Gamboa	153
SISTEMAS PREFABRICADOS DE BAHARQUE Y CUBIERTA EN LA TÉCNICA DE ADOBITOS REPOSTADOS MEXICANOS COMO ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA PARA PELAYA - CESAR Innias Miguel Cadenas, Astrid Matilde Portillo Rodríguez.	155
MUCÍLAGO DEL CACTÚS SAN PEDRO COMO ADITIVO EN EL ENLUCIDO María Teresa Méndez Landa, Darío Huashuayo Tito, Luisa Fernanda Cardenas More.	157
FACHADA VENTILADA DE ARCILLA COCIDA. CRITERIOS DE DISEÑO SOSTENIBLE. C.X. Díaz Fuentes, J.A. Navarro Camargo, M.A. Niño Ramírez, A. Marcela Hernández, A. Yasmin Ortega	159
ALIANZA ENTRE LA EMPRESA ARCILLERA TEJAR DE PESCADERO Y LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER EN LA CIUDAD DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER. María Esperanza Ramírez Muñoz, Juan José Quintero Quintero, Bierman Suárez Martínez.	161
INCIDENCIA DE LA TIERRA EN EL DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE LA CIUDAD DE CÚCUTA Erly Mayely Contreras, Daniela Rivera Durán, Astrid Portillo Rodríguez	163
ANEXO CONGRESO CIUDAD DE CÚCUTA, COLOMBIA 2018	165

CAPÍTULO 1. ESTUDIO DE LA TRADICIÓN

XV CIATTI 2018
CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA



ECOMATERIALES: EL “CAGAJÓN”, UNA TÉCNICA DE ACABADO SOSTENIBLE EN COLOMBIA.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

María Isabel Arango Pérez. Estudiante de arquitectura.*

María Laura Castro Jiménez. Estudiante de construcción.

Liseth Adriana Contreras Sandoval. Estudiante de arquitectura.

Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

PALABRAS CLAVE: Construcción sostenible, cagajón, revoque.

1. Resumen.

Los acabados son la etapa final en una obra de construcción, cumplen la función de proteger y cubrir las edificaciones de agentes exteriores que puedan afectar el comportamiento estructural del mismo, además busca potenciar el aspecto de los proyectos, mejorando la estética de los espacios. Actualmente existe un sinnúmero de revoques comerciales, que se elaboran con base a materiales como cemento, arena y aditivos como resinas o polímeros que aportan propiedades a los acabados.

Históricamente en Colombia se ha construido con materiales que se obtienen del entorno más cercano, los cuales, a pesar del paso del tiempo, hoy día se mantienen en pie y en perfectas condiciones. El Cagajón es uno de los materiales históricos que se ha utilizado en la construcción, principalmente para los revoques, ya que siendo un material fibroso facilita la adherencia en las superficies aportando durabilidad y resistencia. Este material es el resultante del proceso digestivo del caballo.

El Cagajón es un material natural, sostenible y de fácil acceso, especialmente en la ruralidad colombiana, que, además, es muy versátil, por sus cualidades permite que se utilice en otras mezclas como morteros de pega; para obtener la mezcla del revoque se necesitan: Cagajón, tierra y agua, el cual, además de ser natural y orgánico, abarata los costos en las construcciones rurales y no implica afectación al ambiente.

Esta técnica milenaria en América Latina que tantas ventajas ofrece en comparación a los revoques comerciales, ha sido desplazada por los intereses económicos que se han apoderado del mercado, ofreciendo así productos que garantizan un beneficio particular y monetario.

Las construcciones en tierra a pesar del paso del tiempo y de las inclemencias del clima siguen demostrando las amplias posibilidades y la calidad que estas técnicas constructivas ofrecen.

2. Introducción.

La construcción, la arquitectura y la ingeniería son carreras que se han alejado de la principal finalidad y la razón de ser profesional, al relegar el aspecto humano, es decir, las comunidades a un segundo plano, si bien son ciencias, también son arte, cultura, humanidad, desarrollo, progreso, estas dos últimas analizadas desde una perspectiva alternativa al discurso de desarrollo económico y de modernidad de los países “primer mundistas”. Esta pérdida paulatina desde la posición humanista ha desequilibrado los consensos que se tenían entre naturaleza y sociedad.

“La sociedad cada día es más consciente que es necesario investigar en la sostenibilidad y la arquitectura, la construcción, la ciudad y el territorio. Para ello se debe progresar en la democratización del acceso a los materiales de construcción (...)” (Bestraten, 2011)¹ y como menciona Sandra Bestraten en el prólogo que realiza en “Construcción sostenible, para volver al camino”, no solo en materiales, sino desde una visión compleja será posible evidenciar la mejora en ciudades, y también en la ruralidad.

La tierra ha sido por excelencia el material más usado en la construcción a lo largo de todos los siglos, el ingenio humano ha desarro-

llado técnicas en las que aprovecha las propiedades del suelo para el mejoramiento del hábitat, tal es el caso del Cagajón, material utilizado como técnica antigua que aún persiste en el tiempo. Al igual que muchos saberes, este conocimiento se trasmite de generación en generación, sin embargo, no hay suficiente documentación al respecto, por eso se propone documentar la técnica y exaltar a la cultura latinoamericana que se dedica aún a utilizarla.

Por esta razón la invitación en este texto es a profundizar un poco en los conceptos técnico, social y cultural de un material que ha sido tachado de anti moderno y condenado a una obsolescencia percibida, además de darnos la oportunidad de pensar y reflexionar de una manera compleja nuestras profesiones, desde la multidisciplinariedad y abrirnos a la pertinente actividad investigativa, hay mucho por recorrer, muchas de esas invenciones desde un punto crítico y objetivo necesitan, quizá reinventarse; es imperativo brindarnos el beneficio adquirido biológicamente de seres inacabados, para renovarnos y reivindicarnos ante la sociedad y ante el planeta que habitamos.

3. ¿Qué es un acabado?

“Trataré de los enlucidos gracias a los cuales se conservarán y embellecerán al mismo tiempo los edificios” (Vitruvio, siglo I)².

Los acabados arquitectónicos son, los sistemas finales de la etapa de construcción en cerramientos y estructuras, se encargan no solo de embellecer las superficies, darles un carácter, significancia y personalidad, adicionalmente son recubrimientos que se encargan de otorgar propiedades en temas de durabilidad ante agentes físicos, químicos y biológicos, preservando así el esqueleto de la edificación a lo largo de su ciclo de vida. Estos pueden ser acabados aplicados como piel en la parte externa del edificio, es decir, protegiendo la fachada, brindándole una personalidad y un concepto estético, también pueden aplicarse en la parte interna del edificio, protegiendo y embelleciendo al interior.

“Los acabados, entonces, son los elementos que dentro de la edificación cumplen con dos factores fundamentales, la protección de los cerramientos o de la estructura y la adecuación de las superficies a las especificaciones establecidas desde el diseño arquitectónico del proyecto” (Restrepo, 2002)³.



Figura 1. Fachada de una vivienda ubicada en la zona rural del municipio de Copacabana, Antioquia, en el cual se puede apreciar el recubrimiento exterior de la vivienda que se ha hecho con el material cagajón. Fuente: Propia

Los acabados al ser los elementos finales de una obra de construcción, aplicados sobre la obra negra con el fin de proporcionar protección, confort y belleza al proyecto, cubren elementos como pisos, paredes, losas, entre otros. Existe gran variedad de acabados para todo tipo de gustos y necesidades, tales como, de barro y tierra, sintéticos, pétreos, acrílicos, entre muchos otros.

4. ¿Qué es un revoque?

Es un acabado pastoso, espeso o más líquido, dependiendo de la terminación que se desea lograr, para superficies verticales y horizontales, exteriores e interiores; cumple la función de proteger la edificación de agentes externos, y de mejorar las condiciones estéticas del edificio. Usualmente aplicada en elementos de cerramiento, muros perimetrales y divisionales, también en elementos de la superestructura como vigas y columnas. Elaborado comúnmente a base de materiales pétreos mezclados entre sí con un aglutinante, usualmente agua.

4.1. Revoque común: Elaborado a base de cemento portland, arena y agua, la termina-



Figura 2. Patología encontrada en el revoque de la fachada que permite mostrar la materialidad del mismo. Copacabana, Antioquia. Fuente: Propia

ción de este tipo de acabado se la dará el tamaño de partícula de los agregados o áridos y la forma de aplicación de la mezcla sobre la superficie. Con respecto a la dosificación se recomienda en pañetes interiores de muros una dosificación 1:4 ó 1:5; en pañetes exteriores y cielos rasos 1:3 ó 1:4. En pañetes exteriores que estén sometidos a humedad, es recomendable utilizar un aditivo que impermeabilice el mortero (SENA, 1991)⁴.

4.2. Revoques con aditivos epóxicos y/o otras adiciones: Elaborado a base de cemento portland, arena, agua, aditivos epóxicos y/o fibras sintéticas o naturales, que le otorgan propiedades retardantes, otras que contribuyen al fraguado, otras enfocadas a la manejabilidad de la mezcla, y también a la resistencia mecánica de la mezcla, por mencionar algunas; la terminación de este tipo de acabado se la dará el tamaño de partícula de los agregados y fibras, la consistencia de la mezcla también influirá en la forma de aplicación de la mezcla sobre la superficie y las herramientas requeridas según la fluidez de la mezcla.

4.3. Revoques prefabricados: Elaborados en la industria, listos para aplicar en la superficie tratada, producidos a base de productos epoxi, plásticos, de fácil aplicación y de terminaciones prolijas, puesto que la mezcla es ciento por ciento homogénea, sin embargo, esto dependerá de la experticia del maestro.

4.4. Revoques tradicionales en suelo o tierra:



Figura 3. Cagajón (heces de caballo) en estado seco listo para utilizarse como material para la mezcla del revoque. Copacabana, Antioquia. Fuente: Propia

Elaborados a base de suelo o tierra, arcilla, limos y arenas, sin embargo se pueden adicionar materiales pétreos como cal, otros como fibras naturales y cagajón, que le otorgan propiedades que contribuyen a la manejabilidad de la mezcla (cohesividad y adherencia) y también a la resistencia mecánica de la misma, por mencionar algunas; la terminación de este tipo de acabado se la dará el tamaño de partícula de los agregados y fibras, la consistencia de la mezcla también influirá, el tipo de minerales presentes en la pasta del suelo, está le dará una coloración natural particular y la forma y herramientas de aplicación.

5. ¿Qué es el revoque de tierra con cagajón?

“La historia latina también da muestras de un revoque más artesanal, se trata del mortero de cagajón que inicialmente era empleado para dar un acabado final y protección a los cerramientos construidos en tierra -con una textura rugosa, se encontraba con mayor regularidad en muros de bahareque” (López, 2017)⁵.

Simplemente es la mezcla, como lo mencionamos ya, de tierra (arcilla, limos, arenas) y cagajón que es un material orgánico residual derivado del proceso de transformación del césped por el sistema digestivo del caballo, hasta su deposición final como heces (ver figura 3), el cual funciona como material fibroso que facilita la adherencia del material a la superficie y además otorga propiedades de

resistencia a la mezcla final del revoque. Para la aplicación, este revoque es lanzado y se puede guantiar (acabado rustico) o se puede pulir con un poco más de cuidado y detalle con llanas y tablonces de madera.

Es un sistema de acabado arquitectónico económico para las zonas rurales, un 50% más económico aproximadamente, quizá más, en comparación al uso de revoques comunes, a base de cemento, en términos de transporte también se abarata, ya que los fletes desaparecen y en términos de mano de obra, esta no tiene que ser especializada; se aplica como un mortero común, sin embargo, la forma de preparación del revoque resulta muy particular y cuenta con unos tiempos mayores.

Los revoques con cagajón se han usado a lo largo de la historia, principalmente en viviendas hechas de bahareque o de tapia, como recubrimiento de muros interiores y exteriores para estas edificaciones, así como para los cielos rasos, brindándoles todas las propiedades que ofrece cualquier otro acabado. “La estructura del bahareque de tierra, es una combinación de guadua y madera aserrada o rolliza y su revoque es tradicionalmente en tierra y cagajón, que debe ser encalado para protegerlo” (Sarmiento, 2014)⁶. Este material se usó con mucha frecuencia en épocas anteriores puesto que era accesible para los habitantes de la vivienda rural y además que se obtenían muy buenos resultados con respecto al ciclo de vida de estos recubrimientos, sorprendentemente muy prolongado.

“La tierra, como material de mayor accesibilidad en el entorno rural, se utilizó tanto al interior del bahareque embutido como al exterior de tapia y bahareque embutido o hueco, su combinación con el cagajón de caballo tenía como propósito la cohesión en la mezcla para ser aplicada sobre la tierra en la tapia, sobre las latas de guadua en el bahareque embutido o sobre la malla en el bahareque hueco.” (Robledo, 1993)⁷.

Anteriormente el Cagajón, era usado en la mayoría de las construcciones de vivienda, por lo que en la actualidad aún se puede encontrar un gran número de edificaciones con pañetes hechos con cagajón; en un estudio realizado a 30 vivienda de la vereda de San Pedro del municipio de Anserma (Caldas)⁸, se encontró que el 60% de estas casas aun conservaban pañetes hechos con cagajón y cal

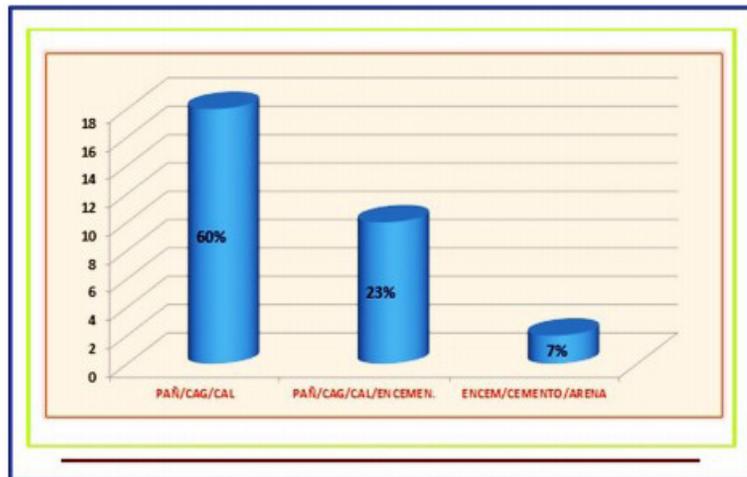


Figura 4. Tabla sobre recubrimiento predominante en las viviendas evaluadas en la vereda San Pedro del municipio de Anserma (Caldas). Fuente: PINEDA URIBE, Juan Carlos. Características y patologías constructivas del bahareque tradicional en la vereda San Pedro del municipio de Anserma (Caldas). Tesis de maestría en construcción. Universidad Nacional de Colombia, 2017. Medellín. Colombia



Figura 5. Cagajón y tierra previos a la preparación del revoco 30%-50% Suelo, 70%-50% Cagajón. Fuente: Propia



Figura 6. Proceso manual de desharinamiento del cagajón para obtener partículas más pequeñas. Fuente: Propia

en buenas condiciones, lo que demuestra que esta técnica es duradera y efectiva.

“Más tarde, el “bahareque de tierra macizo” es reemplazado por “bahareque encementado”; es decir, los revocos originales de tierra y cagajón equino, fueron modernizados o cambiados, retirando el revoco original de los muros en bahareque de tierra macizo y revestidos con esterillas de guadua para ser nuevamente revocados con mortero de arena y cemento sobre malla de revoco, y estucados y pintados como actualmente se encuentran.” (Muñoz, 2015)⁹.

6. Preparación del revoco.

Existen varias alternativas para la preparación del Cagajón, la más común es hacer la preparación in situ con los materiales: Cagajón (caballar) seca y casi en polvo, tierra (debe ser arcillosa y con un nivel medio de limos, para una manejabilidad óptima y un porcentaje de humedad medio) y agua (cantidad que permita a la pasta hidratarse y amalgamarse) con porcentajes entre 30%-50% Suelo, 70%-50% cagajón, e ir humectando la mezcla hasta lograr la consistencia deseada, este proceso no tiene porcentajes establecidos, ya que es una



Figuras 7 y 8. Proceso manual de desharinamiento del cagajón para obtener partículas más pequeñas.
Fuente: Propia

técnica que se ha realizado de manera artesanal, por lo que se tantea la mezcla.

Anteriormente se empleaban los pies descalzos para mezclar los materiales del revoque, pero actualmente es posible hacerlo con otros medios, en general el método se resume en amasar con movimientos envolventes, se deja curar, así está lista para empañetear, y aplicar. Ir mezclando e ir empañetando, la aplicación se realizaba con la mano “sobando” la superficie para pulirla, pero hoy día se utilizan otros elementos que ayudan a mejorar el acabado final, como es el uso del palustre y la llana.

La preparación de mezcla del revoque con cagajón puede durar hasta ocho días, ya que el cagajón se debe dejar secar hasta que sea apto y en partículas pequeñas (desharinado, deleznado), y la pasta de suelo húmedo, añadirlo todo sobre una superficie cubierta de plásticos para evitar el escape de la humedad propia del material y amasar durante esos ocho días, apisonando con los pies (usando botas). Cada día se debe revisar la humedad y consistencia del revoque, además de amasar y volver a cubrir con plástico; al ser una mezcla tan versátil se permite hacer pruebas con otros materiales naturales que también pueden brindar propiedades a la mezcla, como la penca de sábila, la cual ha demostrado que contribuye a la cohesión del material

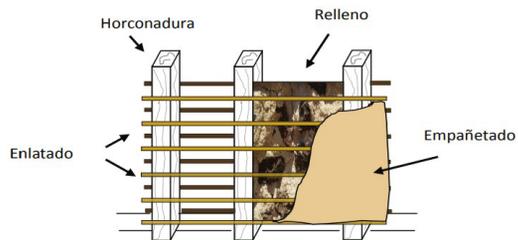


Figura 9. Componentes del Bahareque, utilización del cagajón, en mezcla de los componentes del relleno y del pañete. Fuente: (Hennegerg de León, 2012. Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque).

y al proceso de aplicado en la superficie. El cagajón como eco-material permite también emplearse como mortero de pega, permitiendo la evaporación y transpiración de las superficies que cubre, soportando cualquier tipo de pintura como acabado final, puede ser, pintura a base de agua o a base de aceite. En la tapia no es de extrañar, que ésta solo pueda soportar como recubrimiento el cagajón y/o suelo, puesto que el pañete pétreo con una base cementante, después de su fraguado es poco poroso, las partículas cementantes se acomodan perfectamente en los espacios faltantes, formando una coraza de un material que impide la respiración normal del tapial, además este sistema requiere otros medios de anclaje.



Figura 10. Imagen de la ciudad de Barichara, Santander. Fuente: https://www.viajaporcolombia.com/sitios-turisticos/santander/baricharamonumento-nacional_178/



Figura 11. Imagen de la ciudad de Villa de Leyva, Boyacá. Fuente: <https://www.civitatis.com/es/bogota/excursion-villa-leyva/>

“El tipo de Sistema estructural que debe emplearse es el combinado donde los pórticos sean columnas y vigas madera, cubiertas en cerchas de madera y muros de madera bahareque y empañetado con boñiga de vaca, conservándose las características sostenibles de los materiales usados” (Hernández, Monroy, Conde, Madroño, 2017)¹⁰. Según la literatura es posible emplear boñiga de vaca, pero a diferencia del caballo, la vaca cuenta con cuatro estómagos, lo que se traduce en un material más procesado y menos fibroso, siendo no tan idóneo en temas como el fraguado y la resistencia.

7. ¿Qué está en el imaginario colectivo?

- Ruth Castro 59 años- oriunda Sonsón, Según los conocimientos de eso, el proceso es bastante curioso, era estiércol de vaca y de caballo revuelto con tierra y el mezclador eran los pies de las personas, entonces esas masas se echaban dentro de las guaduas, se pisaba bien para que quedará bien compacta y allí iba quedando la pared.
- Marta Corrales 85 años- oriunda Sonsón, Que bueno que piense en todo, es muy lindo, pero hoy en día no se usa el bahareque, se usa el cemento y el adobe, pero la gente hoy en día trabaja muy distinta. Pregúntele al que quiera, bueno y fino si es y era. Había que empañetarlo para poderlo blanquear.
- Sergio Castro 24 años- oriundo Sonsón, La construcción antigua se hacía así con esta cuestión del cagajón y la tapia, se ve que, aunque sea una construcción antigua y estéticamente no se ve de la mejor manera es algo muy fino y pues se ve que simplemente que con una mano de cal y pintura, digamos que queda lista. Por ejemplo, acá donde yo vivo hicieron un barrio completo en ese material, creo que se llama barrio Guillermo Gaviria, incluso se llama las casas de tapia, son construcciones nuevas. El ejemplo, la escuela de música es de dos pisos y todos sus muros son hechos de bahareque. Yo pienso que una de las razones para hacer las casas de este material era para aislar del frío, porque era una construcción campesina, aísla el ruido y el frío.
- Juan David Cadavid 30 años- Yo vivo en una casa de bahareque. Las casas de bahareque eran económicas, porque el material era cerquita de cargar, estaba en las propias fincas, y el transporte hace años era complicado. Son muy húmedas y frías, en climas cálidos son frescas, en climas fríos, la casa conserva mucha humedad...y no sé, los ácaros y esas cosas biológicas que maneja la materia fecal y las heces que tan tóxicas serán, no sé, pero son buenas para vivir.
- Gilberto Cadavid 66 años- oriundo Sonsón, La experiencia en Sonsón fue unas casas que se hicieron últimamente con tapia, y el revoque que les dieron, les dieron con boñiga de caballo con tierra, resultan muy finas, muy buenas, esto lo hicieron unos estudiantes suizos que vinieron a hacer este proyecto. De-



Figura 12. Imagen de la ciudad de Salamina, Caldas. Fuente: <http://www.mincultura.gov.co/prensa/noticias/Paginas/Delegaci%C3%B3ndeMinCultura-se-hace-presente-en-Salamina,-Caldas.aspx>

timos que es más costoso, dura más es más larga la construcción en tapia que en adobe y algunas veces la dificultad de conseguir el cagajón.

8. Ejemplos.

En Colombia desde tiempos inmemoriales la tierra ha sido el material por excelencia para la construcción, debido a que, anteriormente no se conocían otras técnicas constructivas o no habían llegado al territorio nacional y por ende se utilizaba aquello que se encontraba en el entorno, por lo cual, todas las construcciones se elaboraban en tierra, con técnicas como la tapia o el bahareque principalmente. Hoy día existen muchas construcciones que datan de algunos siglos atrás, que aún se mantienen en pie y en perfectas condiciones, con desgastes dados por el paso del tiempo únicamente, pero que, con los cuidados adecuados brindan confort a sus habitantes. En todo el territorio colombiano se pueden encontrar este tipo de construcciones antiguas y modernas hechas con tierra, puesto que este material es económico, de fácil acceso y sostenible. Además de la tierra, para estas construcciones se han utilizado diferentes tipos de mezclas que incluyen materiales que provienen también de la naturaleza como el ya mencionado Cagajón; tanto edificios representativos para la cultura colombiana, como pequeñas casas se han edificado en tierra, incluso grandes complejos urbanos contienen estos materiales.

Son innumerables las propiedades de las edificaciones en tierra y revocadas con la mezcla de cagajón, y el mejor ejemplo de su durabilidad y resistencia son aquellas que a pesar del paso del tiempo, aún hoy, se mantienen. A lo largo de todo el territorio nacional se pueden encontrar estas construcciones, en la actualidad existen municipios que aún conservan su patrimonio edilicio en tierra, como lo son: Barichara, Villa de Leyva, Salamina, Sonsón, Santa Fe de Antioquia, Sucre, Concordia, por mencionar algunas. En las zonas rurales de todo el país existe una muestra significativa de casas en tierra revocadas con mezcla de cagajón. Algunos edificios prominentes del país a pesar de no haber sido construidos en tierra, emplearon mezclas con cagajón, cal y tierra para los revoques, ejemplo claro de ellos son los pañetes de la Catedral Metropolitana de Medellín, que fue construida con ladrillo macizo, y sus cúpulas están revocadas con esta mezcla.

9. Conclusiones.

- Los revoques antiguamente se hacían con mezcla de suelo y cagajón (heces de caballo) principalmente, ya que eran estos los materiales que encontraban a la mano, y que además ofrecían buenos resultados para las necesidades del momento.
- El cagajón (heces de caballo) es una fibra natural, por lo que tiene propiedades de adherencia y cohesión, y además del uso en el revoque, también se puede emplear en muchas otras mezclas para la construcción como morteros de pega.
- Los revoques con suelo y cagajón (Heces de caballo) o empleando otros materiales naturales, se pueden usar en las construcciones contemporáneas, ya que se adhieren fácilmente a las superficies y al igual que los revoques comerciales permiten resultados muy limpios y prolijos, que se ajustan fácilmente a los deseos del diseñador. Actualmente son pocos los que incluyen estos materiales en sus construcciones, pero con el tiempo se puede esperar que esta técnica sea reconocida y se utilice aún más.
- Las técnicas constructivas que usaban nuestros antepasados hace algunos años, han sido desplazadas por el concreto, el adobe, y muchos otros materiales que se venden en los comercios, debido a la gene-

ración de los imaginarios sobre materiales que se deben y no se deben usar para las construcciones, lo anterior por parte de las industrias que dominan la industria. Son las técnicas constructivas en tierra las que realmente son sostenibles en la ruralidad u otros lugares alejados y de difícil acceso y generan bajo impacto en nuestro planeta, por lo cual, se busca rescatar, en la medida de lo posible estas técnicas.

- Las técnicas constructivas a base de tierra han sido poco estudiadas y por lo tanto olvidadas, es deber de las instituciones dar a conocerlas ya que, a pesar de ser técnicas antiguas, tienen muchos valores, en principio hacen parte de nuestra cultura y de nuestra esencia, requieren del trabajo manual y del contacto directo con el material, además de que son técnicas sostenibles, económicas y de fácil acceso.

- Para que un material sea sostenible no tiene que ser de última tecnología o traído del extranjero, acá mismo, contamos con todas las posibilidades de desarrollar construcciones sostenibles y de bajo impacto ambiental, con recursos tomados de los mismos

lugares en donde se va a construir.

- Con el paso del tiempo, y las problemáticas ambientales se ha ido generando poco a poco una conciencia ambiental en las personas, que ha logrado el llamado por una construcción consciente y amigable con el planeta y con quienes lo habitamos. A pesar de que también, se ha generado una banalización del término sostenibilidad para convertirlo en un discurso comercial.

Agradecimientos.

María Isabel Arango Pérez. Estudiante de arquitectura, María Laura Castro Jiménez. Estudiante de construcción, Liseth Adriana Contreras Sandoval. Estudiante de arquitectura, agradecen al profesor Carlos Mauricio Bedoya por su entrega desinteresada al ejercicio de la academia, agradecimientos al Ingeniero Luis Fernando Muñoz por brindarnos tan enriquecedor espacio en su hogar y proyecto habitacional en el municipio de Copacabana y a la familia Castro por participar con su opinión en el numeral 7. ¿Qué está en el imaginario colectivo?

Bibliografía

BEDOYAMONTOYA, Carlos Mauricio. Construcción sostenible: para volver al camino. Biblioteca Jurídica Dike: Mares Consultoría Sostenible, 2011. Medellín. Colombia.

LÓPEZ JARAMILLO, Karla Juliana. La tierra como material de acabado: una alternativa sostenible. Trabajo de grado en Construcción. Universidad Nacional de Colombia, 2017. Medellín. Colombia.

MUÑOZ ROBLEDO, José Fernando. Tecnoculturas de las arquitecturas de baja altura en el municipio de Manizales- Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Facultas de Ingeniería y Arquitectura, 2015. Manizales. Colombia.

GÓMEZ R, Francisco J. Modelo de vivienda popular construido con suelo comprimido y estabilizado químicamente. Centro de estudios del hábitat popular CEHAP. 1987. Medellín. Colombia.

HERNÁNDEZ ÁVILA José Rodrigo. MONROY PINEDA, María Cecilia. CONDE PÉREZ, Daner Camilo, MADROÑERO ASIAS, Iván Darío. Modelamiento estructural de viviendas sustentable "Oikos tuchineros de boñiga de vaca, bahareque y madera". Revista Colombiana de Ciencias animales. 2017. Sucre. Colombia.

Citas y notas

* **María Isabel Arango Pérez.** Estudiante de arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. CV: Arquitecta en formación del último semestre de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, con énfasis en historia, teoría y crítica, proyectación urbanística y representación del proyecto. Con experiencia en actividades académicas como semilleros y proyectos de investigación, por lo cual participó en el congreso internacional RIGPAC 2018. Intereses en la investigación, crítica, patrimonio, hábitat y desarrollo urbano.

María Laura Castro Jiménez. Estudiante de construcción. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. CV: La estudiante realizó estudios en la escuela de Construcción Civil de la PUC (Pontificia Universidad Católica de Chile, en Santiago de Chile) en el año 2016. Cuenta con estudios del idioma Inglés en el NMIT de la ciudad de Melbourne, Australia, año 2017. Practicante del DAPARD de la Gobernación de Antioquia y su programa prácticas de Excelencia, finalmente adelanta una investigación en polímeros reciclados como investigadora externa del SENA y trabaja para planeación municipal de Valdivia, Antioquia.

Liseth Adriana Contreras Sandoval. Estudiante de arquitectura. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia CV: Estudiante de último año del programa de arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, con énfasis en historia y teoría, representación de proyecto y proyectación urbanística. Ha participado en actividades académicas como semilleros y proyectos de investigación, y también en el RIGPAC 2018. Intereses en la investigación, la cultura, el patrimonio, las formas de habitar y la relación de la arquitectura, la gente y la sociedad como componentes principales de los espacios.

¹ Bestraend, Sandra. Prólogo. Construcción sostenible: para volver al camino. Barcelona. España. 2011.

² Vitruvio Polion, Marco. Los diez libros de la arquitectura. Roma. Siglo I

³ Restrepo Gutiérrez, Juan Camilo. Técnicas de ejecución de acabados arquitectónicos. Medellín. Colombia. 2002

⁴ SENA. Guía de revoques. Colombia. 1991

⁵ López Jaramillo, Karla Juliana. Trabajo de grado. La tierra como material de acabado: una alternativa sostenible. Medellín. Colombia. 2017.

⁶ Sarmiento Nova, Juan Manuel (2014). Mantenimiento preventivo de materiales y técnicas constructivas del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia. Congreso Latinoamericano REHABEND, 1-4 abril, 2014, Santander, España.

⁷ Robledo Castillo, Jorge Enrique (1993). Un siglo de bahareque en el antiguo Caldas. Bogotá: Ancora Editores.

⁸ Pineda Uribe, Juan Carlos. Características y patologías constructivas del bahareque tradicional en la vereda San Pedro del municipio de Anserma (Caldas). Medellín. Colombia. 2017.

⁹ Muñoz Robledo, José Fernando. Tecnoculturas de las arquitecturas de baja altura en el municipio de Manizales- Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Facultas de Ingeniería y Arquitectura, 2015. Manizales. Colombia.

¹⁰ Hernández Ávila José Rodrigo, Monroy Pineda María Cecilia, Conde Pérez Daner Camilo, Madroñero Asias Iván Darío. Modelamiento estructural de viviendas sustentable “ Oikos tuchineros de boñiga de vaca, bahareque y madera. Revista Colombiana de Ciencias animales. Sucre. Colombia. 2017.

ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS EDIFICACIONES DE TAPIAL: EL CASO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Martín Wieser. Arquitecto, Docente investigador.*

Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. Lima, Perú.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura de tierra, tapial, confort lumínico.

1. Introducción

El uso del tapial -tierra cruda encofrada y apisonada- como sistema constructivo en edificios de vivienda sigue siendo una tecnología extendida en gran parte del Perú, principalmente en la sierra del país. Las principales ventajas de este tipo de construcciones son su bajo costo, las buenas condiciones térmicas que provee y el bajo impacto en el medio ambiente que genera. Las desventajas atribuidas al mismo están asociadas generalmente a su limitada resistencia frente a los sismos, al área útil que le resta al terreno, a la necesidad de mantenimiento continuo y a la poca luz que

ingresa a las habitaciones debido al tamaño reducido de sus vanos y al considerable espesor del propio muro, generalmente entre 60 y 80 cm. Precisamente, el tamaño de los vanos y el espesor de los muros resultan necesarios en los ámbitos en los que se utilizan, al estar vinculados a la resistencia de la estructura y al buen desempeño térmico que provee la masa: aísla, acumula y retarda el paso del calor, amortiguando las condiciones cambiantes del exterior (Meliani 2016). La ciudad de Huamachuco, con una población aproximada de 39,800 habitantes¹, está ubicada a unos 3100



Figura 1. Edificios de tapial frente a la Plaza de Armas de la Ciudad de Huamachuco. Fuente: Martín Wieser.

msnm y a sólo 8° al sur de la Línea Ecuatorial. La ciudad comparte las características climáticas de gran parte de los valles interandinos de la sierra del Perú, con un clima frío tropical de altura, de condiciones relativamente moderadas, pero con noches frías, días templados, radiación solar muy alta y lluvia estacional.

Prácticamente la totalidad de los edificios tradicionales ubicados en el centro histórico de la ciudad de Huamachuco son construcciones de tapial. En la actualidad muchos de ellos se encuentran en situación de abandono y, a pesar del esfuerzo de las autoridades, son reemplazados paulatinamente con construcciones de 'material noble' (ladrillo cocido y concreto armado), alterando generalmente la integridad y la uniformidad del paisaje urbano.

En la medida que exista disponibilidad de terreno y que no se requieran edificios de más de dos niveles de altura, el tapial sigue siendo una opción constructiva válida y, en muchos aspectos, con evidentes ventajas frente a la del ladrillo o de la bloqueta de cemento, dos alternativas que están reemplazando rápidamente las construcciones tradicionales en base a tierra cruda.

El presente estudio aborda el tema pendiente de la identificación y de la valoración cuantitativa de la iluminación natural en los edificios

de tapial, a partir de la arquitectura tradicional de la ciudad de Huamachuco y considerando las posibilidades que la actual normativa de construcción con tierra permiten.

2. Metodología

Como ya se adelantó, la gran mayoría de los edificios que se ubican en el centro histórico de la ciudad de Huamachuco (La Libertad) siguen siendo de tapial. A partir de los levantamientos de diversos edificios históricos y representativos realizados en dicha ciudad, se ha planteado un primer escenario en el que se reproducen las condiciones típicas de una construcción con tapial (Scaletti y Valle 2015): dimensiones y acabados de los vanos, de los ambientes y de los edificios y calles que condicionan el nivel de iluminación resultante al interior de las habitaciones. En el trabajo de campo realizado en la misma ciudad² se tomaron mediciones in situ, las que permitieron validar el procedimiento de simulación utilizado en el presente estudio, con el uso del programa informático Diva-for-Rhino³. Este software de tipo plug-in se instala en el programa Rhinoceros y contiene el motor de cálculo de Radiance⁴, que basa sus predicciones en la técnica de 'trazado de rayos'. Dicho procedimiento otorga el respaldo requerido a los resultados obtenidos.

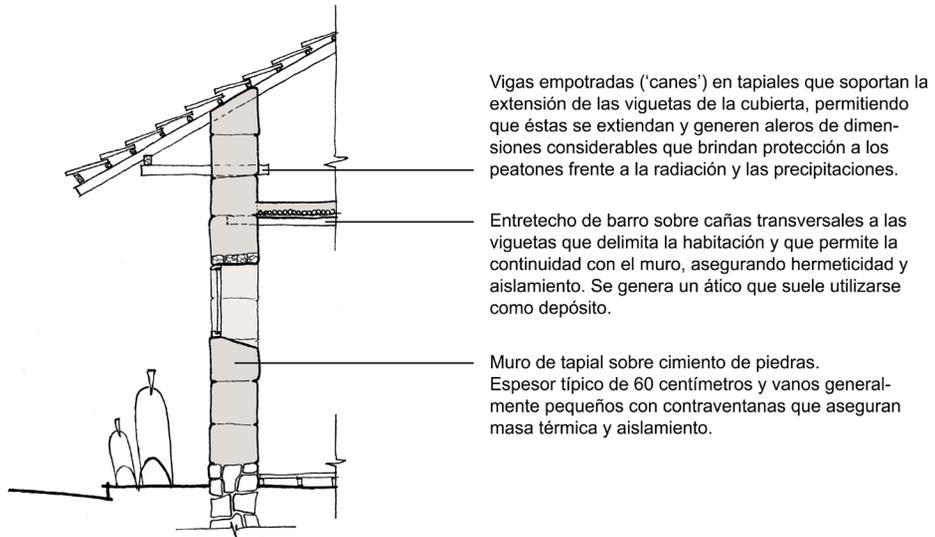


Figura 2. Corte esquemático del sistema constructivo de tapial en Huamachuco. Fuente: Martín Wieser.

A partir de las características de las fachadas de los edificios tradicionales, se identificaron tres situaciones bastante diferenciadas en cuanto a las características de los vanos de ventana (ver Figura 3): (a) una primera que corresponde a viviendas con vanos relativamente amplios, generalmente puertas asociadas a balcones en viviendas de dos niveles, (b) una segunda, en edificios cuyas fachadas alojan vanos de ventana relativamente altos y de dimensiones bastante menores y (c) una tercera opción en el que hay ausencia de vanos de ventana hacia la calle. En muchos casos los vanos hacia la calle están asociados a la presencia de comercios, y en prácticamente todos los casos suelen existir vanos de puertas o ventanas que conectan la habitación visual y funcionalmente hacia un patio interior, permitiendo también iluminarla. Para el caso del presente estudio, el Escenario 1 considerará exclusivamente los edificios con los vanos más amplios y asociados a balcones, ya que éstos resultan siendo los más emblemáticos de la ciudad y que sugieren mejores prestaciones lumínicas en los ambientes interiores.

Se plantea un segundo escenario (Escenario 2) en el que se recoge las características del escenario previo y se adecúan a las exigencias de la recientemente actualizada Norma de Diseño y Construcción con Tierra Reforza-

da del Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), que incorpora precisamente el tapial como sistema constructivo. Se trata de mantener las dimensiones y características de la habitación típica, redimensionando los vanos en función de lo que el reglamento permite. Aun cuando el texto del reglamento recomienda que los vanos sean 'pequeños y centrados', el espesor del muro de tapial condiciona una dimensión generosa del paño que permite a su vez un vano relativamente grande.

La norma establece, de manera específica, los siguientes límites geométricos en los muros y vanos: (1) que los muros transversales y contrafuertes exteriores tengan un espesor igual o mayor al espesor del muro que contiene el vano, (2) que el ancho del vano sea igual o menor a la tercera parte del largo total del muro (medido al interior) que lo contiene, entre transversales o contrafuertes, además de estar centrado a ellos (3) que el tamaño de los contrafuertes y de las partes del muro a los lados de los vanos (medido al exterior) sean mayor a tres y menor a cinco veces el espesor del muro, (4) la suma del largo del muro que contiene el vano más 1.25 veces la altura de dicho muro deberá ser igual o menor a 17.5 veces el espesor del mismo, y (5) los muros deben tener una esbeltez vertical (λ_v) igual o menor a 6 veces su espesor y una esbeltez horizontal de (λ_h) igual o menor a 10 veces el

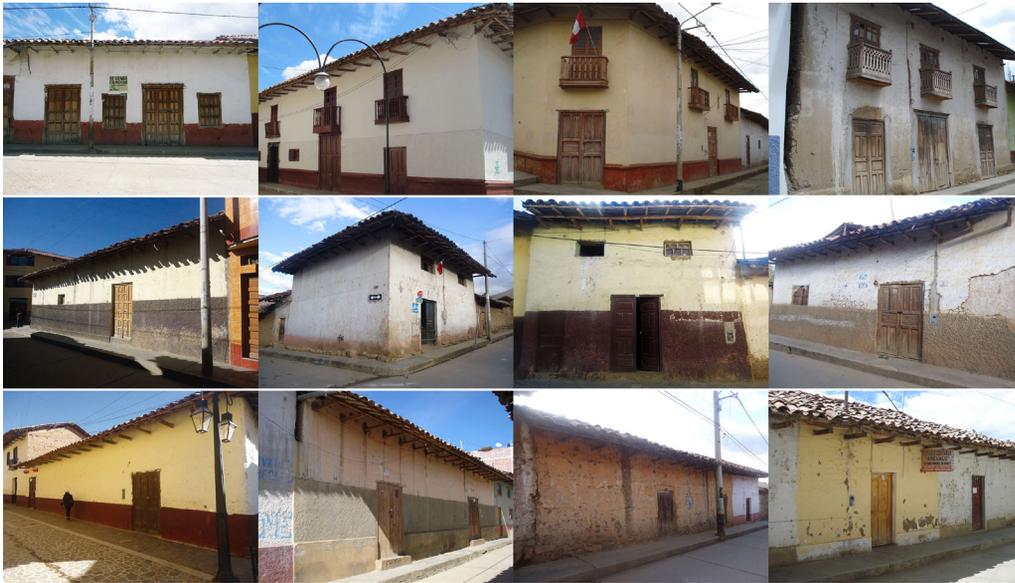


Figura 3. Vistas de fachadas típicas de edificios con vanos relativamente amplios y asociados a balcones en aquellos de dos niveles (fila superior, Escenario 1), fachadas típicas de edificios con vanos de dimensiones reducidas (fila central) y edificios con ausencia de vanos de ventana hacia la calle (fila inferior). Fuente: Martín Wieser.

espesor del muro; la esbeltez vertical puede llegar a un máximo de 8 si se cumple la condición del punto anterior (4).

Es preciso adelantar que, para la ciudad de Huamachuco, y debido a su localización en la Zona 3 de la Zonificación Sísmica, se deberá limitar la altura del edificio a un sólo nivel, según la indicación de la propia norma. Además, cabe mencionar que dicha norma obliga adicionalmente, entre otras condiciones, a la presencia de una viga collar y a un elemento de amarre del muro, sugiriendo el uso de geomallas o de soguillas de nylon, también conocidas como drizas. Para efectos del cálculo del ingreso de luz, tanto en el segundo escenario como en el siguiente, ambos de un solo nivel, se reemplaza el balcón con un alféizar de altura similar a la de la baranda. Adicionalmente, se considera en ambos casos la solución típica de los edificios tradicionales de una planta, concibiéndose una galería techada hacia el patio interior.

En un tercer y último escenario (Escenario 3) se plantea la incorporación de estrategias adicionales que, respetando la normativa propuesta, ayuden a mejorar el desempeño lumínico en los edificios de tapial: se redi-

mencionan las habitaciones, reduciéndolas sensiblemente a medidas de uso más común, se conciben marcos de menor dimensión, colores más claros y se mantiene el uso de las jambas oblicuas (derrame interior), estrategia tradicional recurrente y potencialmente útil. Esta última condición de las jambas se valorará de manera adicional en este tercer escenario.

En la figura 4 se presentan los esquemas en corte y planta de los tres escenarios, además del detalle de la carpintería de puertas y ventanas en cada uno de ellos.

A continuación se detallan las dimensiones y las particularidades que influyen en la cantidad y distribución de la luz natural en cada uno de los escenarios. En el Escenario 1, el edificio 'tradicional' de tapial, las dimensiones interiores son amplias (5.70 x 4.80 x 2.80m), el piso es un entablado de madera oscura (coeficiente de reflexión promedio, $r=0.20$), las paredes tienen colores de tonalidades claras (celeste, melón, crema o rosado; $r=0.50$), el cielo raso es de yeso ($r=0.70$) y los acabados exteriores de las fachadas de los edificios son de colores medios (amarillo, crema o blanco, $r=0.50$) con pistas y veredas de concreto ($r=0.40$). Las

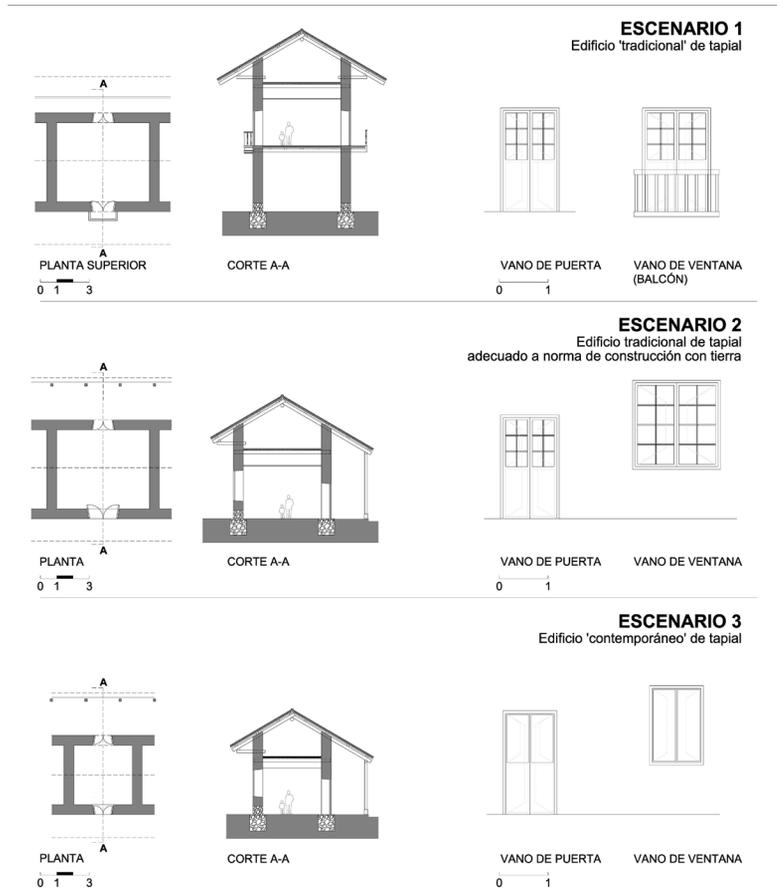


Figura 4. Detalle en planta y en corte de los tres escenarios a analizar, además de las características de los vanos y de la carpintería de madera en cada uno de ellos. Fuente: Martín Wieser.

hojas y marcos de puertas y ventanas son de color marrón oscuro, los paños traslúcidos de vidrio simple son pequeños (coeficiente de transmisión lumínica, $t=0.85$) y requieren de listones intermedios de 2.5 cm. Tanto puertas como ventanas tienen unas contraventanas opacas de madera.

Para el caso del segundo escenario, se mantienen las dimensiones de la habitación del escenario previo, redimensionando el vano de la ventana según lo que permite la nueva norma de construcción con tierra. Se asumen construcciones de un sólo nivel, manteniendo las demás características y acabados de los edificios tradicionales. El balcón se transforma en una ventana convencional con un alfeizar de 1.10m de altura. Salvo las dimensiones, las demás características de los marcos se mantienen. Por último, en el tercer escenario, el edificio 'contemporáneo' de tapial, las

dimensiones interiores son significativamente menores (3.60x3.60x3.20m) y con la mayor dimensión del vano que permite la norma. El entablado de madera es de tonalidad media ($r=0.40$), las paredes son de colores claros (blanco humo o similar; $r=0.60$), el cielo raso es de yeso ($r=0.70$) y se mantienen los acabados exteriores de las fachadas de los edificios según el Escenario 1. Se proponen marcos de madera clara barnizada ($r=0.50$), reduciendo sus secciones y evitando los paños traslúcidos pequeños, al prescindir de listones intermedios. Se mantiene igualmente la solución de contraventanas opacas de madera, pero en acabado claro y barnizadas.

La identificación de los niveles de luz natural al interior de las habitaciones se realiza considerando un cielo nublado; a pesar de que no es la condición de cielo más habitual en la ciudad de Huamachuco y en el resto de las re-

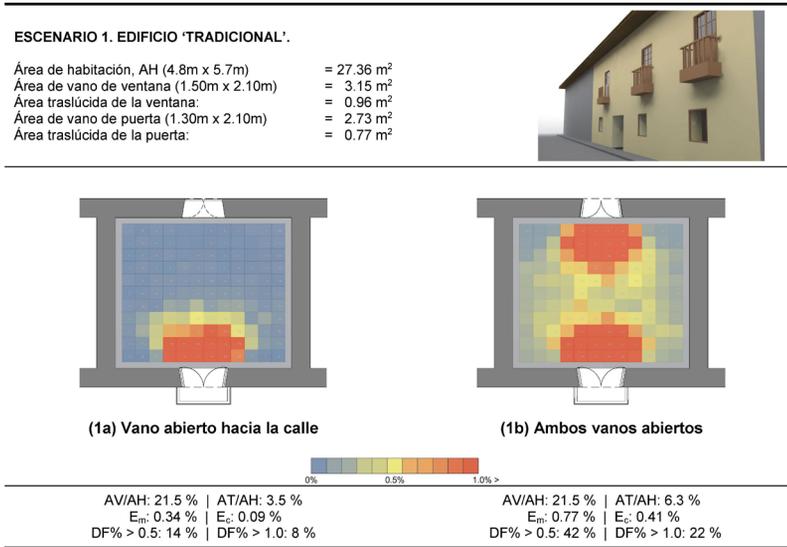


Figura 5. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 1. Fuente: Martín Wieser.

giones altas del Perú, éste representa la situación menos favorable, debido a que la porción de cielo visto en el ámbito urbano es limitado y el albedo resulta siendo mucho menor.

Para la elección del nivel de iluminación que provee el cielo en la ciudad de Huamachuco, se ha tomado en cuenta la fórmula de Tregenza (Tregenza 1986), la misma que se basa en un análisis estadístico que considera el ángulo de altura del sol, relacionado a la latitud del lugar, y a partir del cual se identifica un valor de nivel de iluminación que se presenta por más del 85% del tiempo, a lo largo del año, durante ocho horas al día. El valor resultante del cálculo, considerando una latitud aproximada de 8°, es de 9800 luxes, valor muy similar al que se obtiene en el resto del territorio peruano (entre 9 500 y 10 100 luxes).

La valoración de los resultados al interior de las habitaciones se realizará considerando el uso doméstico de los edificios y que, a su vez, corresponden generalmente a dormitorios y lugares de estancia. En ese sentido, diversos autores (Serra y Coch 1995, Tregenza y Loe 2014 o Szokolay 2014), en consonancia con las normas internacionales, coinciden en recomendar un nivel de iluminación promedio mínimo de entre 50 y 100 luxes como el apropiado para dichos ambientes, sobre un plano de trabajo ubicado a 80 cm del piso. Ello coincide

a su vez con los valores de 0.5% a 1% de porcentaje requerido de luz natural (Daylight Factor, %). El desempeño de la iluminación natural se valorará a partir de dichos límites y de la posibilidad de conseguirlos como valor promedio de la habitación y en un área considerable de la misma.

Para la obtención de los resultados del nivel de iluminación bajo las condiciones descritas y para los tres escenarios se ha utilizado, como ya se adelantó, la herramienta informática de simulación lumínica Diva-for-Rhino v.4.0.

3. Resultados

Se presentan a continuación los resultados gráficos de los tres escenarios indicados, acompañados de vistas exteriores del entorno urbano y de las condiciones de aberturas de la habitación. En la medida que éstas presentan aberturas en dos caras opuestas, una hacia la calle y la otra hacia un eventual patio interior, cada uno de los escenarios se valorarán considerando que: (a) únicamente las contraventanas del vano de ventana hacia la calle están abiertas y (b) tanto las contraventanas del vano de la ventana como las del vano de la puerta hacia el patio están abiertas.

Los datos específicos mostrados en la parte inferior de las figuras son:

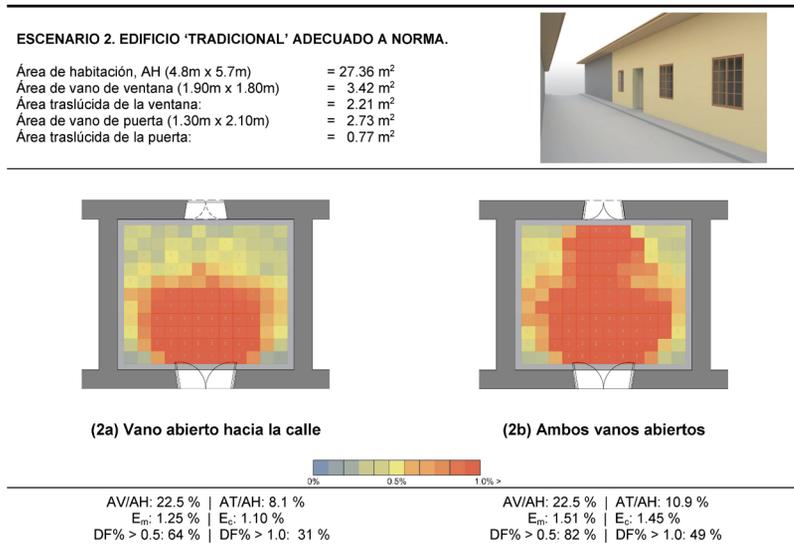


Figura 6. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 2.
 Fuente: Martín Wieser

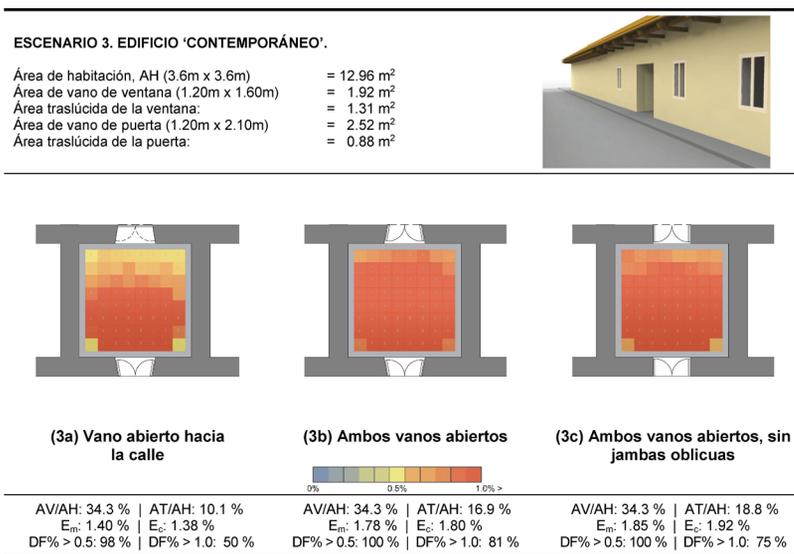


Figura 7. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 3.
 Fuente: Martín Wieser

- La relación en porcentaje entre el área de los vanos y el área de la habitación (AV/ AH)
 - El valor del porcentaje de iluminación natural al centro de la habitación (E_c)
 - La relación en porcentaje entre el área de superficie traslúcida y el área de la habitación (AT/AH)
 - El porcentaje del área con niveles de iluminación superiores a 0.5% (DF% > 0.5)
 - El valor del porcentaje de iluminación natural promedio de la habitación (E_m)
 - El porcentaje del área con niveles de iluminación superiores a 1.0% (DF% > 1.0)
- Cabe mencionar que todos los valores de porcentaje de iluminación natural hacen referen-

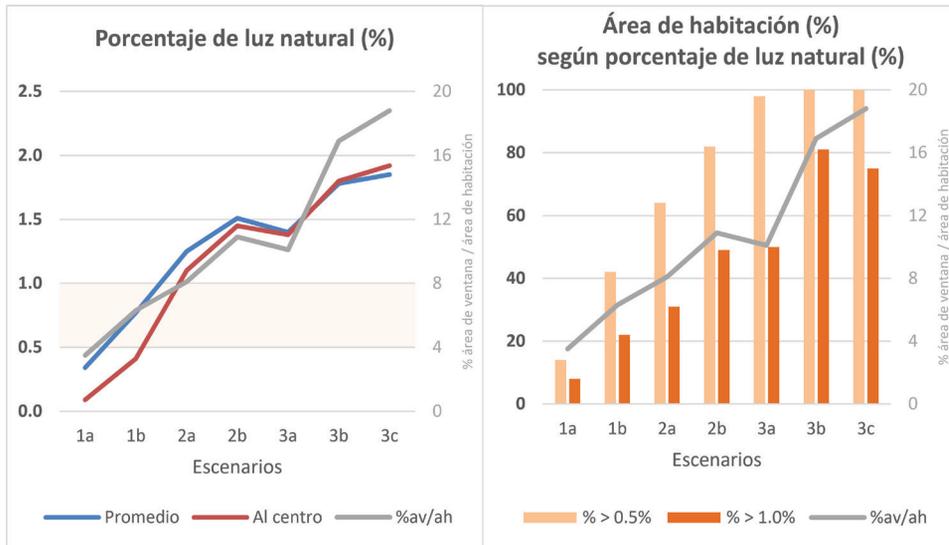


Figura 8. Resumen de los resultados del porcentaje de luz natural (%) obtenidos en los diferentes escenarios (izquierda) y valores obtenidos según el área del ambiente que recibe niveles de iluminación mayores a 0.5% y 1.0% (derecha). Fuente: Martín Wieser

cia a la que incide sobre el plano de trabajo que, como ya se adelantó, se ubica a 80 cm del nivel del piso.

En relación a los resultados del tercer escenario, se presenta una tercera condición (3c) que mantiene el área de la habitación (12.96 m²), pero se diferencia de la anterior (3b) únicamente por la presencia de jambas ortogonales; éstas han girado sobre su eje central vertical, con lo que las dimensiones del vano hacia el paramento exterior se ampliaron, sucediendo lo contrario, y en igual proporción, hacia el paramento interior. Con ello creció el área útil traslúcida, tanto en la puerta (0.98 m²) como en la ventana (1.45 m²), con lo que también se amplió ligeramente la relación entre el área traslúcida total frente al área de la habitación hasta un 18.8 %.

A continuación, se presenta gráficamente el resumen de los resultados obtenidos en los tres escenarios. El primero de ellos (ver Figura 8, lado izquierdo) muestra el porcentaje de luz natural promedio (%) obtenido en la habitación y del valor al centro de la misma. Se indica igualmente, sobre la serie de la derecha, la relación entre el área de la ventana y el área de la habitación; la correspondencia entre ambos resultados, como era previsible, resulta evidente.

Por último, se presentan los resultados obtenidos en los diversos escenarios en relación al porcentaje del área de la habitación, sobre el plano de trabajo, en el que se logra un nivel de iluminación mayor a 0.5% y 1.0% (ver Figura 8, lado derecho).

A partir de los cuadros presentados, además de la correlación directa entre nivel de iluminación y el porcentaje de área acristalada, se identifican valores que, en términos generales, y a excepción del primer escenario, se pueden considerar dentro de las exigencias contemporáneas de iluminación en espacios interiores domésticos.

6. Conclusiones

El nivel de iluminación promedio al interior de las habitaciones de los edificios tradicionales de la ciudad de Huamachuco no logra alcanzar los valores mínimos requeridos según las exigencias y normas contemporáneas. En el caso que las contraventanas estén abiertas en ambos vanos (Escenario 1b), el valor promedio de porcentaje de luz natural es de 0.77%; a pesar de que dicho valor no es tan bajo, sólo en el 42% del área de la habitación se obtienen valores por encima de 0.50%, bajando a 14% cuando sólo uno de los vanos tiene las contraventanas abiertas (Escenario 1a). Esto se explica por la gran cantidad de

luz que se acumula exclusivamente en la parte cercana a las aberturas y que se reparte con dificultad en el resto del ambiente

En el segundo escenario, y en la medida que se aplican las exigencias de la actual norma peruana de construcción con tierra, las dimensiones de los vanos logran crecer ligeramente. El ancho del vano de ventana pasa de 1.40m a 1.80m y, lo que es más importante, se amplía el área útil del material translúcido, elevando la relación entre el área vidriada y el área de habitación hasta el 10.9% (para el caso de las dos contraventanas abiertas). Bajo estas condiciones, el valor promedio de iluminación natural se eleva hasta 1.51% y el 82% del área de la misma obtiene valores por encima de 0.50%. Los resultados evidencian un ambiente con un nivel de iluminación ligeramente por encima de lo requerido para un ámbito doméstico.

Es importante notar que el mal desempeño lumínico identificado en los edificios tradicionales no se debe en principio al tamaño del vano, al ancho del muro ni a los aleros de dimensiones considerables. Si bien es innegable la influencia de dichos factores, que están directamente relacionados con el sistema constructivo en cuestión, resulta determinante el bajo porcentaje que representa el área de material translúcido en el cerramiento de madera. Esta condición se puede explicar en la medida que los requerimientos de iluminación natural al interior de los ambientes no han sido particularmente exigentes en el pasado, por los altos costos asociados al cristal y, a pesar de contar en la mayoría de los casos con contraventanas de madera, a las limitadas prestaciones térmicas que tiene el vidrio.

En cuanto al tercer escenario, con las dimensiones de la habitación más reducidas, con acabados y detalles que promueven el ingreso y la reflexión de la luz natural y siempre en el marco del cumplimiento de la norma de construcción con tierra para efectos del dimensionamiento de los vanos, se termina por comprobar que los niveles mínimos de ilumi-

nación obtenidos al interior son alcanzados de manera holgada. Los valores por encima del 1.0% de luz natural (100 luxes aproximadamente) son alcanzados en casi el 80% del ambiente, mientras que por encima de 0.5% se logra en la totalidad del mismo.

La presencia de jambas oblicuas que se 'abren' hacia el interior de la habitación, condición recurrente en los edificios tradicionales de tapial en Huamachuco y considerada en todos los escenarios, fue obviada intencionalmente en el Escenario 3c. Esto ha permitido identificar que bajo estas condiciones, con unas dimensiones ligeramente mayores hacia el paramento exterior del vano, como era previsible, el nivel de iluminación al interior, tanto el promedio como aquel obtenido al centro de la habitación, aumentaron ligeramente. Pero, en contraste con la cantidad de luz que ingresa con las jambas ortogonales, con las oblicuas se logra una mayor uniformidad en la repartición de la luz natural sobre el plano de trabajo

Se concluye finalmente que en las construcciones de tapial, y bajo las exigencias de la actual norma de construcción con tierra, sí es posible conseguir una correcta iluminación natural al interior de los ambientes. Para lograrlo, deberá considerarse las posibilidades que ofrece la propia norma para concebir vanos de mayor dimensión, que en lo posible existan vanos en muros contrapuestos, que la carpintería permita el mayor porcentaje posible de material translúcido, que se consideren acabados claros en las superficies interiores y que, de preferencia, se mantenga la disposición de jambas oblicuas en los vanos.

Agradecimientos

La presente investigación ha podido ser realizada gracias al financiamiento del Centro de Investigación de la Arquitectura y la Ciudad (CIAC, PUCP) y del Proyecto de Investigación- acción "Transversal, acciones de integración en el territorio peruano" (2011-2016) ARES - Bélgica y PUCP- Perú.

Bibliografía

MELIANI, Houmam; ATTIA, Shady; TELLER, Jacques. "Architectural and environmental housing typology analysis in Huamachuco, Peru". Anales de Congreso PLEA 2016 Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments. Páginas 1009 - 1015. Los Angeles.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Dirección de Construcción. 2017. Perú.

SCALETTI, Adriana; VALLE, María. "Huamachuco en el tiempo: Asentamiento Urbano y Arquitectura". Revista Consensus, Volumen 20, N°2, Julio-Diciembre 2015. Universidad Femenina del Sagrado Corazón. Lima.

SERRA, Rafael; COCH, Helena. Arquitectura y Energía Natural. Edicions UPC. Barcelona, 1995. España.

TREGENZA, Peter. "Measured and Calculated Frequency Distributions of Daylight Illuminance". Lighting Research and Technology 18 (2) 71-74. 1986.

TREGENZA, Peter; LOE David. The Design of Lighting. Second Edition. Routledge, New York, 2014. EE. UU.

SZOKOLAY, Steven. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Third Edition. Routledge, New York, 2014. EE. UU.

Citas y notas

* **Martín Wieser.** Arquitecto, Docente investigador, Departamento de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. Lima, Perú. Arquitecto, magister en 'Desarrollo Internacional' y doctor en 'Energías y Medio Ambiente en Arquitectura' por la Universidad Politécnica de Cataluña. Docente, investigador y consultor en temas de iluminación y climatización natural.

¹ La cifra aproximada de población de la ciudad de Huamachuco ha sido calculada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y presentada en el Boletín Especial N° 23, "Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por Sexo de las Principales Ciudades, 2000-2015", publicada en marzo de 2012.

² Se realizaron dos estudios en el marco del Proyecto TRANSVERSAL, que se resumieron en sendos documentos de trabajo: el primero de

ellos, "Levantamiento Fotográfico de Fachadas de Edificios de Huamachuco" realizado por Martín Wieser en 2013 y el segundo sobre "Tipologías arquitectónicas en Huamachuco" realizado por el Grupo Interdisciplinario Patrimonio Arquitectónico, PUCP en 2014.

³ Software especializado, desarrollado por la Escuela de Diseño de la Universidad de Harvard y distribuido y comercializado por Solemma LLC. DIVA for Rhino [En línea]. Disponible: <http://diva4rhino.com/> [1 de Agosto de 2018].

⁴ Herramienta de predicción de la radiación visible en espacios iluminados desarrollado por el Programa de Tecnologías de la Construcción de Berkeley (Building Technologies Program, Lawrence Berkeley National Laboratory). [En línea]. Disponible: <https://floyd.lbl.gov/radiance/> [1 de Agosto de 2018]

LA BARRACA COMO ORIGEN DE LA ARQUITECTURA TRADICIONAL DEL CABANYAL (VALENCIA).

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Rosa Pastor Villa. Dra Arquitecta, Profesora Asociada

Univèrsitat Politècnica de Valencia. Valencia, España.

PALABRAS CLAVE: barraca, tierra, Cabanyal.

1. Introducción

El Cabanyal¹ (Valencia) es un Conjunto Histórico Protegido, declarado Bien de Interés Cultural en el año 1993, en base a la relevancia de su tejido histórico y a su arquitectura tradicional. Está situado en el frente marítimo de la ciudad de Valencia, rasgo que ha caracterizado su arquitectura tradicional desarrollada a partir de la barraca de pescadores.

Sobre el origen del Cabanyal existe poca información, si bien, todas las referencias lo vinculan al Grao (Boira, 1997), población amurallada fundada por Jaime I, situada junto al

puerto de la ciudad. Alrededor de la muralla del Grao, nacieron los tres núcleos pesqueros, Cabanyal, Canyamelar y Cap de França, en un terreno pantanoso ganado al mar (Boira, 1987).

Las primeras referencias históricas cristianas conocidas², figuran descritas en el Llibre del Repartiment de Jaime I, con la concesión a 500 marineros que le ayudaron en la conquista de tierras en el Cabanyal y describe su extensión "...200 jobadas de tierra en el Cabanyal o sea desde el Grao al término de Albo-



Figura 1. Plano de Valencia donde se observa el conjunto Cabanyal-Canyamelar-Cap de França junto al Puerto, unido a la ciudad por la avenida del mismo nombre. Sin nombre. José Manuel Cortina Pérez. 1899. Fuente: Herrera et al 1985

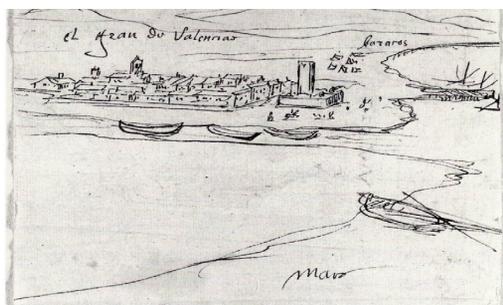


Figura 2. El Grao de Valencia 1563. Borrador a pluma de Anthonie van den Wijngaerde. Detalle del Grao de Valencia y de sus alrededores (barracas) (Victoria & Albert Museum, 8.455. 232 r). Fuente: Roselló i Verger, V.M. et al. 1990



Figura 3. Conjunto de barracas en la huerta valenciana. Fuente: Archivo particular Rosa Pastor

raya siguiendo a lo largo de la costa”.

Los esbozos del asentamiento, los dibuja en 1563 Antoine Wijngaerde en Las vistas de El Grao de Valencia, donde se aprecia la incipiente agrupación de barracas junto a un pequeño muelle y un baluarte defensivo.

El terreno del asentamiento estaba atravesado por varias acequias, que tras haber regado la huerta derivaban en el mar. Las acequias eran elementos naturales de fractura que dividieron el territorio en tres barrios diferenciados; la acequia del riuet separaba el Grao del Canyamelar, la del Gas, el Canyamelar del Cabanyal y la de Pixavaques, el Cabanyal del Cap de França; estos tres núcleos conformaron el municipio independiente Pueblo Nuevo del Mar hasta 1897, año en el que la población se anexionó a la ciudad.

2. La barraca de pescadores de El Cabanyal

La barraca de la huerta valenciana es una construcción perteneciente al conjunto de arquitectura tradicional construida con tierra, representante de la arquitectura vernácula del minifundio de la huerta. El programa del edificio, desarrollado en una parcela rectangular de reducidas dimensiones, incluye funciones domésticas y laborales. La barraca se construye con técnicas tradicionales transmitidas oralmente utilizando los materiales del entorno en el que se implanta, agua, cañas, madera y barro. Es el referente tipológico y constructivo de las barracas construidas en El Cabanyal para vivienda habitual de los pescadores (Gosálvez, V. [1915]1998). Cavanilles en 1797, describe en su obra Observaciones sobre la Historia Natural del Reyno de Valencia, las

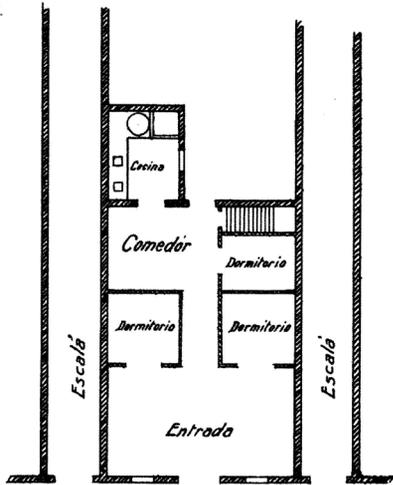


Figura 4. Planta barraca de pescadores del Cabanyal. A ambos lados existe un espacio entre barracas o escalá, espacio de servidumbre necesario para el desagüe y reparación de las techumbres y para dar salida independiente al corral. Fuente: Gosálvez, V. [1915]1998



Figura 5. Vista del incendio causado en las Barracas del Cabanyal de 1796. Anónimo. Museo de la Ciudad. Fuente: Archivo J. Huguet

barracas o chozas valencianas como las habitaciones que están fuera de las murallas de la Ciudad: "...Su fábrica consiste en dos malas tapias paralelas de cinco pies de altura, sobre las cuales se levantan dos planos inclinados convergentes, cubiertos de cañas y enéa, cuya reunión forma un caballete con dos alas. Hechas así las laderas y techumbre, ciérrense los frentes opuestos con otras dos tapias que suben verticales hasta el caballete, y en éstas se abren las puertas y ventanas"³.

La barraca de pescadores del Cabanyal, o barraca de población, se edificaba sobre un solar de 6.4 m x 10.5 m, la distribución la describe Gosálvez en su monografía sobre la barraca: "...tiene puerta en el centro de la fachada, y una entrada de todo el ancho por unos cuatro metros, a esta entrada, dan dos dormitorios uno a cada lado, dejando en medio un paso, detrás de un dormitorio está el comedor y detrás del otro un dormitorio más pequeño y la escalera para el piso superior, que aquí, no tiene tanta importancia como en los de la huerta, generalmente no tiene los bastidores de madera para los cañizos y cuando existen cañizos es uno y colgando con cuerdas, en estas barracas el piso superior solo sirve de trastero y para guardar redes y útiles de pesca. La cocina se hace fuera a continuación del

comedor, pero ya fuera de la barraca y se cubre con teja o zinc, aminorando así el peligro de incendio"⁴.

Las ventajas de esta edificación sostenible son: programa flexible, materiales empleados pertenecientes a su entorno (agua, cañas, madera y barro), técnica constructiva sencilla, fácil reparación y la óptima orientación E-O, que recoge la brisa del mar en verano y resguarda del levante del invierno. El principal inconveniente que tiene el edificio es la combustibilidad de su techumbre vegetal realizada con manojos de broza, agravado por la disposición de las barracas en hilera que facilitaba la propagación del fuego.

Entre los incendios que se produjeron en la población destacan por su especial importancia los ocurridos en los años 1796, 1797 y 1875. El más relevante sucedió el 21 de Febrero de 1796, que produjo daños irreparables en ciento siete barracas. Los incendios fueron la causa fundamental de la progresiva sustitución de las barracas por viviendas en Pueblo Nuevo del Mar.

A consecuencia del incendio del año 1875 las Ordenanzas Municipales de Policía Urbana prohibieron la construcción de barracas



Figura 6. Barraca y media barraca en El Cabanyal. Se aprecia la escalá a ambos lados de la barraca y a un lado de la media barraca. Fuente: Gosálvez, V. [1915]1998



Figura 7. Vivienda tipo A. Fuente: Rosa Pastor, 2011

de nueva planta en la población, permitiendo únicamente realizar tres reparaciones, previa solicitud y concesión de licencia, debiéndose derribar la barraca al necesitar la cuarta. Con la anexión de los Poblados Marítimos a Valencia, en 1897, comenzaron a regir las Ordenanzas de la Ciudad y se prohibió definitivamente la construcción de barracas tanta en la huerta como en la ciudad.

La desaparición de la barraca fue un proceso acelerado fundamentalmente por la Normativa de Policía Urbana referente a incendios, si bien también influyó el coste que suponía reparar la cubierta cuando cada vez era más costosa la mano de obra especializada "...Es el elevado coste de los jornales. Cuando el jornal era barato, la construcción resultaba muy económica y la casa no podía competir con ella, hoy que el jornal es caro, no puede ella competir con la casa... Actualmente la sustitución de la broza de cubierta para una barraca de dimensiones corrientes cuesta: 440 haces de borró a 1,50 ptas son 660,00 pesetas (cantidad aproximada a lo que costaba antiguamente la construcción total de la barraca) más los jornales. Una pareja, oficial y peón colocan diariamente 40 haces de broza; para la reparación completa intervienen once jornales que a 35 pesetas resultan 385.00 pesetas dando

un total de más de mil pesetas para la reparación completa. A ello, hay que añadir algún cañizo roto o podrido, la cuerda de esparto, el mortero para la cumbre etc. lo cual unido a los frecuentes revocos y blanqueos, supone un gran gasto de entretenimiento que en las casas de fábrica son mucho menos frecuentes y costosos"⁵.

3. El proceso de renovación de la edificación

El periodo de sustitución de las barracas por viviendas en El Cabanyal se produjo fundamentalmente entre 1900 y 1936 (Pastor, R. 2012), supuso una transformación progresiva del parcelario motivada fundamentalmente por la presencia de la escalá, ya que la servidumbre de este espacio entre barracas debía mantenerse hasta la sustitución por viviendas de los dos predios dominantes. Otras variables que también influyeron fueron las agrupaciones y las divisiones de parcelas debidas a herencias fundamentalmente. El proceso supuso una modificación del ancho de las parcelas que ocupaban las barracas lo que originó el nacimiento de nuevas tipologías residenciales derivadas de la antigua edificación.

Para analizar la evolución de la parcela en El



Figura 8. Vivienda tipo B. Fuente: Rosa Pastor, 2011



Figura 9. Vivienda tipo C. Fuente: Rosa Pastor, 2011

Cabanyal, realizamos una lectura de la modularidad de las fachadas recayentes a la calle con el objetivo de deducir los anchos de parcela generados al ser sustituida la barraca por casa, e identificar las nuevas parcelas originadas en este proceso. Los intervalos de referencia se determinan partiendo de la dimensión original de la fachada de la barraca que son 28 palmos valencianos (6.44 m) y la presencia de la escalá 3 palmos valencianos (0.69 m) (Gosálvez ([1915] 1998). El análisis nos ha permitido deducir los posibles anchos de fachada generados en el proceso de cambio del parcelario y oscilan desde 3.20 m hasta 9.12 m aproximadamente (Pastor, R. 2012)

4. Los tipos de vivienda derivados de la barraca.

Las dimensiones de la parcela de la barraca urbana y la adición de la escalá fueron las variables fundamentales que generaron la nueva estructura parcelaria del tejido urbano del Cabanyal⁶, dando origen a los distintos tipos de viviendas tradicionales que conforman el área, derivadas del edificio original. Basándonos en el análisis de las licencias de obra concedidas en el barrio entre 1900 y 1936, el estudio de los proyectos originales que se construyeron en dicha periodo, junto con el

reconocimiento de la evolución del parcelario, deducimos los tipos denominados por la autora A, B y C.

4.1 Tipo A

El tipo A corresponde a la edificación más sencilla de vivienda unifamiliar cuyo antecedente lo encontramos en la barraca urbana. El ancho de fachada oscila entre 3.20 m y 7.76 m, que corresponden a la mitad del ancho de barraca y al total incluidos sus dos medias escalás. Habitualmente constaba de una sola planta si bien, en ocasiones, se desarrollaba una andana para almacenar cosechas o enseres que podía llegar a convertirse en una altura más.

4.2 Tipo B

El tipo B corresponde a un edificio plurifamiliar, con una vivienda por planta y resulta de la yuxtaposición de una o varias alturas sobre el tipo A. En fases iniciales se construyeron solo de dos alturas, pudiendo llegar hasta cuatro. Los anchos de fachada oscilan entre 3.5 m y 8 m, siendo el esquema distributivo similar al tipo A, alterado por la incorporación de la escalera que puede ocupar distintas posiciones.

4.3 Tipo C

El tipo C incluye los edificios plurifamiliares de dos viviendas por planta, pudiendo tener dos o más niveles, hasta convertirse en un edificio en altura. La dimensión de la fachada no suele ser inferior a 7 m, pudiendo alcanzar los 17 m.

6. Conclusiones

El análisis del proceso tipológico-constructivo en El Cabanyal, nos ha permitido reconocer en las edificaciones actuales la matriz elemental que subyace en ellas y reconstruir el proceso hasta llegar al conjunto edificado existente. Hemos utilizado un proceso lógico como es la lectura de las estructuras de la edificación, apoyándonos en dos conceptos: la relación entre edificios construidos en el mismo espacio y tiempo y la derivación de un edificio a partir de otro existente.

El análisis de las muestras de los edificios residenciales del Cabanyal y la lectura de algunas fases de su forma urbana, nos ha permitido definir una relación entre la tipología edificatoria y la morfología urbana, validando la hipótesis de que sobre tal relación se basa la existencia del asentamiento en su conjunto

edificado con un diseño diferenciado del resto de la ciudad de Valencia.

La lectura del tejido histórico del Cabanyal nos remonta hasta el tipo base, la barraca de huerta y la de pescadores, patrimonio histórico vinculado a la arquitectura de tierra, génesis de la arquitectura tradicional del conjunto urbano. El reconocimiento de estos valores han otorgado al barrio la categoría de Bien de Interés Cultura con categoría de Conjunto Histórico Artístico.

El conocimiento de la historia, el reconocimiento de las huellas materiales e inmateriales que ha acumulado el conjunto debería ser un factor decisivo, que condicionara cualquier proyecto de intervención.

Agradecimientos

La autora agradece los esfuerzos realizados a la organización del Congreso XV CIATTI 2018 Colombia, al haberme ofrecido la oportunidad de exponer mi investigación para poner en valor temas relevantes de la arquitectura tradicional.

Bibliografía

- BOIRA, Josep Viçent. "La mirada dels altres. Els viatgers al Grau i al Port de València (Segles XVI-XIX)". En: El port de València i el seu entron urbà. El Grau i el Cabanyal Canyamelar en las història. Drassanes de València. Exposició i Llibre commemoratiu del centenari de la Unió dels Poblatos Marítims a la Ciutat de València. Ed. Ayuntamiento de Valencia. Valencia, 1997. España.
- BOIRA, Josep Viçent. El Cabanyal-Canyamelar. Valencia. Ed. Ajuntament de Valencia, Delegació de Descentralització. Valencia, 1987. España.
- BOIRA, Josep Viçent; SERRA, Amadeo. El Grau de València. La construcció d'un espai urbà. Ed. Institució Valenciana d'estudis i Investigació, Generalitat Valenciana. Valencia, 1994. España.
- GOSÁLVEZ, Víctor. Estudio constructivo de la Barraca de la Vega Valenciana. Facs. ed. manuscrito original. Ed. ICARO, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana. Valencia, 1998. España.
- GOSÁLVEZ, Víctor. Causas económicas y sociales de la desaparición de la barraca de la huerta valenciana. LIX Jochs Florals, Julio 1942. Ed. ICARO Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana. Valencia, 1998. España.
- HERRERA, J.; LLOPIS, A.; MARTÍNEZ, R.; PERDIGÓN, L.; TABERNER, F. Cartografía Histórica de la ciudad de Valencia. Ed. Ayuntamiento de Valencia. Valencia, 1985. España.
- PASTOR, Rosa. El Cabanyal: Lectura de las estructuras de la edificación. Ensayo tipológico residencial 1900-1936. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València, 2012. España.
- PASTOR, Rosa. "Catálogo de Tipos". En: Herrero García, L.F.; Varea Oro, A. eds. Juégate el tipo. Arquitectura y vivienda para el barrio dell Cabanyal, pp. 22-29. Ed. Universitat Politècnica de València. Valencia, 2011. España.
- PASTOR, Rosa.; BLANCA, Vicente.; OZORES, José Manuel. "The barraca of the Valencian agriculture field: A construction buit with earthen techniques". En: Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V. (eds.). Proceedings of the first International Conference on ramed earth conservation, RESTAPIA 2012. Valencia, Spain, 21-23 Junio 2012, pp. 551-556. Universitat Politècnica de València, Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio. Valencia, 2012. España.
- ROSELLÓ, Vicente. et al. Les Vistes Valencianes D'Anthonie Van den Wijngaerde 1563. Ed. Consellería de Cultura, Educación y Ciencia. Valencia, 1990. España.
- TORRES, L. 1933. La vivienda Popular en España. Barcelona: Casa Editorial Alberto Martín.
- VELA, F. 2002. La arquitectura tradicional como expresión de la cultura popular y manifestación de su matriz vernácula. En: Maldonado Ramos, L.; Rivera Gámez, D.; Vela Cossío, F. Arquitectura y construcción con tierra. Madrid: Mairia, pp. 11-32.

Citas y notas

¹ Con el topónimo Cabanyal, nos referimos al conjunto de los tres núcleos de población que dieron origen a Pueblo Nuevo del Mar, Cabanyal, Canyameler y Cap de França.

² La primera vez que aparece citado el Grao en las fuentes cristianas es en el momento de la conquista de Valencia por Jaime I (Boira 1994, 14)

³ Lacarra, J.; Sánchez, X.; Jarque, F. 1996. Las observaciones de Cavanilles 200 años después. T II. Valencia: Fundación Bancaja

⁴ Gosálvez Gómez, V. [1915] 1998. Estudio constructivo de la Barraca de la Vega Valenciana. Facs. ed. manuscrito original. Valencia: ICARO, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana.

⁵ Gosálvez, V. [1942] 1998. Causas económicas y sociales de la desaparición de la barraca de la huerta valenciana. LIX Jochs Florals, Julio 1942. Valencia: ICARO Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, pp. 77-82.

⁶ El tema lo desarrolla la autora en su tesis: El Cabanyal: Lectura de las estructuras de la edificación. Ensayo tipológico residencial 1900-1936. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica d València.

ARQUITECTURAS INDÍGENAS Y NEGRAS DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA: MESTIZAJES E IDENTIDAD CULTURAL.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Guillermo Gutiérrez Morales. Arquitecto, Antropólogo. Docente arquitectura.

Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura tradicional, arqueología de la arquitectura, cultura.

1. Introducción

La reflexión presentada en este documento es uno de los resultados de dos investigaciones sobre las arquitecturas tradicionales de “indígenas” y negros en el departamento del Cauca en Colombia (Figura 1); aquí la tierra, como material constructivo, históricamente ha hecho presencia en estas arquitecturas. Los pueblos indígenas Nasa y Misak, comunidades negras, han estado asentados en el territorio caucano; por su condición originaria en el flanco occidental de la cordillera central los primeros; y por la explotación minera y de hacienda cerca de las cuencas del río Ovejas y

Cauca desde el siglo XVI, los otros. Posteriormente, en un territorio habitado, pero no reconocido, han estado asentados desde finales del siglo XIX como agricultores y mineros artesanales. Territorio donde se hizo un análisis de los rasgos materiales (Constructivos y arquitectónicos) e inmateriales para el reconocimiento de la arquitectura doméstica de estos grupos o por el contrario determinar el tránsito de una concepción múltiple de la casa a una materialización y representación homogénea de vivienda donde la tierra, el bahareque y el uso de materiales nativos han sucumbido en



Figura 1: Localización departamento del Cauca en Colombia. Capital Popayán. Fuente: El autor.

algunos casos frente al concreto y otros materiales que han migrado al territorio por los procesos de modernización.

Lo anterior a partir del estudio de expresiones materiales, tecnológicas y espaciales diversas que, a través del tiempo, han dejado su impronta en la arquitectura y el territorio de estas comunidades y donde se evidencian, además, mestizajes culturales e identidades fronterizas en el orden de lo material e inmaterial de la casa tradicional. Para el análisis y comprensión de dichas arquitecturas se hace lectura de los cambios en la cultura, por lo que se establece la necesidad de dar respuesta a preguntas de orden específico como son las referidas a características y transformaciones de orden material, formal y espacial.

2. La arquitectura tradicional en tierra del Cauca: Expresión material e inmaterial de las culturas indígenas y negras en su territorio.

La arquitectura tradicional o vernácula se constituye como uno de los elementos de la cultura donde se evidencia el diálogo entre el ser humano y el lugar como entorno natural y territorial. Es testimonio de prácticas, comportamientos, creencias y acciones que en el tiempo el ser colectivo ha desarrollado. Es también documento, archivo y expresión de la

experiencia de vida anónima en cada territorio. Y es la casa como arquitectura tradicional la que alberga al individuo, a la familia y a su historia. Sociedad y cultura desde el pasado, en el presente y hacia el futuro. Los vínculos de esa arquitectura doméstica en el territorio con las dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales hacen necesarios no solo acercamientos espaciales y materiales sino, además, humanos. Y es a partir de la técnica del hacer arquitectónico, entendida a la vez como útil y gesto de territorio humano, donde se plantea un acercamiento franco a la evolución de sus maneras de creación y representación, es decir, a la evolución del pensamiento del habitar para el ser humano.

Para el caso de América, la tierra como material de construcción, ya hacía parte de la tradición arquitectónica de los pueblos originarios desde el 2500 antes de nuestros días con ejemplos como la aldea de Tular en el salar de Atacama en Chile con sus construcciones de planta circular y en Paquimé en la localidad de Chihuahua y la casa Maya en México. Más cercana hacia el siglo XIII al XV está en Perú la ciudad sagrada de Chan Chan.

2.1 Antecedentes de la arquitectura tradicional en tierra de los indígenas del Cauca: El "Yat" de los Nasa y las "Pinitsiya", "tsusaikya", "litsiya"² de los Misak.

En el territorio actual de Colombia la técnica constructiva con tierra cruda se ha dado en enlaces de las tradiciones locales con las referencias exógenas de uso del material. La vivienda Muisca en el periodo prehispánico era un bohío con cubierta de paja y paredes en bahareque, organizados en pequeños núcleos³. Con la llegada de los españoles se fortalecieron las técnicas y se mantuvieron en el territorio pues, según Alberto Corradine, en la zona andina colombiana se evidencia el uso y aplicación de técnicas y sistemas de construcción asociados con el bahareque, el adobe y la tapia pisada⁴. Tapia pisada y adobe en tierra en los siglos XVII y XVIII presente en la arquitectura doméstica y para el siglo XIX y principios del XX se repotencia el uso del bahareque.

La casa Misak, al igual que en los Nasa y campesinos mestizos durante la primera mitad del siglo XX en el Cauca, se materializa con construcciones en bahareque de planta rectangular, pocas y pequeñas ventanas, cu-



Figura 2: Representación de la casa tradicional Misak en Silvia (Cauca), originalmente era construida con muros en tierra y pintada con cal, cubierta en paja de loma. Fuente: El autor.



Figura 3: Detalle interior casa Nasa en Bahareque, postes y travesaños con madera rolliza, piso en tierra. Fuente: El autor.

bierta en paja y piso en tierra. Se tienen ejemplos de reconstrucciones de casas de planta circular que, dicen los Misak, fueron las originarias (Figura 2).

Durante la primera mitad del siglo veinte la casa Misak que pasó de ser de planta circular a planta cuadrada, mantuvo su materialidad esencial en tierra y paja; en esta época aún se mantenían prácticas tradicionales en la concepción de la casa. El medico tradicionalmente ubicaba la vivienda en un sitio adecuado libre de las malas energías. Era esencial la ubicación de la cocina. Localizada de oriente a occidente ya que a través de los rayos de sol determinaban la hora del día en la mañana avisaba que iniciaba las labores de trabajo y en la tarde que era hora del descanso. La cocina como lugar de comunicación para la familia en el dialogo y la vida práctica cotidiana.

En el ritual de limpieza, en el emplazamiento de la casa y sus futuros habitantes, hecho por un taita se manejan las energías que suben por el lado derecho y descienden por el lado de izquierdo para salir del cuerpo. La casa se construía con postes en madera rolliza disponible en la montaña, la tierra de las vetas que era propicia para hacer los muros y la paja del páramo. Solo se tenía un espacio, un gran salón, donde todas y cada una de las actividades propias de la familia, íntimas o compar-

tidas, eran desarrolladas en la cotidianidad.

De otra parte, en los Nasa o Paeces, alrededor de la casa estaba el “tul” o huerta donde sembraban especies menores y rondaban las gallinas. La casa en bahareque y la cubierta en paja; para construirla se debía cargar la madera desde la montaña y la tierra que fuera buena para el embutido. A un armazón principal con postes (“piernas”) de madera rolliza le amarraban con bejuco el carrizo para configurar las “costillas” de la casa que termina con la tierra mezclada con paja y agua; y así quedaban listos los muros. Anteriormente a la casa le hacían “soberao”, espacio entre la cubierta y un tendido en madera que se apoyaba en especies de vigas en la parte superior de los muros; allí guardaban el trigo y la sal o el maíz para protegerlos de la humedad y los animales. Al acceder por la puerta “boca” central en el muro se llegaba a un gran espacio que cumplía la función de habitación, cocina y trabajo. En la esquina derecha “las tulpas” con la que se protegía el corazón de la casa, el fuego, el fogón (Figura 3).

Respecto a la casa tradicional expresa Don Samuel Guejia, indígena Nasa de Páez, “... primero se consultaba al médico tradicional, “The` Wala”, para definir el sitio de la casa donde no hubiera problemas para que no les causaran enfermedades a las personas [...] el



Figura 4: Detalle exterior casa Nasa en Jambalo (Cauca), uso de carrizo o caña para el bahareque de los muros y en el voladizo de la cubierta. Fuente: El autor.



Figura 5: Casa Nasa, adobe de tierra en los muros y cubierta en teja de barro. Fuente: El autor.

“The` Wala” también establecía los momentos para sacar el material de la montaña, días de corte según la luna y hora ideal; también con el medico tradicional se definía el momento de la construcción para que la gente, en minga, trabajara contenta”. Continúa diciendo: “se consiguen estantillos de madera redonda, cortados en luna llena, igual las chontas y se dejan secar unos días. Bejuco blanco redondo cortado en luna llena después de mediodía. Se hacía así para que no se gorgoje la madera ni se pudra el bejuco”⁵. También se utiliza desde tiempo atrás, en estas tierras de los descendientes de los cinco pueblos (así se autodenominan los Nasa), el bahareque para los muros; y para esto se usaba pindo o carrizo amarrado con bejuco, la tierra bien pisada o amasada, con los pies o con caballo; luego se le hecha “paja de loma” picada y algunos mayores Nasa dejaban que se fermentara unos dos o tres días para que después no se rajara (Figura 4).

Durante la primera mitad del siglo veinte la casa Misak que paso de ser de planta circular a planta cuadrada, mantuvo su materialidad esencial en tierra y paja; en esta época aún se mantenían prácticas tradicionales en la concepción de la casa. El medico tradicionalmente ubicaba la vivienda en un sitio adecuado libre de las malas energías. Era esencial la

ubicación de la cocina. Localizada de oriente a occidente ya que a través de los rayos de sol determinaban la hora del día en la mañana avisaba que iniciaba las labores de trabajo y en la tarde que era hora del descanso. La cocina como lugar de comunicación para la familia en el dialogo y la vida práctica cotidiana. La casa se construía con postes en madera rolliza disponible en la montaña, la tierra de las vetas que era propicia para hacer los muros y la paja del páramo (Figura 5). Solo se tenía un espacio, un gran salón, donde todas y cada una de las actividades propias de la familia, intimas o compartidas, eran desarrolladas en la cotidianidad.

2.2 Antecedentes de la arquitectura tradicional en tierra de los negros en el Cauca: Reediciones y mestizajes arquitectónicos.

La presencia de personas negras en América, desde el siglo XVI, se da en el momento que los africanos llegan para ser esclavizados y, con esta diáspora, se dio igualmente el traslado de símbolos y representaciones. Según Navarrete los negros aportaron con su multiplicidad étnica a la cultura material e inmaterial de la región desde que llegaron por Cartagena, rasgos culturales que seguramente fueron re/creados en el territorio americano⁶, quien además citando a Moreno Fraguinals expone que ...

“... los africanos se alimentaban, vestían y habitaban en África de acuerdo a su mundo económico-cultural (...) cada etnia tenía creado un sistema de símbolos que constituían elementos fundamentales de su cultura. Comer, vestir construir o adorar la vivienda en una forma y otra llevaban implícito valores jerárquicos, morales, religiosos...” .

Ya al estar en América podría decirse que, aunque por imposición, la posibilidad de satisfacción de la necesidad básica de vivienda, entre otras, no limitó la posibilidad de aportes culturales por parte de éstos. A pesar de esto lo que se dio, finalmente, fue una aculturación dentro del proceso de explotación colonial, aunque también dio lugar a nuevas expresiones culturales que le permitieran su supervivencia.

Teniendo como punto de partida varias referencias de técnicas y arquetipos de la vivienda africana no se podría caer en imprecisiones afirmando que pueda haber una relación directa entre la casa rural negra, en tierra, de planta ortogonal y su distribución en el territorio. Por la necesidad de no caer en determinismos es importante retomar a Navarrete cuando cita a Friginals quien expone que se dieron, y aun se dan hoy, diversos modos de habitar y diversas formas de construcción del hábitat primario, esto (más allá de la vivienda) es la casa.

La referencia inicial entonces que sería África debe tener en cuenta el origen de los negros que fueron traídos a la América española y que según Aquiles Escalante citado por Lorenzo Fonseca provenían de la costa occidental de dicho continente, entre los ríos Senegal y Coanza⁸. Esta parte de África corresponde actualmente a Senegal, Gambia, Guinea, Malí, Sierra Leona, Costa de Marfil, Ghana, Togo, Dhomey, Nigeria, Camerún, Guinea Ecuatorial, Gabón, Congo y Angola.

Leiris y Delange sintetizan la casa negra en África como pequeñas construcciones cuadradas con muros de postes vegetales de techumbre piramidal, cabañas cilíndricas de techo cónico con paredes de madera, grandes cabañas rectangulares con paredes de caña recubiertas de barro fino y techos sensiblemente cónicos, casa cuadradas de paredes de barro seco y terrazas como techo⁹. En las construcciones utilizan paja, madera, barro, adobe de tierra, tierra apisonada y piedra, aunque el uso de materiales se especializa de

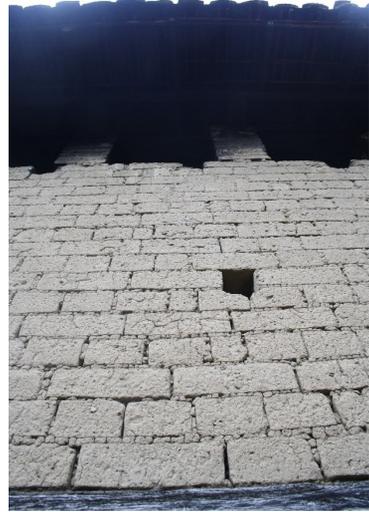


Figura 6: Detalle exterior casa de hacienda esclavista en el Cauca (Hacienda Mosquera), adobe de tierra en los muros y cubierta en teja de barro. Fuente: El autor.

acuerdo con cada región.

Así pues, estos negros concentrados en Popayán, Antioquia, Choco y Santa Marta iniciaron silenciosos procesos de encuentro y desencuentro con propios o ajenos. Con el cimarronismo inicialmente y luego con la libertad se insertaron en los territorios inhóspitos que los remitían a sus estructuras profundas recientes y remotas en ese momento. Palenques, como el de San Basilio, primero y luego parcelaciones agrícolas familiares cercanas a los ríos se constituían con formas de habitación básicas denominadas chozas de planta cuadrada y construidas en madera rolliza, amarres con fibras vegetales y techo en hoja de palma. Lo que posteriormente se convertiría en una casa cerrada con paredes en tierra o madera aserrada, apoyada directamente en el piso o elevada sobre unos postes.

Es entonces complejo establecer una tipología única de vivienda en el territorio del actual departamento del Cauca (antes parte de la Provincia de Popayán) pues las dinámicas que desde la Colonia han estado presentes definen tendencias cambiantes por las condiciones sociales y económicas que durante casi cuatro siglos han confluído en esta región y que inciden de manera determinante en los tipos y técnicas que posibilitan la materializa-



Figura 7: Detalle exterior casa afrodescendientes en Suárez (Cauca), construida en bahareque con lata de guadua y poste de madera rolliza. Fuente: El autor.



Figura 8: Fachada casa afrodescendientes en Suárez, en bahareque con lata de guadua y revoque en tierra. Fuente: El autor.

ción de la casa. Además, lo geográfico y lo político paramentan de igual manera la tipología espacial de los asentamientos en los diferentes momentos.

Cimarrones y colonos descendientes de africanos construyeron su morada sobre modelos de síntesis étnica y cultural desde el siglo XVII por medio de empalizadas que aislaban y protegían los palenques. Ya en el siglo XX se dispersaron en los vecindarios y poblados parentales que fueron surgiendo a orillas de los ríos en toda la región Pacífica en la zona costera y al interior¹⁰.

Durante los siglos XVII y XIX estas comunidades afrodescendientes en su proceso de consolidación de los poblados negros trabajaron con ladrillo de barro y bahareque en los galpones en el norte del Cauca, en lo que el hacendado proveía a los negros esclavizados pedazos de tierra denominados “sobras de hacienda” que dio origen al modelo de vivienda desde Candelaria, Padilla, Puerto Tejada y Santander de Quilichao (Figura 6).

Se dan a partir de lo anterior situaciones diversas, referidas a la vivienda, mientras que en un sitio recóndito a orillas de una quebrada se está construyendo un albergue sencillo con cubierta en zinc y palos del monte o bahare-

que (Figura 7), en un lugar cercano se están edificando una casa con madera aserrada y otra con elementos que utilizan cemento respondiendo a las exigencias del desarrollo progresivo.

Los modelos de organización espacial, imagen, materiales, técnicas y concepción de la casa de los negros en el Cauca son manifestaciones arquitectónicas que se han generado como respuesta a concepciones de vida y prácticas arraigadas en las estructuras intangibles presentes en las formas de habitar en un contexto, como ya se ha dicho de manera reiterada, aprehendido y apropiado en el tiempo.

Resulta entonces un modelo de transición que mantiene las características esenciales de la “vivienda autóctona” (volumen, espacios, organización y parte de la materialidad). Progresivamente se mejora la calidad constructiva de la casa y cuando la familia no tiene recursos suficientes lo hace por partes, organiza el terreno e instala los postes principales que sostendrán la cubierta para luego ir cerrando con bahareque y hacer las divisiones que van requiriendo (Figura 8). Este es entonces un modelo de transición constructivo, tecnológico y funcional pues pasa de una cubierta básica hasta convertirse en una casa, modelo que

viene desde principios del siglo pasado y se mantiene en la actualidad.

Se tiene para la casa tradicional la constante material de la madera y la tierra que con la técnica del bahareque permiten cerrar y definir espacios. Materiales obtenidos in situ con herramientas básicas y sin necesidad de mano de obra especializada. Maderas rollizas y aserradas, guadua entera, lata de guadua o esterilla en diálogo constante con la tierra.

3. Conclusiones

Los vínculos de la arquitectura doméstica actual, en el territorio del departamento del Cauca, se establecen con el reconocimiento de rasgos conceptuales, técnicos y materiales de la casa respecto a características propias de construcciones de otros momentos históricos de la cultura negra o de otras culturas que han estado en este territorio.

Las técnicas del hacer arquitectónico, como gesto o expresión cultural en diferentes momentos históricos y en la concepción de territorio de sus habitantes en el tiempo, permite un acercamiento a la evolución de las mane-

ras de creación material y representación, es decir, a la evolución del pensamiento del habitar de los negros e indígenas en el departamento del Cauca.

Es posible encontrar rasgos propios de las arquitecturas indígena y negra tradicional u otras de carácter ecléctico por encuentros culturales en la arquitectura doméstica del Cauca, por la condición histórica de su territorio con la explotación minera y agrícola con personas de grupos indígenas de la región y de personas negras esclavizadas durante la colonia, así como las migraciones posteriores de manumitidos y otros. Ampliación de la frontera agrícola y procesos de colonización antioqueña tardía.

La presencia de comunidades negras, indígenas y mestizas pudo generar arquitecturas domésticas eclécticas desde el siglo XIX que han permitido reconfigurar las expresiones culturales de la comunidad en la zona y se han materializado en la casa con la tierra como material básico de construcción.

Bibliografía

AGUIRRE BELTRAN, Gonzalo. CUIJLA: Esbozo etnográfico de un pueblo negro. Fondo de Cultura Económica. México, 1974. México.

ALCINA, José. Arqueología Antropológica. Ediciones Akal. Madrid. 2008, España.

APRILE-GNISET, Jacques. Poblamiento, hábitats y pueblos del Pacífico. Colección de Edición Previa. Cali. Editorial Universidad del Valle. Cali, 1993. Colombia.

APRILE-GNISET, Jacques; MOSQUERA, Gilma. Hábitats y sociedades del Pacífico. Universidad del Valle Programa Editorial. Cali, 2006. Colombia.

ARARAT, Lisifrey y Otros. La Toma historias de territorio, resistencia y autonomía en la cuenca del Alto Cauca. Consejo Comunitario Afrodescendiente de La Toma, Observatorio de Territorios Étnicos, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2013. Colombia.

FRIEDEMANN, Nina. La saga del negro. Presencia africana en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 1993. Colombia.

GUTIÉRREZ, Guillermo. La arquitectura habitacional de 1930 a 1950 en el municipio de Silvia (Cauca). Inédito. Popayán, 2017. Colombia.

WEST, Robert. La minería de aluvión en Colombia durante el periodo colonial. Imprenta Nacional. Bogotá, 1972. Colombia.

Citas y notas

* **Guillermo Gutiérrez Morales.** Arquitecto, Antropólogo. Docente arquitectura. Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia. Doctorante en Arte y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia; Magister en Historia, Universidad del Cauca; Investigador GREP (Fundación Universitaria de Popayán) y GAD (Universidad Católica de Pereira).

⁵ Guillermo Gutiérrez, La arquitectura doméstica de la comunidad negra del Consejo Comunitario de Mindalá en Suárez (Cauca): poblamiento, hábitats e identidad. Colombia, 2017.

⁶ María Navarrete, Cotidianidad y cultura material de los negros de Cartagena en el siglo XVI. Revista America negra N. 7. Colombia, 1994.

⁷ María Navarrete, Cotidianidad y cultura material de los negros de Cartagena en el siglo XVI. Revista America negra N. 7. Colombia, 1994.

¹ La casa "yat" colectiva y familiar es para los Nasa espacio de abrigo y construcción de vida.

² Casas tradicionales Misak o Guambianas denominadas así por la forma del empajado de la cubierta

³ Clara Sánchez, La arquitectura en tierra en Colombia, procesos y clturas constructivas. Revista Apuntes, Vol. 20. Colombia 2007.

⁴ Alberto Corradine, Historia de la arquitectura colombiana, volumen "Colonia 1538-1850). Colombia, 1989.

⁸ Lorenzo Fonseca y Alberto Saldarriaga, Arquitectura popular en Colombia, herencias y tradiciones. Colombia, 1992.

⁹ Michael Leiris y Jaqueline Delange, El universo de las formas: África negra, la creación plástica. España, 1967.

¹⁰ Gilma Mosquera, Vivienda y Arquitectura Tradicional en el pacífico colombiano, patrimonio cultural afrodescendiente. Catalogación de tipologías arquitectónicas y urbanísticas propias de la región Pacífica colombiana. Colombia, (S/f).

LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUSTRACCIÓN. TÉCNICA Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BODEGAS TRADICIONALES EXCAVADAS.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

*Félix Jové **, Doctor arquitecto
David Sánchez Miguel, Máster en Arquitectura
Jorge Pérez Domínguez, Máster en Arquitectura

Universidad de Valladolid

PALABRAS CLAVE: Bodegas tradicionales, arquitectura excavada, construcción sustractiva en tierra.

1. Introducción

El presente artículo documenta el sistema constructivo de las bodegas tradicionales excavadas e indaga en su proceso constructivo, es decir: en el conjunto de fases sucesivas que dan lugar a la construcción de una bodega. Porque el proceso implica un orden sin el cual el resultado deseado no se alcanza. Y de todos los procesos, el más callado es el sustractivo. Aquel que erige el espacio no por adición de elementos o suma de materiales de construcción, como el normal de los edificios, si no por extracción del material que lo contiene. En ese sentido, para la cultura tradicional

vitivinícola, el espacio de la bodega siempre estuvo ahí, quieto, latente, esperando a ser excavado.

Generalmente las bodegas tradicionales están excavadas en terrenos arcillosos planos o con ligera pendiente, pero también es posible encontrarlas excavadas en terrenos con orografía inclinada. Los espacios bajo tierra obtenidos presentan temperatura y humedad constante durante todo el año, esta circunstancia les hace muy aptos para la fermentación y crianza del vino por lo que han sido uti-



Figura 1. Interior de una bodega, tránsito entre dos naves. (Fuente: F. Jové).



Figura 2. Interior de una bodega, sección representativa de una nave. (Fuente: F. Jové).

lizados desde antiguo por el ser humano. El sistema constructivo de las bodegas es muy directo, el espacio se obtiene mediante el tallado del terreno arcilloso con pico y la retirada del material al exterior mediante cestos o “capazos”.

El techo del espacio excavado presenta sección abovedada para transmitir los esfuerzos del peso del terreno a los “muros” laterales. Las dimensiones del arco de la bóveda y las dimensiones de la nave eran determinadas por el “maestro cuevero” mientras que el grueso de la excavación podía ser culminada por los propios usuarios de la bodega o por la cuadrilla de albañiles contratada al efecto.

En las imágenes (Figuras 1 y 2) es posible observar las características del espacio resultante, formado por una serie de naves longitudinales relacionadas entre sí, conformado por paredes verticales y techo abovedado. Otros elementos característicos de las bodegas tradicionales son las zarceras y chimeneas de ventilación, así como los cañones de bajada, los frentes de fachada y las puertas que guardan el espacio.

La característica principal del sistema constructivo es que el proceso es sustractivo, es decir que el material está presente antes del inicio de la construcción y que éste ha de ser retirado para obtener el espacio. Estas arquitecturas son denominadas también como del “material único” (Jové, 2006), por cuanto que la tierra es el único material que las con-

forma y envuelve. ¿Pero cuál era el proceso constructivo? Es decir, cuál era el orden de la construcción. El presente artículo indaga en el proceso desde el estudio de casos concretos hasta la documentación del legado oral que se mantiene.

2. Técnica y proceso constructivo del espacio excavado

Es conocido que para la construcción de las bodegas excavadas existían albañiles especializados. Su misión era realizar las labores más delicadas de la excavación, que consistían fundamentalmente en marcar el trazado de la curva de la bóveda del techo y realizar su perfilado y excavación (Jové, 2017). El trazado de la directriz de la bóveda depende de las características del terreno y de su mayor o menor resistencia en función del tipo de suelo y su composición. Estos conocimientos de resistencia del terreno eran propios de los albañiles especializados por lo que era requerida su presencia a la hora de planificar la excavación de bodegas.

En Castilla, al albañil especializado se le denomina “cuevero” y su trabajo aparece especificado de este modo en el Diccionario de la Real Academia Española: “el que tiene por oficio hacer cuevas” (DRAE). En la zona de estudio se ha recogido también el término “cuerquevero”, denominación que hace referencia al albañil que tiene por oficio excavar las cuevas, término que etimológicamente deriva de una mezcla de las palabras: cárcava,



Figura 3. Bóveda de una bodega y nichos. Es posible observar las picotadas dadas en el terreno en el proceso constructivo de excavación de la bodega. (Fuente: F. Jové)

carcavero y cuevero (Jové, 2006: 226). En la zona de Andalucía existe el término “maestro de pico” (Lasaosa, 1989). El oficio de cuevero se encuentra hoy en día en vías de desaparición, como también está ocurriendo con otros oficios tradicionales, lo que complica las labores de restauración y consolidación que en ocasiones deben llevarse a cabo. A través del oficio de cuevero las formas y proporciones de este tipo de arquitectura tradicional se han transmitido entre generaciones hasta bien entrado el siglo XX.

Las herramientas utilizadas para picar el terreno eran las de uso habitual en la construcción. Para la excavación se utilizaba el pico y “la espinocha”, y para retocar la superficie del paramento la piqueta. La espinocha es una especie de “zapapico”, siendo este último: “herramienta con mango de madera y dos bocas opuestas, terminada la una en punta y la otra en corte angosto” (DRAE). En la imagen (figura 3) se observan las picotadas dadas en el terreno en el proceso de picado del paramento vertical y la bóveda.

La tierra procedente de la excavación era car-

gada mediante palas en “cuezos” de madera o en cestos tejidos de mimbre llamados “cuévanos” para su traslado al exterior. Al trabajo de cargar la tierra en los cuezos o cuévanos lo denominaban “paleado”, término definido como “acción de cargar con la pala”, que deriva del término palear o “trabajar con la pala”. En este trabajo de paleado se turnaban los albañiles para descansar del pico, considerado el trabajo más duro de todo el proceso, sobre todo cuando se trataba de picar hacia arriba en las labores de picado de la bóveda.

Las “cargas” de tierra excavada eran depositadas en el exterior de la bodega, en su entorno más inmediato, minimizando las labores de acarreo y transporte de la tierra a otro lugar más alejado. De modo que el paisaje natural actual de los conjuntos de bodegas es en realidad un paisaje artificial, creado por la mano del hombre como resultado de la acumulación de la materia prima extraída del interior de la tierra.

Cuando la bodega es excavada en un terreno llano, la tierra es depositada en la parte superior de la bodega, sobre el propio terreno, conformando tesos alomados que siguen la directriz de las naves de las bodegas. Cuando la bodega es excavada en terreno en pendiente, la tierra procedente de la excavación es depositada en la parte delantera de la bodega, generando una superficie horizontal exterior en el acceso denominada “terrazza”. En realidad es posible cuantificar el volumen del espacio de las galerías de la bodega si pudiéramos cuantificar el volumen de la tierra extraída y depositada en el exterior.

El coste de los materiales de construcción del espacio excavado es nulo por cuanto el material ya existe y se encuentra en el lugar mismo de la construcción del edificio esperando sólo a ser extraído y vaciado para la obtención del espacio. La aportación de materiales de construcción es nula, por cuanto la construcción de una bodega es en realidad una cantera de obtención de material para otros usos; en algunas ocasiones se ha podido constatar que parte de la tierra extraída en el proceso de excavación era utilizada para hacer adobes, lo que constituía una fuente de ingresos extra para la cuadrilla de cueveros.

Es posible afirmar que el proceso constructivo del espacio excavado de una bodega no sólo no consume materiales de construcción sino

que además aporta materia prima para otros usos, de manera que el balance de consumo de materiales de construcción es negativo.

3. Las bodegas tradicionales.

Las bodegas tradicionales son espacios excavados altamente tecnificados que tratan de aprovechar la estabilidad del clima subterráneo para conseguir las condiciones ambientales adecuadas para la crianza del vino. Son arquitecturas obtenidas no por adición de elementos constructivos, sino más bien por procesos de excavación y sustracción del material del subsuelo. Desde un punto de vista constructivo también han sido denominadas como arquitecturas del “*material único*” como se ha dicho, por cuanto el material del que están construidas es único, no siendo más que el propio terreno que las contiene (Rocha & Jové, 2015).

En España, las bodegas tradicionales constituyen una parte importante del patrimonio arquitectónico vernáculo y son un elemento fundamental para entender la extensa y rica cultura tradicional. Pueden definirse de un modo muy general como espacios excavados bajo el subsuelo, compuestos por una o varias naves conectadas entre sí, a las que se accede a través de una galería mediante una empinada escalera. Además del espacio excavado, las bodegas presentan también algunos elementos emergentes construidos a la manera convencional, como ocurre con el frente de fachada, el acceso a la bodega, la puerta, el descargadero o las chimeneas, todos ellos construidos con materiales de construcción propios del lugar y de la Comarca.

4. Características constructivas y elementos.

Se analizan a continuación las características constructivas de cada una de las partes y elementos que componen la bodega tradicional además del espacio excavado bajo tierra, característico de este tipo de construcciones.

El frente de fachada de la bodega está normalmente formalizado por un cuerpo adelantado que conforma un pequeño caseto en el que se enmarca la puerta de la bodega. En las más sencillas este frente de fachada está construido de fábrica de adobe, con cuerpo adelantado o directamente sobre el desmonte realizado en el propio terreno. En otras el



Figura 4. Puerta de acceso a bodega; tipo huecos superiores. (Fuente: F. Jové).

frente de fachada está construido mediante fábrica de mampostería de piedra con algunos elementos de sillería en las esquinas, y en la formación de los dinteles y jambas de las puertas. Cuando la bodega tiene el lagar en su interior es normal que el hueco del descargadero aparezca en línea con la puerta de la bodega de manera que se configura un frente edificado de mayor entidad. La evacuación de las aguas que circula por el terreno se realiza bien de lateral, en las bodegas que ocupan una posición de borde, o por encima de la fachada, cuando conforman una agrupación y son medianeras. En algunos casos es posible encontrar algún elemento funcional que cualifica la cabeza del muro, ya sea unas lajas de piedra de mayor anchura dispuestas a modo de cornisa o varias hiladas de teja voladas, incluso verdaderos aleros y cornisas de piedra.

La puerta de acceso es uno de los elementos más característico de la bodega, en las imágenes se observan dos tipos distintos (figuras 4 y 5). Suelen ser de baja altura, fabricadas de gruesa madera con un enrejado que sirve como elemento de ventilación del espacio interior; en realidad es el aire frío quien desciende por la escalera de la bodega empujando al aire más caliente, que es obligado a salir por la chimenea. Las puertas presentan variadas y diferentes tipologías. La alteración o supresión de la ventilación a través de la puerta de acceso tiene una relación directa con la posterior degradación y hundimiento de la bodega, por lo tanto, hay que llamar la atención sobre una práctica muy extendida actualmente en-



Figura 5. Puerta de acceso a bodega; tipo enrejado. (Fuente: F. Jové).

tre los propietarios, pero tremendamente perjudicial para la conservación de las bodegas, como es la de la sustitución de la puerta original por otra de chapa metálica y sin huecos de ventilación. Normalmente esta sustitución se hace con toda la buena intención para mejorar la seguridad de la bodega, pero las consecuencias suelen ser muy negativas al suprimirse la necesaria ventilación entre el espacio interior y el exterior, al tiempo que se generan condensaciones en la chapa metálica de la puerta por diferencia temperatura.

Tras pasado el umbral se accede a la escalera que profundiza en el terreno, en línea recta, desde la puerta de entrada de la bodega. En la escalera podemos distinguir dos partes diferenciadas: una construida y otra excavada. La construida da continuidad a la puerta de la fachada y se prolonga hasta el perfil natural del terreno, se la denomina habitualmente "el cañón" de la bodega. Tiene el ancho de la escalera -poco más de un metro- y forma el primer tramo de ella.

El cañón de acceso está construido mediante muros laterales de adobe o mampostería de piedra y se cubre, en unos casos mediante una falsa bóveda adintelada de lajas de piedra, en otros mediante una bóveda de roscas de pequeña mampostería de piedra o de adobe y en otros mediante vigas rectas de madera. Por encima de esta estructura se rellena con la tierra procedente de la excavación a modo de cubierta conformando un nuevo perfil del terreno natural.

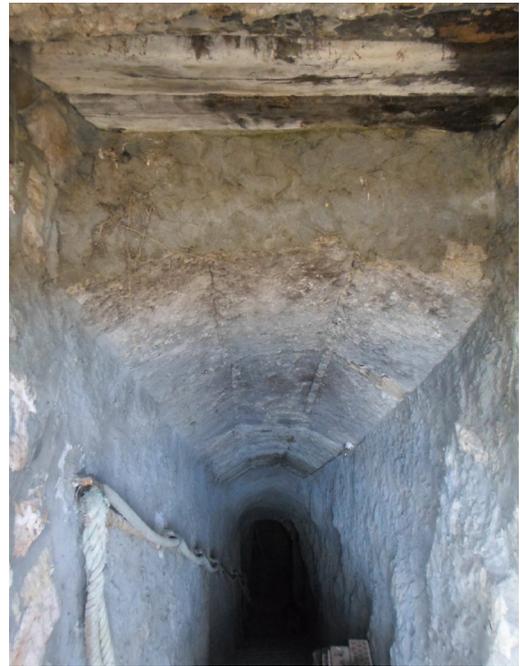


Figura 6. Escalera y cañón de acceso a una bodega. (Fuente: F. Jové).

La parte construida de la escalera enlaza con la parte excavada, que se cierra con bóveda irregular de medio punto tallada en el terreno. La escalera es siempre de un sólo tiro, normalmente recto, como puede apreciarse en la imagen (figura 6). Los peldaños suelen estar tallados directamente en la tierra, son de proporciones regulares de igual alto que ancho, aunque también se observan peldaños irregulares y descansillos intermedios. También aparecen peldaños conformados mediante traviesas de madera, incluso recubiertos con plaqueta cerámica o capa de mortero.

En el interior del terreno se organizan las naves del espacio excavado de la bodega. Puede ser una sola; la principal, que de forma longitudinal sigue la dirección de la escalera, o varias naves conectadas con la principal. A las naves también se las denomina "sisas", y conforman el entramado subterráneo de la bodega. Están excavadas directamente en el terreno y presentan con claridad la marca del pico del artesano en su proceso de construcción. Son de proporción alargada y se cierran mediante bóveda más o menos apuntada o aplanada. Son espacios tranquilos para el curado y reposo del vino. En uno de los laterales se sitúan las cubas y en el otro pueden



Figura 7. Chimenea de bodega de sección cuadrada. (Fuente: F. Jové).



Figura 8. Chimenea de bodega de sección circular troncocónica. (Fuente: F. Jové).

presentarse huecos o nichos para aumentar la cabida del número de cubas. En muchas de ellas aún es posible encontrar elementos propios de la cultura tradicional de la producción y elaboración del vino.

Algunas bodegas tienen una configuración más compleja en su distribución en planta, con proliferación de naves, incluso muchas tiene la prensa y el lagar en su interior. En ese caso tienen una nave específica; la del lagar, con la característica prensa de viga, con husillo o tornillo de madera y contrapeso. El espacio se acompaña del pilón, el pozo y el pocillo. En algunos casos la nave del lagar aparece solada mediante grandes losas de piedra para facilitar el trabajo y, sobre todo, la limpieza. Encima del pilón, en la bóveda de la nave, se encuentra el conducto del “descargadero” que emerge hasta la superficie y desde el que se vertía la uva al lagar para su prensado.

También es posible encontrar en algunas bodegas un espacio tallado a medio camino de la bajada de la escalera, que en ciertos lugares denominan “la cocina”. Generalmente es un espacio pequeño, un nicho lateral tallado al efecto, donde se comía durante el duro trabajo que representaba la excavación de la bodega, al tiempo que servía de lugar de descanso y reunión. Este espacio también es posible encontrarlo en otras posiciones: al final de la escalera en un lateral de la sisa principal, o arriba justo antes de comenzar a bajar la escalera. Normalmente tiene chimenea para lumbre y un banco tallado en la propia tierra,

situado en el perímetro del espacio, que servía en algunos casos de “camastro” o cama para descanso de los operarios.

5. La chimenea o respiradero

La chimenea o respiradero es un elemento emergente característico de las bodegas tradicionales. Es un elemento funcional que actúa como “intercambiador” entre el clima interior subterráneo y el exterior, al tiempo que dota de carácter al espacio de la superficie exterior y nos indica la existencia de bodegas y su posible trazado.

En realidad, la chimenea permite la salida del aire cálido que se amontona en la parte alta de la bóveda de la bodega por presión del aire frío que ocupa las partes bajas de la bodega. Es importante documentar su formalización, muy rica en pequeños matices. Entre los modelos tradicionales los podemos encontrar de sección cuadrada o circular (figuras 7 y 8), de mayor o menor tamaño en función de su uso, y siempre atentos en el diseño y forma de su boca a la dirección de los vientos dominantes, normalmente situada a sotavento, es decir, a resguardo del viento dominante.

No debemos entender los barrios de bodegas exclusivamente como una mera adición de bodegas individuales aislados. Bodegas, accesos, cañones, naves, sisas, y demás elementos excavados se agrupan de diferentes modos adaptándose a las características morfológicas específicas del entorno. Factores



Figura 9. Barrio de bodegas. Tipologías de asentamiento en llano. (Fuente: F. Jové).



Figura 10. Barrio de bodegas. Tipologías de asentamiento en ladera con pendiente. (Fuente: F. Jové).

como orientación o pendiente, características del terreno y relación entre bodegas son los que marcarán la configuración final de cada uno de los barrios.

6. Tipología de asentamientos.

La topografía del terreno define la tipología del asentamiento, de tal manera que podemos encontrar conjuntos de bodegas excavadas en terreno llano o en pendiente como las que se ilustran en las imágenes (figuras 9 y 10). Las segundas aprovechan la existencia de la ladera de un cerro o de un promontorio para efectuar la excavación más o menos en horizontal, mientras que las primeras han de hacerlo necesariamente profundizando en vertical. Esta clasificación tipológica es en realidad una simplificación de la multitud de variables que es posible encontrar. En cualquier caso, el objetivo de ambas es profundizar en el terreno para obtener unas condiciones ambientales favorables de humedad y temperatura constantes. En muchos casos las dos tipologías coexisten dentro de un mismo conjunto de bodegas, sobre todo en el caso de la implantación en ladera, donde las curvas de nivel y la pendiente del terreno no son uniformes y se suceden zonas de máxima pendiente con otras casi horizontales.

A pesar de lo que inicialmente pudiera parecer, los conjuntos de bodegas más habituales son los asentados en terreno llano o en suaves laderas, debido a que la orografía sensiblemente horizontal facilita el acceso a las

bodegas y las labores de producción vinícola; limpieza de cubas, acarreo de uva, transporte del mosto, etc. También facilita las labores de excavación, planificación del conjunto y uniformidad en la orientación de las bodegas, de manera que todas ellas pueden orientarse en dirección predominante norte-sur, con el acceso orientado a norte para evitar la entrada por la puerta de la bodega de los rayos de sol tendidos, que naturalmente corresponden a naciente o a poniente. En todo caso, la diferente implantación de la bodega: en llano o en ladera, no afecta a sus características constructivas que es posible afirmar que sustancialmente son las mismas.

7. Conclusiones.

En el presente artículo se ha documentado, a través del trabajo de campo, el procedimiento y sistema constructivo de las labores de excavación del espacio subterráneo de las bodegas tradicionales. El proceso requería de un método que era conocido por una serie de albañiles especializados denominados “cueveros” y que en sus labores utilizaban una serie de herramientas más o menos cualificadas.

Las bodegas tradicionales han sido excavadas normalmente en terrenos arcillosos planos o con ligera pendiente, pero también es posible encontrarlas excavadas en terrenos con orografía inclinada. El espacio excavado de la bodega se obtiene mediante el tallado del terreno arcilloso y la retirada del material al exterior.

El proceso constructivo de la bodega es “sustractivo”, es decir que el espacio se construye no por adición de elementos o suma de materiales de construcción, como normalmente se construyen los edificios, si no por extracción del material que lo contiene.

Es posible afirmar que la aportación de materiales de construcción para la obtención del espacio excavado es nula por cuanto que el material ya existe en el lugar de la excava-

ción. Por lo tanto, el coste de compra de materiales es nulo.

La construcción de una bodega es en realidad una cantera de obtención de materia prima para otros usos; fabricación de adobes, explanación exterior del terreno o recrecido superior de la bóveda de la bodega. Puede concluirse que el balance de consumo de materiales de construcción es negativo.

Bibliografía

FERNÁNDEZ BALBUENA, Gustavo (1922): “La arquitectura humilde de un pueblo del páramo leones; Ardoncillo”. *Arquitectura* IV, nº38. Madrid, 1922, pág. 242.

JOVÉ, Félix (2006): *La vivienda excavada en Tierra*. COACYLE/UVA Universidad de Valladolid. Valladolid.

JOVÉ, Félix (2008): “Arquitectura construida en tierra”. En: Sainz Guerra, J.L.; Jové, F. (coord.): *La arquitectura construida en tierra. Tradición e innovación*. CJDV, Valladolid.

LASAOSA, María José et al. (1989): *Arquitectura subterránea: cuevas de Andalucía*. Junta de Andalucía, Sevilla.

ROCHA, Miguel & JOVÉ, Félix (2015): *Técnicas de Construcción con Tierra*. Argumentum, Edições, Lisboa.

JOVÉ, Félix (2016): *Patrimonio excavado, las bodegas de Torquemada* Bien de Interés Cultural. Valladolid.

JOVÉ, Félix; Muñoz, D.; Pahino, L. (2016): “Bodegas tradicionales excavadas; la bodega comunal de La Pólvora en Peñafiel, trabajos de documentación y análisis”, en CIATTI, CJDV, Valladolid.

JOVÉ, Félix & SÁINZ GUERRA, José Luis (2016): *Arquitectura excavada, las bodegas de Baltanás*, Bien de Interés Cultural. Valladolid.

JOVÉ, Félix; Muñoz, D.; Pahino, L. (2017): “Arquitectura excavada; planificación urbana y construcción de los barrios de bodegas periféricas, el caso de Torquemada”, en CIATTI, CJDV, Valladolid.

JOVÉ, Félix. (2017): “La restauración de la Arquitectura Tradicional, oficios y técnicas de construcción”, en Fundación Joaquín Díaz, Valladolid.

JOVÉ, Félix (2018): *Bodegas tradicionales, las bodegas de Atauta* Bien de Interés Cultural. Valladolid.

Citas y notas

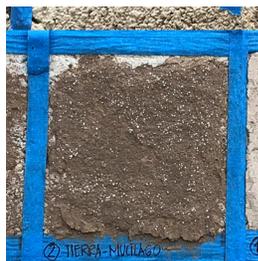
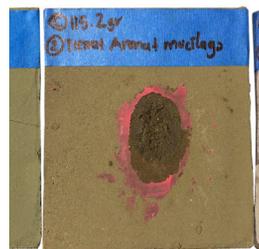
* **Félix Jové**. Doctor Arquitecto, profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas. ETSA, Universidad de Valladolid. Director de la Cátedra Juan de Villanueva. Codirector del Grupo Tierra. fjove@arq.uva.es

David Sánchez Miguel, Máster en Arquitectura, ETSA Universidad de Valladolid (España). Becario de investigación, Consejo Social UVA.

Jorge Pérez Domínguez, Máster en Arquitectura, ETSA Universidad de Valladolid (España). Becario de investigación del Consejo Social UVA.

CAPÍTULO 2. RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN

XV CIATTI 2018
CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA



RECUBRIMIENTOS DE TIERRA ESTABILIZADA Y SU COMPORTAMIENTO ANTE EFECTOS DEL AGUA.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Esmeralda Avila Boyas, arqavilaboyas80@gmail.com
Luis Fernando Guerrero Baca, luisfg1960@yahoo.es
Blas Antonio Tepale Gamboa, blasblasarq@gmail.com

Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, CDMX, México
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
Morelia, México

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, tradición constructiva, revoques

1. Introducción

Los recubrimientos son componentes fundamentales de la arquitectura y construcción con tierra puesto que deben cumplir una doble función. Por una parte, han de garantizar la durabilidad del sustrato ante los embates externos. Pero, por otro lado, requieren propiciar una adecuada evapotranspiración a fin de que se mantenga estable la cantidad de agua que entra y sale a los sistemas edificados.

Esto significa que los revestimientos requieren ser lo suficientemente resistentes como para controlar acciones mecánicas, ataques

de flora y fauna parásita, así como el impacto de la lluvia, granizo, pero al mismo tiempo habrán de tener la capacidad de permitir un adecuado tiempo de secado porque se sabe que los cambios bruscos de humedad son una potencia causa de fuertes deterioros.

Pero, además, uno de los principales requisitos de estos componentes constructivos consiste en lograr una máxima adherencia sobre su soporte, la cual se deriva de una condición de similitud de rigideces. El muro deberá ser lo suficientemente sólido para no permitir el

desprendimiento del recubrimiento por el efecto de su peso propio y con mayor razón, cuando se encuentra saturado de humedad.¹

Aunque es habitual encontrar superficies terreas sin protección superficial tanto en interiores como en exteriores de los inmuebles, es importante que las construcciones de tierra expuestas a la intemperie estén protegidas para controlar el contacto directo con el agua con el fin de otorgarle mayor durabilidad a la superficie. En el caso de los muros interiores un recubrimiento de tierra ayuda a mejorar las condiciones de confort dentro de un espacio gracias a sus propiedades de higroscopicidad; es decir, un recubrimiento de esta naturaleza tiene la cualidad de transpirar, regulando tanto la humedad como la temperatura, del mismo modo este fenómeno ayuda a mejorar la calidad del aire.²

Existen métodos para mejorar las propiedades de la tierra y poder así conseguir una protección adicional, mayor endurecimiento o resistencia. En algunos casos se agrega un componente de su misma naturaleza, a fin de modificar alguna cualidad de la superficie. La compensación con arena de una tierra arcillosa ayuda a hacerla más permeable y a minimizar la fisuración producida por la retracción volumétrica durante el secado. La compensación con arcilla de una tierra arenosa permite darle mayor cohesión, adherencia al sustrato y resistencia mecánica.

A lo largo de la historia se ha buscado dar mayor estabilidad, dureza y resistencia a los componentes de tierra, por lo que se han utilizado diferentes tipos de aglutinantes que no sólo favorecen la adhesividad de los revocos, sino también ayudan a que tengan la consistencia necesaria para resistir la erosión y el contacto con el agua. Sin embargo, de ningún modo se pretende que los recubrimientos sean totalmente impermeables porque se sabe que ésta es una de las principales causas de la degradación de las estructuras por acumulación de agua y sales solubles, como lamentablemente ha sucedido con los revestimientos de cemento y con las pinturas plásticas que provocan.

Para el caso de México, desde tiempos ancestrales se ha utilizado el mucílago de distintas cactáceas y suculentas (en especial el mucílago de *Opuntia Ficus Indica*)³, como aglutinante y estabilizante del tiempo del fra-

gado de recubrimientos de cal. Pero también se tienen experiencias que demuestran que gracias a la capacidad higroscópica de este compuesto natural, su empleo en elementos constructivos de tierra puede reducir la cantidad de agua que se requiere para el mezclado y, sobre todo, propicia un secado más lento y estable, condición que incrementa su resistencia final a los agentes medioambientales.

Otro componente utilizado como estabilizante de la tierra, en especial en el campo de la ingeniería civil y de caminos, es el hidróxido de calcio. Por siglos ha sido puesta a prueba la eficacia de esta substancia como componente estabilizante que limita los efectos de absorción hídrica, dilatación y retracción de las arcillas presentes en los materiales térreos⁴, y que después de cierto tiempo incrementa su capacidad de carga.

El tema del uso de estabilizantes abre un abanico de posibilidades. Durante generaciones se han empleado aditivos de distintas fuentes, algunas de origen químico, otras de origen animal, vegetal o sintético. Sin embargo, lo ideal es utilizar materiales que sean de fácil acceso y estén disponibles en una región con el fin de fomentar la sostenibilidad y tener un buen aprovechamiento de estos recursos sin afectar el entorno. Es por ello que en la presente investigación se busca analizar comparativamente el uso del mucílago de *Opuntia Ficus* y de cal por tratarse de substancia muy asequibles en México.

2. Objetivo y metodología

Los resultados que se presentan en este artículo son parte de una investigación más amplia tendiente a la verificación empírica de técnicas históricas y tradicionales para la realización de mezclas de tierra estabilizada que se habrá de emplear como protección superficial. Un avance preliminar de estos estudios ha sido presentado dentro del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT-2018) celebrado en Guatemala.

En aquella oportunidad se expusieron los antecedentes relacionados con la selección de dosificaciones adecuadas, la evaluación de la trabajabilidad de las mezclas y se explicó el procedimiento para la extracción del mucílago de *Opuntia Ficus*. Además, se expusieron datos relevantes con relación al comportamiento

térmico y resistencia de los revoques estudiados.

El presente artículo se centra en la evaluación comparativa de la capacidad de dichos revoques para resistir la acción del agua, pero también de permitir un adecuado tiempo de secado pues se sabe que el equilibrio entre ambos procesos es lo que garantiza una adecuada protección. Se parte de la premisa de que los revoques para ser sostenibles deben contar con cierto nivel de permeabilidad a fin de que, aunque dejen ingresar cantidades discretas de agua en estado líquido a los sustratos sin perder su propia consistencia y adhesividad, también estén en condiciones de propiciar un secado uniforme de los muros por evapotranspiración. Finalmente, se ha experimentado la opción de utilizar estos revestimientos no sólo en muros de tierra sino también en otro tipo de superficies, con el fin de contrarrestar el uso de recubrimientos y pinturas de origen industrializado tales como los derivados de mezclas de cemento, polímeros sintéticos y demás sustancias impermeabilizantes que tienen un elevado costo y altísimo impacto ambiental derivado del consumo de energéticos para su fabricación, así como de la generación de desechos contaminantes a la tierra, agua y atmósfera.

La metodología utilizada partió de los datos de caracterización de los materiales con la que ya se contaba como resultado de análisis comparativos de retracción volumétrica, comportamiento térmico, adherencia y capacidad de carga. Una vez definidas las dosificaciones más eficaces se pusieron a prueba para evaluar su resistencia hídrica, absorción capilar con tubo de Karsten y liberación de humedad.

Se emplearon probetas realizadas con un mismo tipo de tierra, utilizando como variables dos estabilizantes de distinto origen, dosificaciones, cantidad de agua y procedimiento de aplicación. Por cada estabilizante utilizado se realizó una mezcla y se variaron las proporciones, teniendo así cinco mezclas diferentes que se aplicaron sobre tres superficies diferentes para posteriormente evaluar su eficacia y su posible impacto en la trabajabilidad, comportamiento, viabilidad, compatibilidad y respuesta de aplicación en superficies tanto de tierra, como fábricas de ladrillo cocido o bloques de cemento.

Como se mencionó en el trabajo presentado

en el SIACOT-2018⁵, la tierra que se utilizó para esta investigación fue tomada de la zona de Tepecoacuilco, Guerrero, al sur de la República Mexicana. De acuerdo con los datos del laboratorio de mecánica de suelos, los resultados mostraron que el 83% de las partículas finas de este material pasaron por el tamiz No. 200 a las que se les determinó un límite líquido de 64.3 y un límite plástico de 26.3 teniendo como resultado un índice de plasticidad de 38. Gracias a estos datos se concluyó que se trata de una "Arcilla, limo arenosa café claro", correspondiente al tipo "CH", según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)⁶. La elección de un material tan plástico se realizó con la intención de poder compensarlo a partir del agregado de volúmenes conocidos de arena para los ensayos futuros.

Debido a la elevada plasticidad de esta tierra se le agregó una proporción de 1.5 en volumen de arena para su compensación y de este modo tener un material que pudiera cumplir con los requerimientos de adherencia y resistencia necesarios para los estudios.

Después de elegir la proporción adecuada de arena que ayuda a equilibrar la granulometría, se procedió a experimentar la incorporación de materiales que generen una mezcla resistente a factores físicos y mecánicos, ya que el uso de arena no es suficiente para afrontar estas condicionantes. Es sabido que en muchos procesos de estabilización tradicional se emplean tierras arcillosas porque se adhieren bien a los sustratos, pero para controlar su retracción se compensan con arena. Entonces los resultados son parcialmente adecuados porque, si bien se mantiene la porosidad que garantiza el intercambio de aire y vapor de agua, disminuye su durabilidad al perderse densidad cohesión interna.⁷

Por ello se dio paso a la incorporación de dos sustancias estabilizantes que permitieran desarrollar las diferentes mezclas con las que se harían los ensayos posteriores. Estos estabilizantes fueron: mucílago de *Opuntia Ficus Índica* e hidróxido de calcio en polvo.

3. Mezclas, variables y elaboración de muestras

Parte de las actividades de investigación se realizaron en el Laboratorio de Materiales Tradicionales de la Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía

(ENCRyM-INAH) mientras que el resto de los ensayos se desarrollaron en Chalco, Estado de México.

Debido a que no hay una normatividad específica para los recubrimientos de tierra se tomaron como referente técnico los lineamientos de las normas de cementos y pastas. Las pruebas que determinan la consistencia de la mezcla se desarrollaron bajo la norma oficial mexicana NMX-C-057-ONNCCE⁸ y la ASTM C-305-99.⁹

Para definir el tiempo de fraguado inicial y final se utilizó como referencia la norma oficial mexicana NMX-C-059-ONNCCE¹⁰ y la ASTM C-807-03.¹¹ Para establecer la cantidad de arena como agregado para compensar la mezcla se utilizó la norma ASTM C-778-002.¹² Para determinar el mezclado se utilizó la norma ASTM-C-595,¹³ y para comparar la retención de agua se usó como referencia la norma ASTM C-1535-04.¹⁴

Para las pruebas de penetración de agua mediante el tubo de Karsten se empleó una adaptación de las normas, DIN 4117¹⁵ y DIN1048¹⁶, debido a que no existe un estándar nacional al respecto y porque se trataba simplemente de contar con un referente comparativo a falta de estándares mexicanos.

La solución de mucílago-agua se formó a través de una prueba de campo para determinar la viscosidad a partir de agregar 50 ml del concentrado en 5 litros de agua (“solución al 1%), dejando reposar la solución por un periodo de 48 horas. Para el caso del hidróxido de calcio como estabilizante, a la proporción tierra:arena se le agregó el 10 % de este componente para realizar las muestras. El hidrante utilizado para la elaboración de muestras y evaluación de éstas fue agua potabilizada.

Se elaboraron cuatro mezclas con diferentes dosificaciones, teniendo como referente principal una mezcla de tierra natural sin compensar. Se realizaron dos tipos de probetas, las primeras se hicieron sobre un molde cuadrado de aglomerado de madera con un espesor de 5mm y con un área de 100 x 100 mm, a las que se nombró “probetas de tableta”. Las segundas muestras se llamaron “probetas de revoque” y fueron colocadas sobre las diferentes superficies (que con anterioridad se mencionan) con un espesor de 4 mm. En la tabla 2 se muestran las mezclas que se reali-

Mezcla	Componentes
1	Tierra + agua
2	Tierra + arena + agua
3	Tierra + arena+ agua + mucílago
4	Tierra + arena + agua + cal (10%)
5	Tierra + arena + agua + mucílago + cal (10%)

Tabla 1. Mezclas utilizadas para la elaboración de probetas

zaron y sus variantes.

4. Ensayo de absorción y liberación de humedad

El ensayo de penetración de agua se realizó adaptando la norma DIN 1048, para precisar la cantidad de agua que ingresa, por tiempo y unidad de la superficie de cada muestra. El instrumento para realizar los ensayos fue un tubo de Karsten, que consiste en una cúpula metálica de 30 mm de diámetro unida con un tubo de cristal calibrado con graduación. Se sella la unión del tubo y la superficie de contacto con una masilla impermeable para evitar fugas y concentrar el flujo del agua. “Con este arreglo la columna de agua ejerce una presión en la superficie de 961,38 Pa. Esta presión corresponde a una acción de gotas de lluvia golpeando a la pared con una velocidad del viento estática de 140 km/h perpendicular a la superficie”.¹⁷

El ensayo consistió en cronometrar la absorción de agua en cada probeta durante un lapso de 4 minutos, los mililitros absorbidos son observados en la graduación del tubo, pasado este tiempo el mismo es retirado e inmediatamente la probeta pasa a ser pesada para conocer la cantidad de agua contenida en su masa mediante el incremento de su peso en gramos siendo equivalencia a los mililitros absorbidos, este procedimiento se repite en cada una de las 5 probetas con dimensiones de 100 x 100 x 5mm (figura 3).

En primera instancia se puede observar que las probetas 4 y 5 que contienen hidróxido de calcio dan una mejor respuesta al contacto

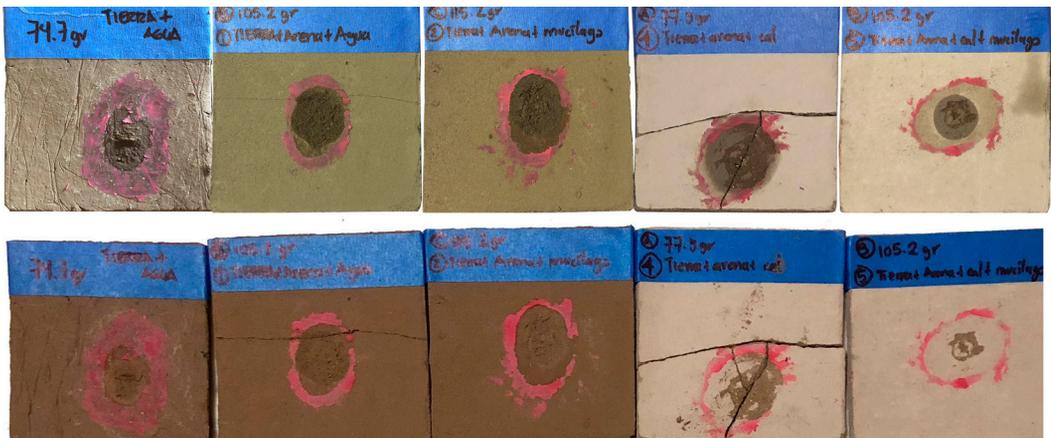


Figura 1. Parte superior. Ensayo de Absorción: Mezclas 1 a la 5, donde se observa el área de contacto de la probeta con la boca del tubo después de ser retirado, el desgaste del material y la evidencia del flujo de agua.¹⁸ Parte inferior. Ensayo de liberación de Humedad: Mezclas 1 a la 5, donde se observan las probetas después de haber liberado el agua contenida. Fuente: Blas A. Tepale

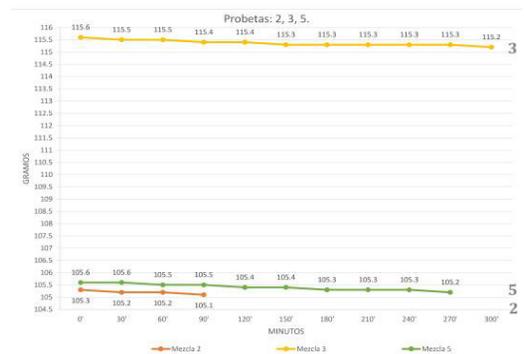
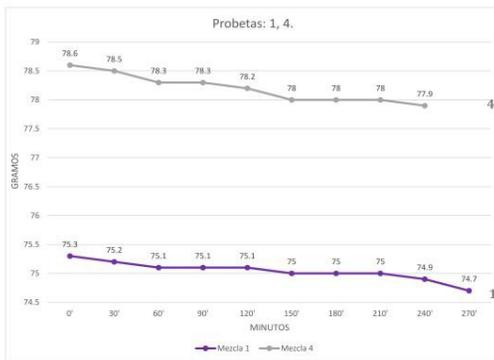


Figura 2. Gráficas que muestran el comportamiento de las probetas incrementando su peso por la cantidad de agua absorbida en un lapso de 4 minutos.

con el agua por lo que la erosión es mínima, caso contrario a las probetas 1, 2, y 3 que carecen de cal las cuales presentan una mayor erosión, con esto se tiene como primer indicio que la cal mejora las características de la tierra al contacto con el agua, sin embargo, esta premisa será comprobada más adelante con las “probetas de revoque”.

Con este ensayo se obtiene la información necesaria para graficar y analizar el comportamiento de cada mezcla, con cual sé observo que la presencia de cal incrementa la absorción de agua, al igual que la probeta de tierra en estado natural (mezcla 1) que se tienen como referente primario, sin embargo, la presencia de mucilago en la mezcla reduce notablemente la absorción (figura 4). Si se tiene

como parámetro la probeta 1, de acuerdo con el incremento de peso podemos agrupar las mezclas en; las que mayor cantidad de agua absorben: 4 y 1, las que medianamente absorben: 3 y 5 y la que menos absorbe: 2. (tabla 4).

Respecto a este ensayo el mejor comportamiento lo presentan las probetas que contienen el mucilago y mucilago en combinación con cal (mezclas 3 y 5), es decir, no absorben la mayor cantidad de agua lo que es importante para mantener la estabilidad de los elementos, ni tampoco absorben la mínima cantidad de agua ya que como se ha dicho, no se pretende lograr recubrimientos impermeables.

De manera lógica la probeta de tierra en esta-

Núm. de Mezcla	Peso inicial en gramos	Peso final en gramos	Incremento en gramos
1	74.2	75.3	6
2	105.1	105.3	2
3	115.2	115.6	4
4	77.9	78.6	7
5	105.2	105.6	4

Tabla 2. Incremento en gramos a partir de las probetas en estado seco y posterior a la aplicación de agua con tubo Karsten.

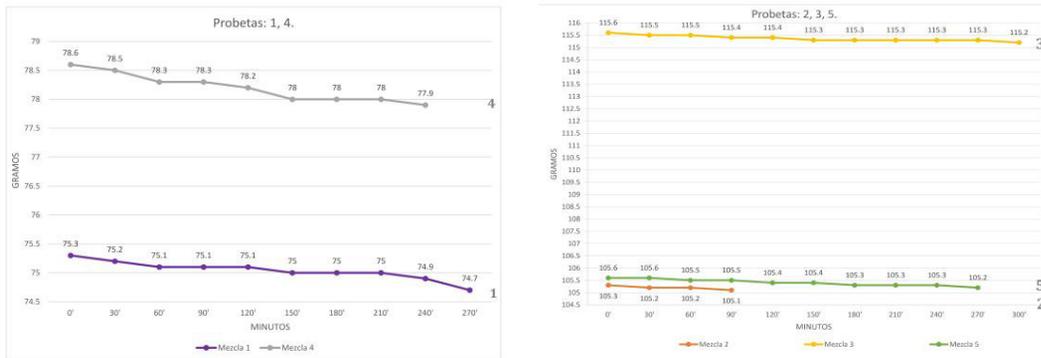


Figura 3. Liberación de humedad. Gráficas que muestran la pérdida de peso en gramos equivalente al agua contenida (por el ensayo de absorción) hasta llegar al peso inicial que corresponde a la probeta en estado seco.

do natural, dado a su alto contenido de arcilla y al no estar estabilizada, fue una de las muestras que mayor cantidad de agua absorbió, por consecuencia la estabilización se vuelve necesaria para lograr recubrimientos resistentes e higroscópicos. Como complemento al ensayo de absorción se plantea el ensayo de liberación de humedad que se vuelve parte fundamental en el análisis, ya que nos ayuda a conocer el comportamiento de las mezclas al liberar paulatinamente el agua absorbida previamente hasta llegar al estado inicial, es decir; hasta que la mezcla se encuentre seca totalmente.

Cabe aclarar que para que ambos ensayos arrojaran resultados confiables, el área de trabajo debió tener condiciones controladas, teniendo así 25 °C con una humedad relativa del 66% sin presencia de viento. El ensayo consiste en pesar cada probeta inmediatamente terminado el ensayo de absorción, la probeta es pesada cada 30 minutos hasta que

esta llegue a su peso inicial, por lo tanto, el peso se mantendrá constante indicando que la probeta ha liberado el agua contenida.

De acuerdo con la información obtenida, habiendo terminado de monitorear el secado progresivo de cada mezcla, se genera la gráfica con tendencia decreciente (figura 5) contraria a la obtenida en el ensayo anterior, esta gráfica nos permite conocer y comparar el comportamiento y la variación de tiempo entre el secado de cada probeta, la línea de tendencia de la misma forma nos indica si la liberación de humedad se da de manera constante o intermitente.

Con esto se obtiene que el rango de tiempo entre el secado más rápido y el más lento va de los 90 minutos hasta los 300 minutos, lo que nos permite agrupar las muestras en; las que liberan más rápido la humedad: probeta 2, medianamente: probetas 1, 4 y 5, y lentamente: probeta 3 (tabla 5). Resulta importante

Núm. de Mezcla	Peso inicial en gramos	Peso final en gramos	Tiempo en secar (minutos)
1	75.3	74.2	270
2	105.3	105.1	90
3	115.6	115.2	300
4	78.6	77.9	240
5	105.6	105.2	270

Tabla 3. Liberación de humedad. Minutos que toma cada probeta en liberar el agua absorbida y llegar a su peso inicial en estado seco.

destacar que el mucilago retiene más tiempo la humedad, pero con la presencia de cal se mejora su comportamiento acelerando ligeramente la liberación de agua y a su vez generando una mezcla muy estable.

La liberación más rápida se da con la probeta 2 que solo es estabilizada con arena, que previamente sería la que menor cantidad de agua absorbió lo que nos daría un recubrimiento con un comportamiento higroscópico inestable sumándole que al contacto con el agua no es resistente. La liberación más lenta la presenta la mezcla 3 que es estabilizada con arena y mucilago, lo que resulta inconveniente ya que al retener la humedad durante un lapso prolongado de tiempo y no ser lo suficientemente resistente al contacto con el agua pone en riesgo la estabilidad del elemento.

Finalmente se tiene que las probetas que presentan un mejor comportamiento son la 1, 4 y 5, sin embargo, se tiene el inconveniente que la mezcla 1 al no estar estabilizada es totalmente vulnerable al entrar en contacto con el agua lo que la descarta como una posibilidad para generar un recubrimiento, lo que deja con el mejor comportamiento de liberación de humedad a las probetas 4 y 5 sumándole la cualidad que al contener hidróxido de calcio su resistencia al agua es favorable.

La importancia de estos ensayos que son dependientes el uno del otro, es que ayudan a conocer qué mezclas tienen el comportamiento más adecuado al momento de absorber y liberar la humedad, lo que es fundamental para desarrollar componentes compatibles y resistentes al contacto con el agua y vapor

de agua. En este sentido la mezcla con mejor respuesta a ambos ensayos es la 5, estabilizada con arena, mucilago y cal. Posterior a esto, las mezclas deberán ser analizadas al ser expuestas al exterior en tres diferentes superficies en condiciones reales climatológicas, para posteriormente comparar resultados y exponer las que mejor comportamiento presenten.

5. Recubrimientos al exterior.

El uso de los recubrimientos en las edificaciones antiguas era común, lo que daba como resultado que la selección de materiales y su aplicación a las superficies fuera tarea bien dominada de manera práctica en la cultura constructiva, sin embargo, como se mencionó anteriormente, estas prácticas han ido desapareciendo o mermando su uso, particularmente cuando se habla de tierra. Este hecho hace necesario el empleo de métodos que nos ayuden a conocer el comportamiento de los revoques antes de ser llevados a la práctica constructiva. Si bien las diferentes mezclas han sido analizadas, en su retracción volumétrica, absorción y liberación de humedad, resulta importante conocer su trabajabilidad, adherencia y respuesta a factores climatológicos.

La aplicación de mezclas a las tres diferentes superficies nos ayuda a conocer y analizar si los recubrimientos son compatibles y qué respuestas presentan al estar en contacto a condiciones climatológicas reales como; viento, lluvia, y rayos solares. Dicho comportamiento ha sido documentado para las tres diferentes superficies, bloques de cemento, ladrillo co-

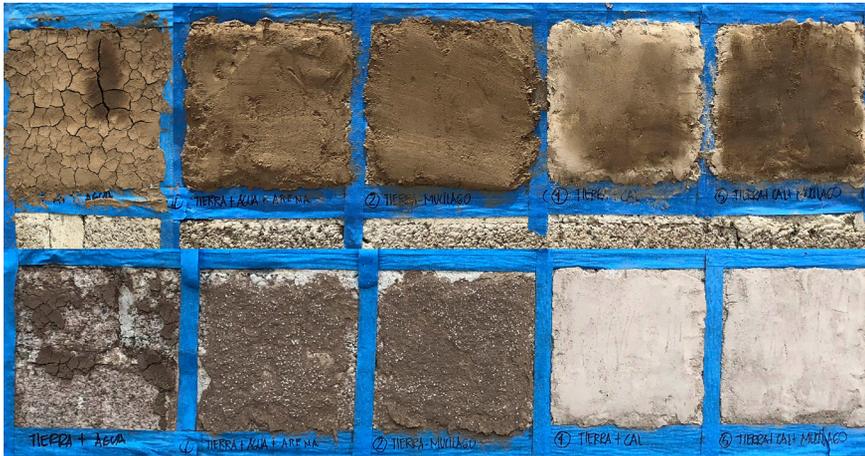


Figura 4. Probetas de revoque sobre bloques de cemento. Parte superior: se muestra el comportamiento pasadas un par de horas después de su aplicación. Parte Inferior: se muestra el comportamiento pasados 90 días después de estar sometidas al clima de verano con alto índice de lluvias. Fuente: Blas A. Tepale

cido y adobe. El procedimiento consiste en colocar cada mezcla de 150 mm x 150 mm x 4 mm sobre la superficie con una llana metálica, cada área deberá estar delimitada y tener la misma orientación, el monitoreo deberá ser diario con el fin de obtener la mayor información de carácter cualitativo.

Con esto en primera instancia se tiene que las probetas que presentan mejor adherencia son la mezcla 1, la tierra natural, y las probetas 4 y 5 ambas con presencia de cal y cal con mucílago respectivamente, seguidas de una adherencia menor las mezclas 2 y 3. Es decir, que la presencia de la cal le brinda una mejor adherencia a la mezcla. Resulta importante aclarar que la mezcla 1 al ser una tierra altamente arcillosa presenta una mayor adherencia, sin embargo, por la gran cantidad de arcilla que constituye a esta tierra, su agrietamiento en las tres superficies es casi inmediato, al ser aplicado basta esperar al menos diez minutos para comenzar a notar la presencia de fisuras, y pasadas al menos 24 horas para observar el desprendimiento de las secciones aplicadas a la superficie.

La mejor maleabilidad y trabajabilidad la presentan las mezclas 3, 4 y 5, la primera conteniendo mucílago, la segunda conteniendo cal y la última en combinación de cal y mucílago, el material es bastante trabajable, no se adhiere a las herramientas metálicas y se aplica fácilmente a la superficie, se puede decir que el mucílago le otorga una mejor manipulación al material gracias a su viscosidad. Las

mezclas más difíciles de manipular son la 1 y 2, por un lado, la tierra sin estabilizar tiene una excelente adherencia a la superficie, sin embargo, se vuelve muy pegajosa a las herramientas metálicas por lo tanto la manipulación se vuelve complicada. Mientras tanto, la mezcla 2 que contiene solo arena se vuelve vulnerable a la manipulación, es decir, “suelta” por la limitada adherencia que presenta.

La superficie de bloque de cemento tiene la particularidad que al ser más rugosa y porosa que las otras dos superficies, la mezcla se adhiere de mejor manera, pasados 90 días correspondientes a los meses de junio a agosto, las muestras que presentan una respuesta favorable a la lluvia, cambios de temperatura, viento, rayos de sol y sin mostrar fisuras son las mezclas 4 y 5, por su parte las mezclas 2 y 3, han sido bastante erosionadas perdiendo aproximadamente un 30% del material total, el peor comportamiento lo presenta la mezcla 1 que ha sido severamente erosionada y fisurada desde el primer par de días, y actualmente se ha desprendido más del 90 % del material (figura 6).

La superficie de adobe por su parte generó un secado más rápido, absorbiendo parte del agua contenida en las mezclas, una vez aplicadas apenas pasados uno pasados 30 minutos la mezcla 1 ya presenta un severo agrietamiento, incluso desprendiéndose parte de la superficie. Pasados 90 días, las probetas 4 y 5 presentan el mejor comportamiento ante los factores climatológicos, pues estas



Figura 5. Probetas de revoque sobre adobes. Parte superior: se muestra el comportamiento pasadas un par de horas después de su aplicación. Parte Inferior: se muestra el comportamiento pasados 90 días después de estar sometidas al clima de verano con alto índice de lluvias. Fuente: Esmeralda Avila.

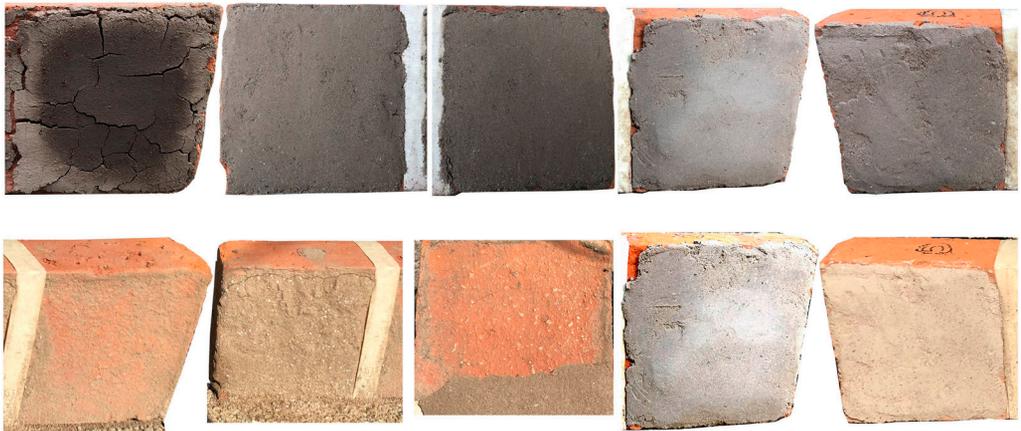


Figura 6. Probetas de revoque sobre ladrillo. Parte superior: se muestra el comportamiento pasadas un par de horas después de su aplicación. Parte Inferior: se muestra el comportamiento pasados 90 días después de estar sometidas al clima de verano con alto índice de lluvias. Fuente: Esmeralda Avila.

no presentaron pérdida de material ni fisuras, por su parte las probetas 2 y 3 han presentado una severa erosión llegando a perder más del 50% del material (figura 7).

La superficie de ladrillo cocido presento ligeros problemas de adherencia, ya que su porosidad es menor respecto a las dos anteriores, como resultado, el secado se dio más lento, sin embargo, pasadas un par de horas el agrietamiento en la probeta 1 era bastante notorio y al menos 48 horas después de la aplicación la mezcla ya presentaba desprendimiento de al menos 80% del material, pasados 90 días, las probetas que presentan la mejor respuesta a la lluvia, cambios de temperatura, vien-

to, rayos de sol y sin mostrar fisuras son las mezclas 4 y 5, ambas no presentan signos de erosión ni perdida de material, por su parte la mezcla 3 ha presentado una erosión considerable desprendiéndose de la superficie al menos en un 80%, la mezcla 2 se ha erosionado al menos 2 mm perdiendo aproximadamente un 50% del material y la mezcla 1 ha sido desprendida en casi un 100% (figura 8).

Como resultado y en complemento a los ensayos anteriores, se tiene que la mejor mezcla es la 5 (tierra: arena: mucilago: cal10%) presentando una retracción del 0%, absorbiendo y liberando el agua de manera más estable, además de presentar una adherencia y ma-

leabilidad plausible y al estar expuesta a condiciones climatológicas severas, se mantiene intacta y sin daño perceptible en las diferentes superficies. Seguida ligeramente de la probeta 4 que no presenta retracción volumétrica, es maleable y adherible, aunque absorbe más rápido el agua su estabilidad y resistencia no se ven alteradas, soportando las condiciones climatológicas a las que ha sido expuesta en las diferentes superficies.

6. Conclusiones

En la arquitectura de tierra en general y en particular para los revoques hechos con este material existen dos factores que siempre resultan preocupantes, uno es el efecto derivado de la acción del agua y el otro el efecto derivado del vapor. Por otro lado, como bien se sabe, la tierra en contacto con el agua se expande y ablanda, en cambio con la influencia del vapor ésta absorbe la humedad, pero permanece sólida manteniendo su rigidez, y sin variar su expansión es capaz de balancear la humedad del aire al interior de los espacios. Un elevado valor de absorción y liberación de humedad influye de manera determinante en el balance de la humedad de un ambiente interior.

De forma general se puede afirmar que todo material poroso, posee una humedad característica, denominada equilibrio en el contenido de humedad, la cual depende de la humedad del aire del ambiente, de forma que, a mayor cantidad de humedad, mayor será la cantidad de agua que absorberá el material, y a su vez, este libera agua si se reduce la humedad del aire. Es por esta razón que los ensayos de absorción y liberación de humedad se hicieron en un ambiente controlado, midiendo tanto la temperatura como el porcentaje de humedad del espacio.

Sin embargo, el agua es uno de los componentes más complicados de gestionar dentro de los procesos de construcción con tierra. Por una parte, su presencia es crucial para la elaboración de los sistemas constructivos porque permite activar las arcillas y por lo tanto cambiar la forma, densidad y comportamiento de la tierra. Sin embargo, se convierte por ello en la principal causa de deterioro de esta arquitectura porque en poco tiempo puede desintegrar una estructura que no ha sido adecuadamente diseñada.

Todo componente de la edificación con tierra requiere mantener un equilibrio en la cantidad de agua que contiene. Si está demasiado húmedo es muy probable que cambie su forma y resistencia, pero lo mismo puede suceder con la falta de agua. Los componentes constructivos que se resecan pierden consistencia y son fácil presa de la abrasión mecánica y la erosión.

A lo largo de la historia se han probado diferentes recursos para la protección superficial de las estructuras, las cuales se han diseñado pensando en que, si bien poseen una condición de “pieza de sacrificio” ante los posibles embates de los fenómenos climatológicos que concentran agua, deben simultáneamente contar con un nivel de resistencia tal que evite en la medida de lo posible el ingreso de la humedad en los sustratos edificados.

Esto hace que los revoques requieran tener un nivel tal de porosidad que limite en la medida de lo posible el paso directo del agua hacia el interior de la edificación pero que simultáneamente cuente con el nivel de permeabilidad necesaria para propiciar una pronta evaporación del agua que recibieron.

A partir de la ingenua lógica de la “impermeabilización total” que ha caracterizado a la edificación derivada del funcionalismo y del uso de materiales vinculados al cemento portland y a los polímeros sintéticos, se suponía que lo mejor que se podía prever para una estructura era evitar por completo el ingreso del agua.

No obstante, otro aspecto que se considera importante tomar en cuenta es la composición granulométrica, dado que es una de las características que se deben tener muy en cuenta, ya que de esta depende la influencia que ejerce en el comportamiento del material. Para el caso de esta investigación se utilizó una tierra con una composición granulométrica bastante arcillosa con el propósito de mejorarla y ver su viabilidad de aplicación como un revoque, no solo sobre superficies terreas sino también (como bien se mencionó) sobre fabricas de ladrillo o bloques de cemento.

Si bien este principio puede tener cierto nivel de éxito para algunos materiales de origen industrializado, la realidad es que el resto de los componentes constructivos de origen natural como la madera, la piedra y la tierra, requieren un intercambio constante de aire y agua

con el entorno circundante. De lo contrario su estabilidad se ve fuertemente condicionada porque una excesiva acumulación de agua los conduce a procesos de deterioro que a la larga los destruyen. La madera se pudre, la piedra se disgrega o presenta eflorescencias salinas y la tierra simplemente se desintegra.

Como se mencionó párrafos arriba los recubrimientos de los materiales porosos requieren también tener poros para controlar el ingreso del agua, pero también para propiciar su salida paulatina en forma de vapor. Los estudios que se presentan en este texto demuestran cómo el uso del mucílago de nopal en compañía del hidróxido de calcio mejora las cualidades de los revoques aplicados al exterior, no solo tiene un buen comportamiento y adherencia sobre superficies de tierra, sino que también respondió favorablemente a las superficies de ladrillo cocido y bloques de cemento.

El caso del mucílago de opuntia de manera muy particular retarda la velocidad de ingreso del agua, pero por otra conserva el potencial de evapotranspiración de los componentes constructivos. Esta cualidad se reforzó y mejoro al adicionar hidróxido de calcio a la mezcla, lo que trajo como resultado un mejor comportamiento del recubrimiento tanto en la liberación de humedad como su exposición a la intemperie. Lo que demuestra que ambos componentes son buenos y que por años han demostrado su eficacia, pero actúan de mejor manera si trabajan en conjunto.

Bibliografía

- ASTM C-1535-04 (2006). Standard practice for application of exterior insulation and finish systems class. USA: ASTM International.
- ASTM C-305-99 (1999). Standard practice for mechanical of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency. USA: ASTM International.
- ASTM C-595 (2018). Standard specification for blended hydraulic cements. USA: ASTM International.
- ASTM C-778-002 (2002). Standard specification for standard sand. USA: ASTM International.
- ASTM C-807-03 (2003). Standard test method for time of setting of hydraulic cement mortar by modified Vicat needle. USA: ASTM International.
- ÁVILA, E. y GUERRERO, L. (2018). El mucilago de Opuntia Ficus como estabilizante en recubrimientos de tierra. En Memorias del SIACOT-2018. Guatemala: PROTERRA.
- BARRIOS, E. P. (1997). Suculentas mexicanas cactáceas. México, México: CVS Publicaciones.
- DIN 1048 (1993) Pressure balance method. Germany: DIN.
- DIN 4117 (1960-11). Damp-proofing of buildings against ground moisture. Germany: DIN.
- CASTILLA, F.J. Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. Informes de la construcción. Vol. 63. Universidad de Castilla la Mancha, España, 2011. 143-152.
- GARZÓN, L. E.; NEVES, C. M. M. (2007). Investigar, forma, capacitar, transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra. APUNTES, Vol. 20, No.2, 324-335.
- GUERRERO, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes 20 (2), 182-201, Bogotá.
- GUERRERO, L. F. (2014). La sostenibilidad de la vivienda tradicional. Revista de Arquitectura, Universidad Católica de Colombia, Colombia, 126-133.

GUERRERO, L. F. (2016). El papel de la humedad y la compactación en la elaboración de recubrimientos de tierra. *Construcción con tierra CT7*, junio, 11-22.

GUERRERO, L. F.; Soria, J; García, B. "La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra". En: *Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009*.

HOLLIS, H. B. (2002). Pencas de antaño. *Revista Artes de México*, 8-16.

JUÁREZ, E. (2017). *Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa.

NMX-C-057-ONNCCE (2015). *Industria de la construcción –cementantes hidráulicos-determinación de la consistencia normal*. México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.

NMX-C-059-ONNCCE (2017). *Determinación del tiempo de fraguado para cementantes hidráulicos (método de Vicat)*. México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.

NORIEGA, M. N. (2015). Los nopales de México, catálogo visual. *Revista Arqueología Mexicana*, 48-53.

PÉREZ, N.; ORTIZ, S. y BUCIO, L. (2017). Estudio de la absorción y transporte de agua en adobes prehispánicos con fines de conservación. Poster presentado en el XIV Congreso Internacional de Arquitectura de tierra, tradición e innovación. Ciudad de México.

SORIA, L, J; GUERRERO, L; GARCÍA, A. (2015). Técnicas de bajo impacto para la conservación y reutilización de la arquitectura patrimonial de tierra. En Jové, F. y Sáinz, J. L. *Construcción con tierra. Investigación y documentación*. Universidad de Valladolid, Valladolid. 137-148.

TORRES, P. (2015). La baba y el mucílago de nopal, una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra. *revista interdisciplinaria INAH*, No. 99, 93-114. Universidad de Valladolid. 2010. P. 177-186.

WEISSMAN, A. (2008). *Using natural finishes: Lime & earth based plasters, renders & paints*. United Kingdom: Green books.

Citas y notas

- ¹ F, J. Castilla Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. Informes de la construcción. Vol. 63. Universidad de Castilla la Mancha, España, 2011. 143-152.
- ² Weissman, A. (2008). Using natural finishes: Lime & earth based plasters, renders & paints. United Kingdom: Green books.
- ³ Noriega, M. N. (2015). Los nopales de México, catálogo visual. Revista Arqueología Mexicana, 48-53.
- ⁴ Guerrero, L. F; Soria, J; García, B. "La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra". En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009. Universidad de Valladolid. 2010. P. 177-186.
- ⁵ Ávila, E. y Guerrero L. (2018). El mucílago de Opuntia Ficus como estabilizante en recubrimientos de tierra. En Memorias del SIACOT-2018. Guatemala: PROTERRA.
- ⁶ Juárez, E. (2017). Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos. México: Limusa.
- ⁷ Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes 20 (2), 182-201, Bogotá.
- ⁸ NMX-C-057-ONNCCE (2015). Industria de la construcción –cementantes hidráulicos-determinación de la consistencia normal. México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- ⁹ ASTM C-305-99 (1999). Standard practice for mechanical of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency. USA: ASTM International.
- ¹⁰ NMX-C-059-ONNCCE (2017). Determinación del tiempo de fraguado para cementantes hidráulicos (método de Vicat). México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C
- ¹¹ ASTM C-807-03 (2003). Standard test method for time of setting of hydraulic cement mortar by modified Vicat needle. USA: ASTM International.
- ¹² ASTM C-778-002 (2002). Standard specification for standard sand. USA: ASTM International.
- ¹³ ASTM C-595 (2018). Standard specification for blended hydraulic cements. USA: ASTM International
- ¹⁴ ASTM C-1535-04 (2006). Standard practice for application of exterior insulation and finish systems class. USA: ASTM International
- ¹⁵ DIN 4117 (1960-11). Damp-proofing of buildings against ground moisture. Germany: DIN.
- ¹⁶ DIN 1048 (1993) Pressure balance method. Germany: DIN.
- ¹⁷ Pérez, N. Ortiz, S. Bucio, L. (2017). Estudio de la absorción y transporte de agua en adobes prehispánicos con fines de conservación. Poster presentado en el XIV Congreso Internacional de Arquitectura de tierra, tradición e innovación. Ciudad de México.
- ¹⁸ Las grietas observadas en las probetas se presentaron por la manipulación después de retirado el tubo Karsten, por lo que el ensayo no se vio afectado, de igual manera no existió pérdida de material posteriormente.

RESTAURACIÓN INTEGRAL QUINTA TERESA CÚCUTA COLOMBIA, INTEGRACIÓN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE ORIGEN MULTICULTURAL EN EL SIGLO XIX

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

María Teresa Vela Vicini. Arquitecta, Docente de cátedra Patrimonio

Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

PALABRAS CLAVE: Bahareque, Barro, Cal.

1. Introducción

La Quinta Teresa, construcción del siglo XIX, cuyo uso original fue casa comercial y vivienda del comerciante danés Cristian Andresen Moller y Teresa Briceño, forma parte de la memoria de Cúcuta, siendo necesaria su conservación como ejemplo vivo de su reconstrucción después del terremoto de 1875 y un documento significativo, dentro del contexto urbano de Cúcuta.

Se logró la recuperación del bien histórico redescubriendo el hito urbano al resaltar sus inigualables valores arquitectónicos y estéticos

que permanecieron ocultos durante más de una década. El objetivo primordial fue la total fidelidad a su conformación inicial rescatando los elementos deteriorados con la consolidación y reposición de las diversas partes conforme a sus características de diseño original, su proporción geométrica y metodología constructiva.

Caracteriza su rescate el respeto de su excepcional fisonomía y valiosísima calidad técnica inicial complementando su sistema portante con tecnologías actuales que garantizan su



Figura 1. Fachada de la Quinta Teresa de Cúcuta, construida a finales del siglo XIX. Fuente: Colección Cámara de Comercio de Cúcuta

estabilidad estructural.

El reforzamiento se dio en correcta armonía con técnicas tradicionales de origen multicultural (Bahareque, tejas, ladrillos y cuartones de arcilla cocida, pañetes y tortas en cal y arenilla, pisos mármol y baldosas de cemento multicolor, estructuras de madera y reforzamiento diagonales de hierro y dados y pantallas de concreto), integrándose al sistema original sin anularlo y minimizando en conjunto su frágil vulnerabilidad.

La propuesta contemporánea nace con la creación de nuevas plazoletas para uso exterior, conformación de zonas verdes, reinterpretación de las fuentes originales perdidas y valoración de sus fachadas recuperadas con sus terrazas y escalinatas, la reja original en hierro fundido y el árbol centenario conservado, siempre respondiendo a las necesidades de accesibilidad, mobiliario, iluminación y drenajes. Incorporación de nuevos servicios complementarios y tecnología de última generación para renacer como centro cultural.

2. Antecedentes históricos y evolución cronológica de la edificación.

En la manzana ubicada entre las avenidas 3 y 4 entre calles 15 y 16 de Cúcuta, en el Departamento Norte de Santander se encuentra la Quinta Teresa de Cúcuta construida a finales del siglo XIX en terrenos estratégicamente ubicados frente a la avenida cuarta, entrada original a la ciudad y donde se levantaron posteriormente las líneas del tranvía en el casco

urbano, el ferrocarril internacional, por el río Catatumbo lacustre llegado al puerto de Maracaibo en Venezuela permitiendo el comercio de importación y exportación, pasajeros y carga de Cúcuta y Bucaramanga no solo con el país vecino sino por vía marítima con Europa y Estados Unidos.

La Quinta Teresa de Cúcuta, construida por el General e Ingeniero Domingo Díaz en el año 1.893 es una de las casonas más valiosas tanto de la región como del país por sus innumerables valores históricos, estéticos y simbólicos que la acreditaron como Monumento Nacional en el año 1.996.

La Quinta Teresa es un ejemplo vivo de los esfuerzos realizados por sus sobrevivientes llamados “La generación del terremoto” después de ser la ciudad totalmente destruida el 18 de mayo de 1.875 y quienes la reconstruyeron sobre un nuevo trazo urbano en un ejemplo de prosperidad y belleza con ayuda de colonias de extranjeros que llegaron no solo de Venezuela sino de varios países europeos como Alemania, Dinamarca, Francia, Italia y que se destacó en su momento como una de las ciudades más modernas de Colombia.

La Quinta Teresa fue construida por el comerciante danés-alemán Cristian Andresen Möller y su esposa cucuteña Teresa Briceño, benefactora de Cúcuta quien hizo realidad la construcción y la manutención en sus primeros años del Asilo Andresen para niños huérfanos y permitió que fuera sede del colegio Sagrado Corazón de Jesús, colegio departamental de varones, dirigido por los Hermanos de las Escuelas Cristianas desde el año 1.927, profesores de gran calidad y donde se formaron importantes personalidades de nuestro país destacadas en diversas disciplinas como fueron entre muchos otros el expresidente de Colombia el ingeniero Virgilio Barco Vargas y el maestro escultor Eduardo Ramírez Villamizar, uno de los artistas colombianos reconocido a nivel mundial.

La casona Quinta Teresa que servía como oficinas de la dirección del colegio y auditorio fue desocupada antes del año 2006 por presentar peligro para la comunidad estudiantil debido a su avanzado estado de deterioro. La edificación requería adelantar su restauración para corregir su grave deterioro y evitar su inminente desaparición debido al paso del tiempo, la falta de mantenimiento y las intervenciones



Figura 2. Vista exterior de la Quinta Teresa de Cúcuta después de su restauración en el año 2014. Fotografía: Diego Camacho Niño.

no afortunadas que alteraron su integridad,

Se adelantaron de los años 2002 a 2005 los primeros trabajos recuperación parcial de la cubierta norte con recursos de la alcaldía del Municipio de San José de Cúcuta y algunas obras de primeros auxilios por parte de la gobernación del Departamento Norte de Santander y estuvo desocupada hasta el año 2012 cuando reiniciaron las obras de restauración.

3. Sistemas constructivos de origen multicultural en el siglo XIX

No solo la Quinta Teresa tiene los grandes valores de representatividad histórica y temporal descritos anteriormente sino conserva también sus grandes valores técnicos, formales arquitectónicos y estéticos.

Los materiales utilizados en la construcción del inmueble denominado Quinta Teresa tienen diferentes orígenes según la época y el lugar geográfico donde fueron utilizados inicialmente y que son integrados en el edificio Quinta Teresa construido a finales del siglo XIX proponiendo un nuevo sistema constructivo adelantado en época de pre modernidad.

La restauración del siglo XXI aportó las nuevas tecnologías de última generación logrando el reforzamiento estructural y el renacimiento de sus componentes constructivos originales.

Arquitectura Indígena: Barro, tierra, piedra, paja y maderas.

Arquitectura Colonial: tierra, arcilla, teja de barro, caña, ladrillo cartón, vidrio, piedras y cales.

Arquitectura del Siglo XIX: vidrio, piedra, madera y ladrillo cuartón

Arquitectura Republicana: mármoles, yesos, vidrio, piedras, molduras metálicas y de madera, cerámicas, baldosín de cemento multicolor

De la lectura del edificio, del análisis, deducciones, documentos, fotografías antiguas y de la información obtenida de las exploraciones arquitectónicas se obtuvo claridad en cuanto a la conformación de la Quinta Teresa en sus orígenes y las diversas intervenciones, alteraciones, adiciones y/o modificaciones que sufría el inmueble.

A continuación se presenta la descripción de los componentes y sistemas constructivos que conforman la edificación y el estado de conservación cuando se realizaron los estudios preliminares y apartes del tratamiento de sus componentes constructivos adelantados en el proyecto de restauración en el año 2006.

3.1 Sistema estructural

Cimentación: Piedra de río, mortero de cal y arenilla, Ladrillo de arcilla cocido. La parte interna de la casona está construida sobre un relleno de aproximadamente un metro de altura con relación al terreno natural. El cimiento externo está conformado por un cimiento ciclópeo (piedra de río y mortero de cal) de 1,10 metros de profundidad a partir del terreno natural y 50 centímetros de ancho, sobre este cimiento aparece un sobre cimiento construido en ladrillo de obra y mortero de cal de 1 metro de altura y 50 centímetros de ancho. El sistema de cimientos se encontró en buen estado de conservación a pesar que se detectaron humedades provenientes del sistema de alimentación de agua potable. El hecho de que la construcción esté sobre un relleno de aproximadamente un metro hace que la humedad no afecte en forma importante los cimientos.

Mampostería: Muros de ladrillo y muros de bahareque (base dado en ladrillo cocido, madera, caña, piedras, cal y arena amarilla)

Muros de Bahareque: Los muros internos están formados por una serie de columnas

de madera labrada de 18x18 centímetros de sección, cinco metros de altura localizados en planta a distancias que varían desde un metro hasta 1,50 metros para hacerlos coincidir con los batientes de las puertas y ventanas. Por ambos lados de las columnas aparece un esterillado de caña adosado a la madera mediante suncho y clavos. Sobre la caña el mortero de arena amarilla y cal completa un muro de bahareque de 27 centímetros de espesor. Las columnas están encajadas dentro del sobre cimiento a nivel de piso fino a manera de apoyo articulado. En el nivel superior las columnas están encajadas (espigo en la columna y caja en la solera) a las soleras formando una unión resistente a carga axial y flexión.

Se pudo constatar la presencia de elementos de madera similares a las columnas colocados en diagonal entre dos columnas de madera, internamente en los muros, lo que da al muro de bahareque un magnífico comportamiento a cargas horizontales muy necesario en este tipo de construcción especialmente en la ciudad de San José de Cúcuta que para la época estaba bajo la amenaza de un reciente terremoto que devastó la ciudad y que la obligo a reemplazar las construcciones de tapia pisada y muros de adobe por los muros de bahareque.

Los muretes de madera, caña y pañete presentaban un deterioro evidente que se detalló en el estudio de sanidad de las maderas debido a que presentaban deterioro no solo por la deshidratación del mortero sino por la presencia de termitas. La parte inferior de las columnas de madera se encontraron en mal estado de conservación.

Muros de ladrillo: Los muros externos están compuestos por muros de bahareque como los descritos en el numeral anterior, de 23 centímetros de espesor y adosado a él por la parte externa, un muro de ladrillo de obra de doble espesor para completar un ancho de 47 centímetros.

Los muros externos en ladrillo de obra se encontraron en un estado tal que requirieron la restauración del pañete y de las brechas, ya que el mortero de cal presentaba deterioro por degradación de la mezcla.

Estructura de madera y cubierta: Vigas y maderas rollizas de madera, pilares de madera, caña, teja de barro, torta de cal y arenilla,

elementos de conexión en hierro, pilares de madera.

Su original sistema constructivo reforzado con alta calidad técnica para evitar una caída de la casona, seguramente por temor a otro terremoto, con estructura integral de madera, dentro de sus muros de bahareque y base de sus cubiertas de teja de barro, todos integrados desde sus cimientos hasta sus cubiertas y muros dobles con su extremo exterior de ladrillo, sus pisos elevados para evitar la humedad que afectaría los elementos de madera, material esencial con el que fue construida.

La cubierta construida en madera y teja de barro apoyada sobre esterillado de caña forma un tejado a dos aguas formando cuatro cuerpos sobre una planta cuadrada con un patio descubierto central. La estructura de cubierta está formada por cerchas de madera rolliza distanciadas una de la otra aproximadamente 1,80 metros apoyadas sobre una solera doble y correas de madera (siete por cada lado) de 12 centímetros de diámetro que sostienen la caña y la teja.

Se consideró que aproximadamente el 60% de la madera utilizada en las cerchas se encontraba en buen estado de conservación y el estudio de sanidad de las maderas estableció cuales deben cambiarse y cuales se debieron reforzar, sin embargo algunas cerchas presentaban deterioro localizado y falta de algunos elementos especialmente en las esquinas de la edificación. Las correas y la caña estaban en mal estado de conservación. Las tejas de barro en buen estado y se recuperaron, sin embargo se tuvieron que reemplazar las que estaban quebradas o perdidas.

La estructura y la cubierta original del patio central fueron alteradas con el desmonte de los pilares de madera, las vigas de madera y caña que la conformaban y la construcción de columnas de ladrillo a la vista y vigas de concreto y una estructura de madera cubierta en teja de zinc para cubrir el patio central debido a nuevos requerimientos espaciales. La teja de barro fue reemplazada por tejas de asbesto-cemento y tejas de zinc.

3.2 Fachadas

Puertas, ventanas, rejas y barandas de madera e hierro acabadas en pintura a color de diversos tonos, fallebas y cerraduras metálicas

con pomas de cerámica, molduras y pañetes a base de cal y arenilla, yesos, molduras metálicas y de madera, rejas en hierro forjado.

Fachadas decoradas con diseños en alto relieve, cornisas y molduras, algunas metálicas y de madera, columnas redondas de ladrillo y pórticos conformando tres terrazas cubiertas de descanso limitadas por barandas de madera hacia los jardines y con su reja metálica traída de Europa por sus propietarios, su carpintería de madera delicadamente diseñada con romanillas y contrapuestas para el clima fuerte de la ciudad y con cerraduras y maderas que aún se conservan intactos a pesar del paso del tiempo.

3.3 Espacios interiores

Pisos: Base de piso en arena y mortero de pega en cal y arenilla, pisos en baldosín de cemento multicolor y pisos en mármol con piezas de color gris y blanco, pisos en ladrillo cuartón.

Baldosín de cemento multicolor: El baldosín de cemento es también conocido como baldosa de cemento. Actualmente se fabrica un elemento hidro prensado, constituido por una cara fina, compuesta por un pigmento, cemento blanco y marmolina que difiere del color dependiendo del diseño, una capa media compuesta de cemento gris, arena y un mortero base, compuesto de cemento gris, arena y agregados.

Los pisos de baldosín de cemento multicolor originales recuperados fueron elaborados en la fábrica de cerámica del ingeniero Heinrich Polko construida en el año 1.860 en Bitterfeld, Alemania en Europa. Fueron importados a Cúcuta, Colombia e instalados en el año 1893 en los salones frontales de la Quinta Teresa. El formato 17,3x17,3 tiene un espesor de 17mm. En la parte posterior cada elemento tiene en bajo relieve estampado “ H.POLKO BITTERFELD y el escudo de la ciudad de Bitterfeld.

Los colores utilizados son de color azul, rojo, crema, gris claro y oscuro, café y amarillo.

Se conservan en perfecto estado y cada salón tiene un diseño diferente con cenefas y paños centrales multicolores y con diversas formas geométricas y florales.

Piso fatto, tablón o cuartón en arcilla cocido: El piso fatto también denominado tablón está formado por piezas de arcilla cocida permeable. Generalmente se coloca sobre un afirmado en recebo. El piso instalado fue recuperado, limpiado y reinstalado en el corredor oriental y el cuarto del depósito. Se encontraba en el patio central y la mayoría de salones posteriores de la casona. Son los elementos originales instalados en el año 1893 por su propietario Christian Andresen Moller, materiales utilizados en la época colonial – origen España.

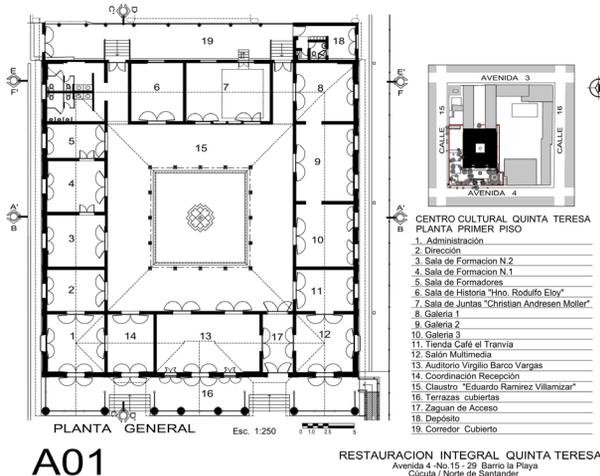
Piso en mármol: El mármol, es un producto extraído de la naturaleza, el tratamiento para lograr su belleza y su brillo, es por medio de la utilización de piedras y esmeriles especiales en ocasiones con chispas diminutas y diamantadas y sales mineralizadas.

Los pisos en mármol de carrara se conservan desde la construcción de la Quinta Teresa en el año 1893 y se asume que su origen es italiano traído por su propietario Cristian Andresen Moller, se encontraron en dos salones en sus costados oriental y occidental.

En la sala de juntas se desmontaron, cuadraron, reinstalaron en un tapete central y repulieron completando el área con cenefas perimetrales en piezas de mármol gris claro y oscuro suministradas. Finalmente se cristalizó toda la superficie. En el salón de coordinación y recepción, costado occidental frontal de la casona se cambiaron algunas piezas en mal estado y se realizó la repulida y cristalizada del piso antiguo.

4. Proyecto de Restauración Integral 2006

Teniendo en cuenta que la Quinta Teresa es un inmueble declarado Monumento Nacional (actualmente Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional) se adelantaron los estudios de acuerdo a los requisitos exigidos por el Ministerio de Cultura cuyos costos fueron asumidos por el Departamento Norte de Santander para obtener la aprobación y autorización de las obras de intervención del inmueble. El Proyecto de Restauración Integral de la Quinta Teresa en Cúcuta, Norte de Santander fue autorizado mediante resolución N°0001 del 2 de enero de 2006. Se realizaron los estudios preliminares, proyecto de restauración y estudios técnicos complementarios los cuales guiaron las obras de recuperación del inmueble.



A01

RESTAURACION INTEGRAL QUINTA TERESA
Avenida 4 - No. 15 - 29 Barro la Playa
Cúcuta / Norte de Santander

Figura 3. Plano record de las obras- Planta arquitectónica primer nivel de distribución espacial. Fuente: Obra de Restauración Integral a cargo de Segundisalvo Pardo Barreto.

Se proyectó la restauración de la Quinta Teresa del año 1.893 junto con sus espacios exteriores los cuales fueron readecuados con nuevos tratamientos de pisos, plazoletas y jardines.

Los espacios y las plazoletas son nombrados recordando momentos históricos que vivió la Quinta Teresa de Cúcuta y la región durante finales del siglo XIX principios del siglo XX como son la generación del terremoto, el tranvía y el ferrocarril y personalidades representativas que la crearon y disfrutaron de ella como son: Teresa Briceño de Andresen Moller, Christian Andresen Moller, Virgilio Barco Vargas, Eduardo Ramírez Villamizar y el Hermano Rodulfo Eloy.

5. Descripción detallada de las obras de restauración adelantadas 2012- 2014

En tres etapas se adelantaron las obras de restauración integral desde finales del año 2011 hasta su total terminación y su inauguración en el año 2015 como el Centro Cultural Quinta Teresa. Desde entonces se convierte en el Centro Cultural Quinta Teresa, hito arquitectónico y referente cultural de la ciudad administrado por la Secretaria de Cultura del Departamento Norte de Santander, prestando sus servicios para eventos y actividades culturales y sociales de la región.

La conservación y particularmente la restauración son disciplinas que requieren ser diri-

gidas por profesionales con experiencia y capacidad técnica en la especialidad y ejecutadas por artesanos conocedores de los oficios tradicionales e igualmente capacitados en las técnicas de restauración.

5.1 Obras de protección, conservación y mantenimiento

Comprenden las operaciones necesarias para evitar la degradación del bien inmueble y pueden ser correctivas o preventivas.

- Mantenimiento correctivo de molduras y ornatos originales (Columnas, frontis, arcos, cornisas, decoraciones en alto relieve de los frontones de las glorietas, decoración de los muros) es decir: Reposiciones de fragmentos o elementos faltantes y resanes menores en daños como desportilladuras o fisuras capilares causados por la acción del tiempo y/o intervenciones posteriores.
- Restauración y mantenimiento correctivo de las puertas, ventanas y barandas de madera originales que aún conserva el edificio y aplicación de pinturas protectoras de protección.
- Obras de mantenimiento preventivo de los pisos de baldosas de cemento multicolor y de mármol que se mantienen en el proyecto.
- Restauración de la carpintería metá-



Figura 4. Vista interior de la Quinta Teresa de Cúcuta después de su restauración en el año 2014 Coordinación y recepción con piso en mármol, salones de administración en baldosa de cemento multicolor y monocolor. Fotografía: Diego Camacho Niño.

lica original conservada como la reja en hierro fundido, sus farolas y sus portones ubicados hacia el andén de la calle 15 y la avenida cuarta.

- Reubicación de las veletas de las cumbres de las cubiertas.

5.2 Obras de liberación

Retiro de elementos arquitectónicos y acabados que fueron agregados posteriormente y que careciendo de mérito artístico o histórico fueron añadidos con el transcurso del tiempo y cuya presencia es motivo de daño estructural y funcional.

- Demolición de las columnas y placas de concreto reforzado del punto fijo de escaleras de los dos cuerpos de los edificios del colegio para la liberación del costado oriental de la Quinta Teresa.
- Demolición total de las cubiertas de zinc y asbesto cemento, las columnas de ladrillo a la vista, las vigas de concreto reforzado, la estructura y los cielorrasos de madera que conforman las cubiertas del patio central actual.
- Liberación de los vanos originales sellados de puertas y ventanas.
- Liberación del piso original de los corredores del patio central para recuperar su

lectura.

- Retiro de las tejas provisionales de protección en zinc y el cerramiento en zinc que aísla la casona del colegio.
- Demolición de muros y acabados posteriores-.baños, enchapes e instalaciones.
- Liberación de carpinterías originales como retiro de rejas y vidrios incorporados posteriormente.
- Liberación de pisos de baldosas de cemento unicolor para la recuperación de los niveles originales de los pisos en el patio central, el corredor posterior y los salones de los costados norte y sur.
- Demolición de acabados de pisos de los exteriores y jardineras actuales de los espacios exteriores.
- Desmonte de las cubiertas provisionales de los parqueaderos actuales.

5.3 Obras de consolidación

Son las operaciones necesarias para restablecer las condiciones originales de trabajo mecánico de la estructura con la reposición total o parcial de los componentes arquitectónicos que la conforman.

- Realización de las obras de restau-

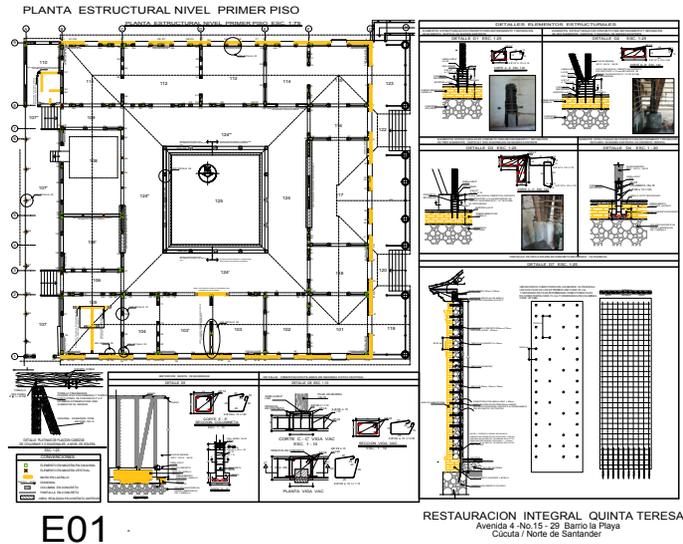


Figura 5 Plano record de las obras- Planta primer nivel- proyecto de Reforzamiento Estructural. Fuente: Obra de restauración integral a cargo de Segundisalvo Pardo Barreto.

ración y consolidación de la estructura de sostenimiento de la Quinta Teresa: cimientos, muros y cubiertas existentes que se mantienen en el proyecto de acuerdo al estudio de vulnerabilidad sísmica y proyecto de reforzamiento estructural en concordancia con el estudio fitosanitario de las maderas.

- Consolidación de la cama de caña y pañetes a base de cal de los muros de bahareque.
- Reposición total o parcial de los cielosrasos de caña que sostienen la teja de barro.
- Reposición total de la estructura de la cubierta de los corredores del claustro central con la ejecución de pilares nuevos de madera y la instalación de la cubierta con estructura de madera , cama de caña y cubierta en teja de barro impermeabilizada con manto asfáltico.

5.4 Obras de restitución

Consisten en la reposición total o parcial de un elemento arquitectónico que ha desaparecido pero existen evidencias de sus características de acuerdo a vestigios encontrados en el sitio complementados con los documentos históricos recopilados.

- Reposición total de la cama de caña,

el mortero a base de cal y desmonte, limpieza y reubicación de las tejas de barro componentes de la cubierta para devolverle su lectura original.

- Reposición de algunas puertas de madera y ventanas perdidas de acuerdo a la carpintería conservada
- Reposición de pañetes perdidos en los muros afectados por las intervenciones que ha sufrido el inmueble y que presentan deterioro avanzado.
- Reelaboración de las piezas que conformaban el piso inicial de los corredores del patio central de acuerdo a los vestigios encontrados para devolverle su lectura original.
- Restitución de algunos muros originales demolidos.

5.5 Obras de adecuación, obra nueva y equipos.

Se instalaron nuevos sistemas técnicos y adecuaciones siempre que estos no vayan en detrimento del “documento”. Las nuevas instalaciones técnicas permiten al inmueble acceder a tecnologías de última generación según las actividades y requerimientos cada uno de los espacios.



Figura 6. Vista interior claustro “Eduardo Ramírez Villamizar” después de su restauración en el año 2015. Fotografía: Arturo Cogollo



Figura 7. Fachada principal occidental acceso de la avenida 4ª a la plazoleta La Fuente en el año 2015. Fotografía: Arturo Cogollo

Se instalaron cielo rasos, sistema de aire acondicionado, instalaciones hidrosanitarias y drenajes aguas lluvias; eléctricas, iluminación y cableado estructurado, equipos de audio y video, mobiliarios, adecuación baños públicos, acceso a personas con movilidad restringida.

- Nuevos acabados y diseño de piso en las plazoletas y jardines exteriores en el patio central y en los salones interiores.
- Construcción de dos fuentes con surtidor, una en el patio central y otra frente a la fachada principal, con diseño contemporáneo recuperando la ubicación y sus trazos originales de acuerdo a las huellas encontradas.
- Se liberó parte de las construcciones del costado nor-oriental de la manzana para construir un nuevo acceso vehicular y peatonal para el colegio por la calle 15.

5. 6 Intervención pendiente por ejecutar. Recuperación punto fijo de escaleras colegio Sagrado Corazón de Jesús.

Debido a que es indispensable demoler los cuerpos de escaleras anexos a la casona Quinta Teresa para logra un aislamiento y poder recuperar los aleros y la liberación de las cubiertas del corredor oriental se propone la reubicación de las mismas en el costado ha-



Figura 8. Detalles pórtico fachada principal en el año 2015. Fotografía: Camila Cárdenas Vela.

cia la avenida tercera. De esta forma se crearía la ronda proyectada denominada “Ronda La Escuelita”

Conclusiones

La edificación Quinta Teresa construida a finales del siglo XIX integra los diferentes ma-

teriales de origen multicultural creando una nueva técnica constructiva de gran calidad técnica y tecnológica sin olvidar los valiosos aportes formales, volumétricos, estéticos y funcionales. El aporte del proyecto de restauración integral concebido en el año 2006 adelantado en sus tres etapas de construcción del año 2011 al año 2014 consiste en el renacimiento y reforzamiento de las técnicas constructivas de origen multicultural del siglo XIX y

recuperación de todos sus componentes originales con aportes en actualizaciones técnicas y propuestas contemporáneas en algunos de sus componentes.

Bibliografía

SOLANO, Guillermo. 50 años de vida nortesantandereana, Ed. Stella. Cúcuta, 1960. Colombia

GARCÍA HERREROS, Antonio. Cúcuta 250 años. Cámara de Comercio de Cúcuta. Cúcuta, 1983. Colombia.

PINZÓN, Ramiro y Hermano Rodolfo Eloy, La Quinta Teresa 1893 1993, Cámara de Comercio de Cúcuta. Cúcuta, 1993.

Bibliografía y estudios de investigación Proyecto de restauración Integral Quinta Teresa de Cúcuta.

Créditos equipo profesional

Estudios Preliminares y Proyecto de Restauración Integral. 2002- 2006 Gobernación del Departamento Norte de Santander y Alcaldía Municipio San José de Cúcuta.

VELA VICINI, María Teresa. Arquitecta restauradora. Autora del Proyecto de Restauración Integral Quinta Teresa y estudio diagnóstico. 2006.

COGOLLO, Arturo. Arquitecto. Levantamiento y Proyecto de Conservación y Restauración de cubierta. 2002.

- CARRILLO ÁLVAREZ, Gustavo. Ingeniero civil. Estudio de Vulnerabilidad Sísmica y Proyecto de Reforzamiento Estructura. 2006
- FRANCO TRIANA, José Elí, Ingeniero forestal. Estudio de Sanidad de las Maderas estructurales y no estructurales. 2006
- GAMBOA CAMARGO, Álvaro Fernando. Ingeniero Civil. Estudios Técnicos Complementarios-Instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, aire acondicionado, presupuesto general de las obras.
- CARREÑO GUTIERREZ, Lucy Esperanza. Delineante de Arquitectura. Dibujo arquitectónico planos proyecto de restauración integral. 2006
- Primeras intervenciones parciales. 2002-2013 Gobernación del Departamento Norte de Santander y Alcaldía Municipio San José de Cúcuta.*
- COGOLLO, Arturo. Arquitecto. Obras parciales de conservación y restauración cubierta cuerpo lateral norte. 2002-2005
- VELAVICINI, María Teresa. Arquitecta restauradora. Obras Prioritarias I Etapa Recuperación Quinta Teresa. 2012.
- CONSORCIO RESTAURADORES DE LA QUINTA TERESA 2013. Terminación Primera Etapa de las Obras de Recuperación de la Quinta Teresa. 2013.
- Obra de Restauración Integral Quinta Teresa de Cúcuta- 2014 Ministerio de Cultura y Gobernación del Departamento Norte de Santander*
- PARDO BARRETO, Segundisalvo. Arquitecto restaurador. Obras de Restauración Integral de la Quinta Teresa de Cúcuta y Director de obra. 2014.
- VELAVICINI, María Teresa. Arquitecta restauradora. Proyecto de Actualización y Residente Principal de Obra. 2014
- COGOLLO ARISMENDI, Francisco José. Proyecto de Actualización Reforzamiento Estructural y Asesor Estructural de Obra.2014
- ALBARRACIN MEDINA, Alberto. Ingeniero electricista. Proyecto de Actualización Instalación eléctrica, iluminación y cableado estructurado y Asesor de la obra eléctrica. 2014
- ALBARRACIN MEDINA, Jaime. Ingeniero mecánico. Proyecto de Actualización Sistema Aire Acondicionado y Asesor de la Obra de aire acondicionado.2014
- BOHÓRQUEZ MANRIQUE, Albeiro. Arquitecto. Residente auxiliar de Obra. 2014
- Interventoría de la Obra 2014*
- SUÁREZ LÓPEZ, Julián. Arquitecto Restaurador. Director de Interventoría. 2014
- DAZA COGOLLO, Enrique. Arquitecto Restaurador. Residente de Interventoría. 2014
- Supervisión de la Obra 2014*
- PAUCART OSPINA, Constanza. Arquitecta restauradora. Supervisora Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura. 2014
- SOTO CASTRO, Rubén. Arquitecto restaurador. Supervisor Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura. 2014
- BRAHIM MUÑOZ, Fernando Alberto. Arquitecto. Supervisor Secretaria de Cultura Departamento Norte de Santander.2014
- BECERRA YAÑEZ, Gerardo. Profesional Especializado. Delegado Comité de Obra. Secretaria de Cultura Departamento Norte de Santander.

APRENDER DE LA ARQUITECTURA POPULAR. LA ARQUITECTURA POPULAR COMO FORMA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

*José Luis Sainz Guerra
Alicia Sainz Esteban
Rosario del Caz Enjuto*

Universidad de Valladolid

PALABRAS CLAVE: arquitectura bioclimática, arquitectura sostenible, arquitectura tradicional

1. Introducción

La arquitectura y el urbanismo se encuentran en un proceso de reconsideración de sus postulados y buscan una fórmula que permita reducir el consumo energético y adaptarse a las nuevas circunstancias que impone el calentamiento global. La arquitectura tradicional, que fue arrumbada por la arquitectura moderna en el cuarto de los trastos viejos, empieza a verse ahora desde otra perspectiva, y especialmente en lo relativo a su enorme valor como contenedor de valiosas ideas y experiencias; como un libro abierto lleno de ejemplos en los cuales el género humano se adaptó al entorno

para poder sobrevivir sin destruir el medioambiente. De este modo, la arquitectura tradicional se ha de ver como un recurso que puede ayudarnos a comprender los principios del proyecto y mejorar la construcción sostenible en nuestro futuro. Para poner de manifiesto qué es lo que podemos aprender de la arquitectura tradicional, vamos a analizar algunos ejemplos en los cuales estudiaremos el bajo consumo de energía en su construcción, ya que estos se construyen con materiales procedentes del entorno, sin costes de transporte; utilizan fuentes de energía locales próxi-

mas al lugar de la construcción; se utilizan en la inmensa mayoría de los casos energías renovables, tanto para su construcción, como para su calentamiento y su ventilación; por último adoptan prácticas constructivas que fomentan la reutilización de materiales que provienen de residuos de la agricultura o de la propia construcción, así como el respeto por la naturaleza.

2. La arquitectura tradicional como modelo de arquitectura bioclimática.

La arquitectura tradicional es principalmente un patrimonio cultural, es cultura, es conocimiento, que se ha ido acumulando a lo largo del tiempo, conocimiento que se materializó en los edificios. Al mismo tiempo es historia, es un documento histórico, que nos ayuda a comprender el pasado de un territorio, que narra como era la vida de una población hace varios siglos, sus condiciones materiales y su actividad productiva, así como nos informa parcialmente de su vida social y familiar. Pero es también presente, en la actualidad esa arquitectura es riqueza, es utilidad, son edificios construidos, muchos de ellos pueden ser usados y frecuentemente son usados como residencia, almacén, etc.

Pero el objeto de este texto es poner de manifiesto que esa arquitectura tradicional es un modelo para la moderna arquitectura bioclimática. La arquitectura bioclimática es aquella resultado de diseños que tienen en cuenta las condiciones climáticas y los recursos que la naturaleza ofrece en un territorio. A causa de las condiciones económicas y tecnológicas de la sociedad preindustrial en comparación con la industrial, la arquitectura tradicional ofrece numerosas soluciones, que son un ejemplo de adaptación al medio y que pueden ser tomadas como guía en la actualidad para la nueva arquitectura. El objetivo es mostrar los diferentes tipos de soluciones (compositivas, constructivas, etc.) de la arquitectura tradicional y analizar su eficiencia bioclimática.

La sociedad tradicional, con una capacidad energética muy inferior a la actual, puso en práctica respuestas arquitectónicas adaptadas a la naturaleza y al clima. Así fue durante la mayor parte de la historia del género humano, pero durante un breve periodo de tiempo la humanidad alimentó la fantasía de que la energía era ilimitada y la arquitectura del cristal y el hormigón de los años 50 y 60

muestran a la perfección la insensatez del derroche. Cuando la energía sin límites se ha terminado y su consumo se muestra como peligroso para el planeta, las fórmulas de la arquitectura tradicional pueden ser un campo de inspiración y de ejemplo para la arquitectura del futuro.

3. Los mecanismos de arquitectura bioclimática que se pueden identificar en la arquitectura tradicional.

La arquitectura tradicional surge de la evolución y adaptación de una sociedad a los condicionantes sociales, económicos y naturales. Es el resultado de la experiencia de una sociedad que produce edificios y junto a ellos crea conocimiento, tecnología y diseños colectivos que se transmiten de diversas maneras de una generación a otra. Este saber se fundamenta en el sistema de prueba-error que permite satisfacer demandas sociales de cobijo adaptándose a los condicionantes naturales, mejorando las respuestas paulatinamente. Tales diseños son esencialmente sostenibles, utilizando los recursos que ofrece el entorno natural y la capacidad tecnológica de usarlos por una sociedad. De modo que la arquitectura tradicional es un concepto que abarca diferentes formas en los diferentes climas y zonas naturales y en las distintas épocas. La arquitectura tradicional es un libro abierto, una acumulación de saberes, de conocimientos, aplicables en función de las condiciones naturales e históricas del lugar donde se produjeron, que siguen siendo útiles en la actualidad¹.

Hemos identificado los siguientes mecanismos (o modos de proceder, o conductas) de la arquitectura tradicional que pueden ser aplicables en la actual arquitectura y responder adecuadamente a los desafíos a los que se enfrenta nuestra generación:

La adaptación al entorno

- Uso de materiales que son abundantes y accesibles
- Reciclado y ciclo de vida

Funcionamiento térmico

- Aislamiento térmico
- Inercia térmica

- Climatización geotérmica
- Protección y orientación

Utilización de las energías renovables

- Sistemas mecánicos de captación de energía
 - Molinos de agua
 - Molinos de viento

4. Adaptación al entorno.

La arquitectura tradicional utilizaba materiales sostenibles, abundantes, reciclables, utilizables sin (o casi sin) transformación y sin costes de transporte o con costes muy bajos de transporte. En la mayoría de los casos la extraordinaria sencillez de su tecnología lo hacía utilizable por la inmensa mayoría de los pobladores. Como regla general el material utilizado por la arquitectura tradicional tiene algunas de las siguientes características:

- 1) Se encuentra de forma abundante en un área muy próxima a la zona de la construcción y los costes de transporte son mínimos o nulos.
- 2) Es un material que no tiene uso y su extracción es sencilla.
- 3) Representa un excedente o un producto sobrante de labores agrícolas o productivas.

Uso de materiales que son abundantes y accesibles.

La arquitectura tradicional siempre emplea materiales de construcción de procedencia local; es una regla universal que la inmensa mayoría de los componentes de los edificios tradicionales provienen del entorno inmediato. Los altos costes del transporte en la sociedad tradicional permitían únicamente el transporte de una selección de materiales, como la madera y algún tipo de piedra de especial calidad y en pequeñas cantidades. Por el contrario, la arquitectura culta utilizaba materiales que requerían su transporte desde zonas lejanas, lo que se producía en la arquitectura de la iglesia o la nobleza; es decir, en una arquitectura con un fuerte contenido simbólico y de representación, cuyos dueños contaban con mayores recursos económicos. Estos edificios te-

nían efectivamente una función de representación social, que reposaba en determinados materiales de carácter excepcional, como la piedra tallada y, en consecuencia, el coste de la edificación culta superaba con creces las limitaciones de la arquitectura tradicional². Esa es la razón fundamental que justifica que la arquitectura tradicional se caracteriza por unos materiales diferentes en cada zona, que varían de forma sustancial si nos desplazamos unos pocos kilómetros. Por ejemplo, en la zona de Castilla la arquitectura tradicional de la zona centro está caracterizada por la tierra en sus diferentes presentaciones: adobe, tapial, trullados, etc. La madera, en esta zona central, tiene una presencia limitada a las estructuras horizontales (forjados y estructura de cubierta) y las carpinterías de ventanas y puertas, a causa de la falta de madera de calidad en esa zona. En las zonas montañosas el barro es sustituido por la piedra, ya que allí esta es mucho más abundante. La madera en la montaña es también de mejor calidad y tiene más presencia en la edificación, llegando a formar parte de la fachada. Inclusive, en la montaña en las zonas más altas el origen de la piedra se encuentra en las canteras de la zona, mientras que en los valles la piedra procede de los cantos rodados de los ríos, es decir, un material que no tiene propietario y puede ser utilizado sin reservas³.

Estas reglas de uso de los materiales tienen muchas singularidades. Este es el caso de los chozos de pastor, muchos de ellos construidos en piedra, que ha sido estudiado por numerosos autores en la zona central castellana. Se trata de edificaciones muy sencillas de protección para el cobijo de los pastores de ovejas, realizadas formando una falsa bóveda con piedras mampuestas, sin argamasa. La forma de la bóveda proporciona una gran estabilidad y al mismo tiempo permite la salida del humo sin necesidad de chimenea. Se utilizaba como estancia, para dormir, cocinar, hacer fuego y en general para cobijarse de las inclemencias del tiempo. A pesar de su falta de uso desde hace más de 70 años por la decadencia de la trashumancia, todavía quedan en pie numerosos ejemplares. El chozo es una edificación muy primitiva, que utiliza materiales que se encuentran en gran abundancia en el entorno, que utiliza de forma sencilla una técnica muy antigua y de gran eficacia, la bóveda, ensayada en todo el Mediterráneo desde la Antigüedad⁴.



Fig. 1. Aprisco con cubierta vegetal (centeno) en la carretera de Barahona a Alpanseque, 200 metros antes de llegar a este último, en la provincia de Soria. Fuente: Ángel Coronado, BIPE.

En algunas circunstancias podemos observar un comportamiento característico de la arquitectura tradicional, la distinción entre algunas partes especializadas de la edificación, como la cubierta o la portada, que se confiaba a especialistas, y el resto, que era realizado por mano de obra no especializada, normalmente los miembros de la familia o la misma mano de obra que se utilizaba para las labores del campo. De manera que, en el caso de los muros de piedra, por ejemplo, la conducta habitual era la realización de algunas partes como fachadas, esquinas y puertas, con el asesoramiento del que ya tenía alguna experiencia (muchas veces la participación de un profesional), mientras que el resto del muro se realizaba por mano de obra no especializada.

Cada material impone sus propias leyes. El uso de paja y otros elementos vegetales, aunque en la actualidad sea inexistente, fue muy frecuente en el pasado, por ser un material abundante. Un ejemplo del uso de la paja son los tejados vegetales del sur de la provincia de Soria. Se utilizaba preferentemente paja de centeno o trigo. Los tejados vegetales los vemos todavía para la guarda del ganado, en tipologías edificatorias de carácter auxiliar, donde se han mantenido las formas edificatorias más antiguas y el uso de los materiales más primitivo. La austeridad de estas edificaciones se basa en la utilización inteligente y eficiente de los materiales que están más a mano, que la naturaleza ofrece de forma más abundante y generosa. Sencillez, moderación, parquedad, frugalidad, ausencia de

elementos innecesarios, si bien no de forma absoluta, siendo frecuente el uso de formas arquitectónicas que tienen un papel de representación⁵.

El uso que la arquitectura tradicional hace de los materiales autóctonos permite que, con el paso del tiempo, adquieran un significado cultural más allá de su función práctica, llegando finalmente a caracterizar el territorio, identificando al grupo social con la arquitectura tradicional y adjetivando a la población.

5. Reciclado.

Los materiales que se usan en los edificios provienen en muchos casos de antiguas edificaciones que han dejado de tener uso. Se puede citar la reutilización de los materiales de las murallas, especialmente útil es la piedra para la construcción de los muros de las viviendas y otros edificios. El ejemplo de las piedras de las murallas reutilizadas en viviendas u otras edificaciones lo podemos ver en numerosos ejemplos. En primer lugar, hay que destacar que la utilización de la muralla se realizaba utilizándola como muro de la fachada principal del nuevo edificio. El ejemplo de Miranda del Castañar, Salamanca, pone de manifiesto el efecto de reciclado de la muralla por la arquitectura tradicional, una vez que la muralla dejó de tener valor defensivo. Efectivamente, en Miranda del Castañar⁶ podemos ver como muchas casas construidas en la Edad Media junto a la muralla, fueron paulatinamente apropiándose del espacio delante de la muralla, que quedó finalmente privatizado. Lo que inicialmente había sido una calle de ronda, paralela a la muralla, que posibilitaba la circulación de la ronda de vigilancia de la muralla, pasó a ser calle soportada, a causa de la construcción de una habitación pasante sobre la calle. En la actualidad la mayoría de las parcelas que dan a las calles de ronda de Miranda fueron ocupadas, cerrando la calle y apropiándose de todo el espacio. El último paso es la apropiación que se produce con el mismo muro, que es privatizado, transformado, para adaptarlo a la nueva fachada, con la apertura de nuevos huecos y la reducción de su anchura, para adaptarla a la fachada de una vivienda. Un caso extremo de reciclaje, que linda con el expolio, es la apropiación de los materiales de edificaciones que permanecen sin uso durante un largo tiempo, estamos hablando del reciclaje de los materiales de los monasterios desamortizados, que de forma



Fig. 2. Edificio residencial en ruinas en San Martín de Valderaduey, Zamora, donde se aprecia el espesor de los muros de tierra y la formación de la cubierta. Fuente: José Luis Sainz Guerra.



Fig. 3. Palloza en Balouta, municipio de Candín, los Ancares, vertiente norte, León. Fuente: Fernando Linares García, BIPE.

constante fueron reutilizados para la construcción de las viviendas y otros edificios de los pueblos de los alrededores. En esos casos se entiende el edificio en desuso como una cantera y se extraen sus materiales en función de la distancia, el coste de la extracción, las condiciones de seguridad⁷.

6. Funcionamiento térmico y ahorro de energía.

La mayor parte de la energía necesaria para calentar o ventilar los edificios de arquitectura popular proviene de energías renovables que se producen gracias a fuentes locales. Pero al mismo tiempo, el alto grado de aislamiento térmico de estos edificios es lo que da lugar a su buen comportamiento térmico.

Aislamiento e inercia térmica

La arquitectura tradicional se caracteriza por anchos muros que dan lugar a un excelente comportamiento frente al calor y al frío. Efectivamente, las casas tradicionales se caracterizan por ser calientes en invierno y frescas en verano. Esta característica está en relación con la función de aislante que tienen los muros y su inercia térmica. Por otro lado está el diseño de la cubierta y sus materiales. En relación al diseño es destacable la presencia de sobrados y desvanes, que actúan como elementos aislantes. Otra fórmula es utilizar materiales de cubierta, especialmente la de paja, con cualidades aislantes. Por ejemplo, el funcionamiento energético de la palloza leonesa

en los Ancares, después de un análisis de su comportamiento térmico, aunque no “cumple los estándares de confort ni las exigencias normativas de ahorro y eficiencia energética actuales” se considera que “determinadas características y estrategias pasivas de su diseño (como la configuración, la compactidad o el empleo de paja en cubierta) pueden ser reinterpretadas para el cumplimiento de nuevas exigencias de ahorro y eficiencia energética en viviendas”, ofreciendo a los profesionales criterios para diseñar y construir viviendas utilizando materiales sostenibles, de ámbito local y de bajo coste ambiental⁸. La palloza de los Ancares, construida con muros de piedra y tejado de paja, es una construcción eficiente, levantada con los sistemas de la arquitectura tradicional, y diseñada a partir de un proceso de prueba - error, la cual ofrece buenos resultados a los análisis térmicos actuales.

Reutilización de la energía térmica sobrante de los animales

Un mecanismo de singular importancia en la calefacción de las viviendas tradicionales era aprovechar el calor del ganado por medio de diseños de vivienda y cuadra dispuestos conjuntamente. La colocación del ganado en una zona que permita calefactar la vivienda con el calor de los animales es también una de las formas más habituales de utilizar el calor sobrante. En muchos casos los animales se concentraban en la zona inferior, en planta baja, y las habitaciones de la vivienda se ubican sobre la cuadra, de modo que se

podía vigilar al ganado y al mismo tiempo se disfrutaba de su calor en los largos inviernos. Encontramos esta disposición en numerosas regiones, Cantabria⁹, Soria¹⁰. Podemos utilizar este mecanismo de aprovechar el calor de los animales transfiriéndolo al tiempo actual al diseño de los aparcamientos de los automóviles. Tenemos en nuestras viviendas actuales aparcamientos subterráneos en sótanos y semisótanos en los que se aparcan los coches. Como los vehículos llegan con los motores calientes y se dejan enfriar en los garajes, la temperatura de éstos es más elevada, lo que da lugar a diseños en los que el factor constante es la presencia de ventanas y huecos de ventilación permanente con el objeto de disipar el calor. Ese calor de los motores en nuestra arquitectura se pierde. Y es bastante calor el que se despilfarra. Un coche posee un motor que alcanza una temperatura de funcionamiento de 90°C. Es decir, el bloque del motor, que tiene una masa de entre 100 y 250 Kg. a esa temperatura supone una energía considerable. Ese calor podría ser recuperado para el agua sanitaria y la calefacción y supondría un ahorro en la factura anual doméstica.

El tamaño y la orientación de los huecos

Los huecos de las edificaciones en la arquitectura tradicional están respondiendo, desde un punto de vista energético a la necesidad del aislamiento. Los huecos más grandes son aquellos destinados a la entrada de animales y carros, por un lado y al almacenamiento de productos agrícolas, como portones y un largo etcétera de huecos. También son de gran tamaño los destinados a la introducción de paja, heno, y otros productos agrícolas, como los bocarones. La ventana con el uso de iluminación es inexistente. Las ventanas son muy pequeñas y su función es ver el exterior, más que la iluminación o la ventilación. Hay que pensar que la iluminación en una vivienda de un agricultor o un ganadero era necesaria principalmente por la noche, ya que la vida durante el día se realizaba en el exterior, en los campos o bien en la misma puerta de la casa. Durante la noche la ventana no era útil, salvo para la ventilación, lo que se conseguía con huecos extraordinariamente pequeños.

La fabricación del vidrio a precios asequibles posibilitó la realización de los miradores en la segunda mitad del siglo XIX como fórmulas para generar un efecto invernadero, y aprovechar la radiación solar para calefactar las vi-

viendas. Podemos ver ejemplos de fachadas a las que se añaden miradores acristalados, especialmente a finales del siglo XIX y principios del XX, en viviendas que originalmente no los tenían.

La orientación del edificio

En todas las regiones la climatología es esencial y la orientación es clave. Cabe citar como ejemplo la casa cántabra, que se orienta al sur con el objeto de obtener los rayos solares para el secado de la paja, el maíz y el heno. La casa montañesa está íntimamente ligada al cuidado del ganado vacuno, y está especialmente diseñada en lo relativo al secado, guarda y conservación del forraje para el ganado. La recogida de heno en primavera y verano permite el secado y almacenamiento encima de la cuadra. Durante los meses de escasez de forraje, el ganadero utiliza el heno seco que guarda encima de la cuadra de las vacas. De manera que la casa montañesa se orienta al sur y en esa zona la casa se transforma para recoger mejor los rayos del sol¹¹. Todas las casas de la zona rural de Cantabria destinadas a la explotación ganadera se orientan al sur. Además, en el lado sur se construyen varios aditamentos edificatorios, todos ellos destinados a captar mejor la energía solar y utilizarla con diversos propósitos. En primer lugar, el portal, que permite mantener los diferentes materiales al resguardo de la lluvia. Es en este espacio, el portal, soleado y a cubierto de la lluvia y los vientos donde se produce un microclima que permite la mayoría de las acciones de procesado de los materiales, y es al mismo tiempo lugar de trabajo y reunión¹². Junto al portal se encuentran otros elementos, como la solana y la pajareta, igualmente para secado y utilización de la energía solar. Estamos ante un mecanismo edificatorio extraordinariamente complejo, que ha sido estudiado en sus diferentes versiones por Eduardo Ruiz de la Riva¹³. En el caso de Cantabria podemos ver como la totalidad de las casas de una población se encuentran orientadas al sur, con el objeto de aprovechar la más importante fuente de calor: la radiación solar. Además, se acompaña a esta orientación la construcción de soportales a los cuales se abre. En el ejemplo de Cos, en Cantabria, se pone en evidencia que las manzanas están formadas casi de forma exclusiva por paquetes de viviendas orientadas al sur/sureste.

En otras climatologías más secas, como la

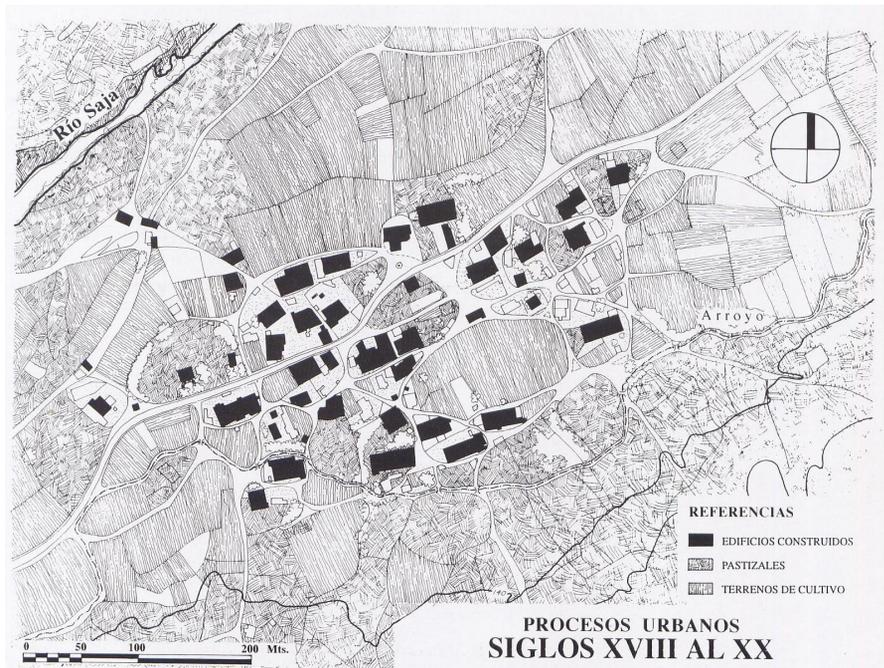


Fig. 4. Plano de la aldea de Cos en Cantabria, con la mayoría de sus edificaciones orientadas al sureste. Fuente: Babini, A. y otros. Cos. Pág. 55.

de Castilla, los grandes espacios bajo la cubierta eran utilizados para la guarda y secado de materiales agrícolas en los llamados sobrados¹⁴. La conducta de la arquitectura tradicional en relación a la orientación es muy evidente y varía según las zonas. En todos los casos sus características están dictadas por la adaptación al clima¹⁵. La costumbre de plantar una parra en las áreas de estancia y trabajo a la puerta de las casas castellanas se justifica por la necesidad de sombra en las áreas orientadas al sur, además del beneficio de su fruto.

Otro mecanismo para aprovechar los rayos solares es el de los soportales urbanos con orientación sur. En muchos pueblos de Castilla es posible observar la construcción de zonas resguardadas de los vientos y abiertas preferentemente al sur, para obtener el mayor soleamiento. Frecuentemente estos espacios se formalizan como soportales, lo que permite la creación de un microclima particularmente agradable a las horas centrales de los días de invierno. Dichos soportales eran los lugares de reunión y de comercio en esas poblaciones. Podemos ver un ejemplo extraordinario en la Plaza Mayor de Cuenca de Campos,

donde hay un conjunto notable de casas con soportales orientadas al sur¹⁶.

Los mecanismos para mantener una temperatura estable en las bodegas

Las bodegas tradicionales excavadas en la tierra son un ejemplo extraordinario de aprovechamiento de las condiciones del entorno para uso productivo. La finalidad de las bodegas es la producción y maduración o envejecimiento del vino. Para ello se aprovecha la circunstancia de la estabilidad de la temperatura en el subsuelo. Efectivamente, a pocos metros de la entrada de la bodega, en el interior de esta, la temperatura del aire se mantiene estable, al no estar sometida a las variaciones provocadas por la radiación solar y a las demás acciones del tiempo atmosférico. La temperatura se mantiene estable frente a las variaciones térmicas del exterior, "con un promedio anual del intervalo diario comprendido entre 0,1°C y 0,6°C, lo que supone entre 1% y 6% de las variaciones exteriores"¹⁷. La construcción de bodegas en el subsuelo se realizó con este propósito, mantener el vino a una temperatura constante, evitando alcanzar las bajas temperaturas de invierno, así como

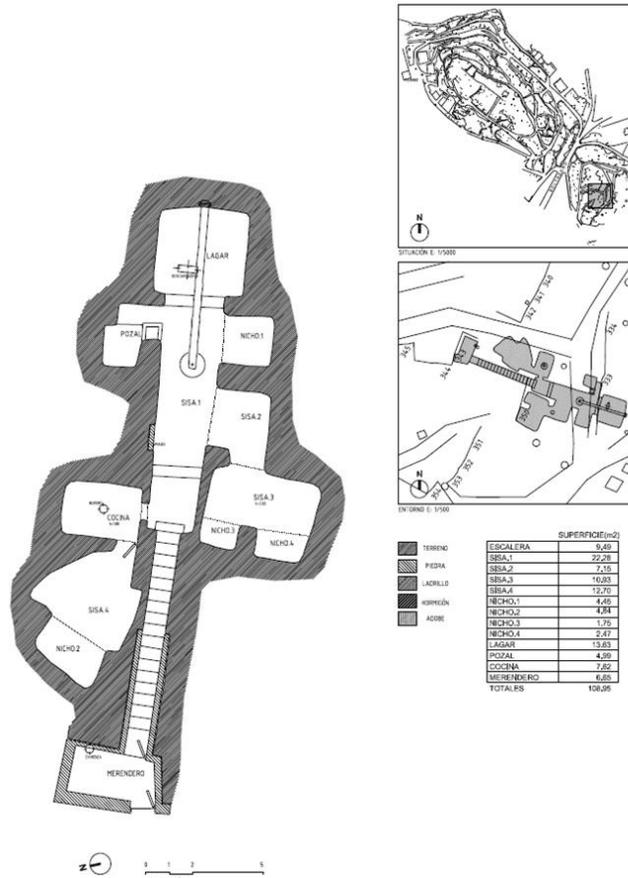


Fig. 5. Bodega nº 343 del conjunto de bodegas de Baltanás. Fuente: Plan Especial de Bodegas del Núcleo de Baltanás, Palencia.

las altas de verano. Además, a las bodegas se les añadió un sistema de ventilación, por medio de chimeneas al exterior y puertas agujereadas; de manera que, por medio de un mecanismo muy sencillo, se producía una circulación de aire constante en función de las diferencias de temperatura exterior-interior, de salida del aire caliente en invierno y mantenimiento del aire frío en verano. Por otro lado, esta ventilación estaba justificada por la producción de CO2 durante la fermentación del vino, ventilación necesaria para evitar el efecto de la asfixia por ausencia de oxígeno. La bodega de vino pone en función mecanismos que permiten ahorrar grandes cantidades de energía para refrigerar o para calefactar los locales. Esa fórmula, tan sencilla, se sigue utilizando en algunas de las modernas bodegas industriales, las cuales han optado por semienterrar sus edificaciones¹⁸, buscando la estabilidad térmica del subsuelo y los consiguientes ahorros energéticos. Otro ejemplo singular que aprovecha la temperatura esta-

ble del subsuelo es el pozo de nieve. Existían en numerosos lugares estas instalaciones destinadas a recolectar y guardar la nieve del invierno para venderla como hielo en verano. El ejemplar que se conserva en Nava del Rey, en la provincia de Valladolid, pone de manifiesto el uso inteligente y sostenible de esta instalación y el conocimiento de la estabilidad térmica del terreno¹⁹.

7. Utilización de las energías renovables

Edificios que albergan sistemas mecánicos para captar las energías renovables

Los molinos nos enseñan que ha habido una evolución tecnológica permanente a lo largo de la historia, lo que nos hace pensar que la noción de arquitectura tradicional es un cajón donde hay muchas cosas muy diferentes. Hay que recordar que ya había molinos en España desde la época romana. Desde entonces la evolución tecnológica ha sido muy importante,



Fig. 6. Pozo de Nieve en Nava del Rey, Valladolid. Fuente: Carlos Carricajo Carabajo. BIPE.



Fig. 7. Molino hidráulico en Badila, municipio de Fariza, Zamora. Fuente: Natalia Moreno Herrera, BIPE.

siendo notable su evolución si comparamos, por ejemplo, los molinos medievales con los del siglo XVIII²⁰. La evolución de la maquinaria y la aparición de nuevos sistemas mecánicos cada vez más complejos para obtener la energía de las corrientes de agua o del viento dio lugar a la evolución de los edificios que les albergaban y la ampliación de las infraestructuras hidráulicas para recoger el agua. Proceso que culmina con la máquina de vapor y los motores de explosión, que conviven un tiempo con los molinos tradicionales. Lo cierto es que la mayor parte han sido barridos a partir de la presencia de los motores de combustión, a principios del siglo XX. Pero existían numerosos ingenios mecánicos, como los batanes, los molinos hidráulicos y de viento, tan abundantes en nuestra región, cuyas huellas quedan todavía en el territorio. En la actualidad la mayoría de los edificios tradicionales destinados a la obtención de energía a partir del agua o el viento por medio de sistemas mecánicos de la arquitectura tradicional están en ruina o desaparecieron hace mucho tiempo.

La energía de las corrientes de agua o de la fuerza del viento se utilizó para moler el grano, pero también se molía la aceituna o la linaza; se utilizó para acuñar moneda²¹, para golpear los paños de lana en los batanes o para la metalurgia en las fraguas con los llamados martinetes²². Fig. 7.

Es necesario reflexionar sobre la continuidad de estas instalaciones para extraer energía del agua y el viento. En el presente esa conti-

nuidad la vemos materializada en la presencia de las minicentrales hidráulicas, en las zonas donde antes estuvieron las aceñas tradicionales y los molinos de viento modernos, los que ahora llamamos aerogeneradores. Estas nuevas instalaciones ponen de manifiesto la vigencia de esas fuentes de energía renovables y la transformación de su impacto en el paisaje a través del aumento del tamaño y la forma distinta de utilizar el territorio en función de una tecnología diferente, mucho más sofisticada y eficiente. A pesar de las diferencias, podemos ver, a veces, la cercanía y su relación con las versiones tradicionales que las precedieron.

8. Los oficios locales.

Como resultado de la utilización de los materiales de construcción disponibles en el entorno inmediato y de las condiciones sociales, productivas y medioambientales, surgieron los distintos sistemas constructivos. Y, de forma inseparable, con ellos florecieron los oficios conectados con la construcción, equipados para obtener el mayor rendimiento posible de los recursos existentes (energía, agua y materiales). Estos oficios tenían sus propias técnicas y conocimientos, que se transmitían de generación en generación, de modo que, con el paso del tiempo, sus productos adquirieron no solo un valor material sino también cultural.

Las técnicas que se empleaban en la preparación de los materiales para la arquitectura tradicional, se realizaban a pie de obra, rara

vez incluían un paso intermedio por un taller exterior. Por el contrario, los materiales eran tratados y transformados de forma muy leve en la obra, por medio de procesos transformadores muy sencillos, que se aplicaban in situ; es decir, por regla general no había oficios asentados o fijos en un lugar. La vivienda era esencialmente el lugar donde se guardaban las herramientas y el taller propiamente dicho se encontraba en la obra, y allí eran adaptados a las necesidades concretas de la construcción²³.

En la actualidad nos encontramos ante una situación en la que las soluciones de la arquitectura moderna, ayer mismo aceptadas sin crítica, se han convertido en inadmisibles, rechazables en función de su incapacidad para responder al desafío del cambio climático²⁴. Somos los arquitectos de alguna manera responsables de la mejora de los edificios a través de su modificación, ya que son los edificios ineficientes los responsables de una parte importante del cambio climático²⁵.

9. Conclusiones.

La arquitectura tradicional guarda un tesoro de soluciones armoniosas con la naturaleza, es un ejemplo de valiosa arquitectura, pero también un testimonio de su tiempo y su cul-

tura, que debe ser conservada. Los edificios de arquitectura tradicional forman un conjunto con el núcleo urbano al que pertenecen. Las calles, las plazas, serían distintas con otros edificios, los cuales están (estaban) unidos a su entorno de manera firme. En muchos casos la falta de vínculos de los edificios con su entorno en la actualidad obedece a la transformación radical de esos entornos y al cambio productivo, económico y social. Es importante procurar que los edificios de arquitectura tradicional sean viables social y económicamente en la actualidad. La protección y rehabilitación de la arquitectura tradicional ha de estar acompañada por la didáctica de la cultura popular. El conjunto de edificios de arquitectura tradicional que se conservan en una comarca son un libro abierto de ideas puestas en práctica, que tienen una aplicación (casi) directa en la arquitectura bioclimática. En estas circunstancias, ante el actual avance tecnológico y el evidente cambio climático, unido a la exigencia de mejores rendimientos de los sistemas constructivos, se pone de manifiesto la necesidad de volver la mirada hacia las soluciones de la arquitectura tradicional y valorar la eficacia de soluciones constructivas que energéticamente funcionan desde hace más de veinte siglos.

Bibliografía

- ABRIL REVUELTA, Oscar: Chozos Y casetas en el centro de Castilla y León. Del barro a la piedra en la arquitectura rural de Tierra de Campos y Montes Torozos. Tesis doctoral. Escuela T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2017. Accesible en internet: [<http://oa.upm.es/48841/>].
- BABINI, A.; FERRÉ, M.A.; HERNÁNDEZ, J.; MANRIQUE, M.A.; RUIZ, E. Cos, (Mazcuerras). Aproximación al proceso de construcción de una aldea cantábrica. Centro de Estudios Rurales. Universidad de Cantabria. Cabezón de la Sal. 1994.
- EDWARDS, Brian: Guía básica de la sostenibilidad. Ed. Gustavo Gili. 2ª Edición. Barcelona, 2008.
- FERNÁNDEZ DELGADO, José Manuel: Naturaleza y medio ambiente en Castilla y León. Ed. ACCS. Valladolid, 2017.
- FUENTES GANZO, Eduardo; FUENTES GANZO, Armando: Molinos tradicionales del norte de Zamora. Centro de Estudios Benaventanos "Ledo del Pozo". CSIC. Benavente, 1999.
- MARQUÉS MARTÍN, Isabel; GARCÍA GARCÍA, Ignacio: Segovia. Inventario del Patrimonio Histórico de la Provincia de Segovia. Junta de Castilla y León, Caja España, Consejo Regional de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria de Castilla y León. Segovia, 2008.
- MALDONADO RAMOS, Luis; RIVERA GÁMEZ, David: "Los sistemas de construcción con tierra (una nueva aportación en aras de una arquitectura más sostenible)". En La sostenibilidad en el proyecto arquitectónico y urbanístico. Jornadas marzo 2004. Edición y coordinación de Agustín Hernández Aja. Madrid, 2005.
- MOLINA HUELVA, M.; Fernández Ans, P: "Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España", en Revista de la Construcción, vol. 12, nº 2 Santiago nov. 2013. Accesible en internet [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000200008].
- MOYA, LUIS, y otros: Estudio de la tipología arquitectónica y urbanística del medio rural de la provincia de Valladolid. Valladolid, 2014. Accesible en internet [<http://www5.uva.es/grupotierra/publicacionestipologias.html>]
- MORENO DOPAZO, Ángel: "Construcciones con cubierta vegetal en el sur de la provincia de Soria: la forma y el material en la arquitectura popular", en El Pajar. Cuaderno de etnografía canaria. Nº 28, agosto del 2010.
- MORENO DOPAZO, Ángel: "Contribución al estudio de la arquitectura tradicional de la provincia de Soria: construcciones con cubierta vegetal", en Celtiberia, Año nº 61, Nº 105, 2011.

MORENO DOPAZO, Ángel: Una arquitectura en el territorio. Naturaleza de los tipos de edificación vernácula española: la casa tradicional soriana. Tesis Doctoral. Escuela T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2014. Disponible en internet: [<http://oa.upm.es/35471/>]

RIO MUÑOZ, Mónica del; SAINZ ESTEBAN, Alicia; SAN JOSÉ ALONSO, Jesús I; et al.: "Caracterización de la tapia de la torre de la iglesia de San Pedro. Becerril de Campos. Palencia". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 117-124. Disponible en internet: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2014/117-124-rio.pdf>

RUIZ MAZARRÓN, Fernando; CID FALCETO, Jaime; CAÑAS GUERRERO, Ignacio: "Uso de las bodegas subterráneas tradicionales y modernas excavadas en tierra para la crianza del vino". En: Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011. Cátedra Universidad de Valladolid. Valladolid, 2011. [http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2011/2011_9788469481073_p_029-032_ruiz.pdf]

RUIZ DE LA RIVA, Eduardo: Casa y Aldea en Cantabria. Un estudio sobre la arquitectura del territorio de los valles del Saja-Nansa. Ediciones de Librería Estudio. Santander, 1991.

SAINZ GUERRA, José Luis; CARRERA DE LA RED, Miguel Ángel; OLCESE SEGARRA, Mariano; DURO ROCA, Ignacio; BELLIDO BLANCO, Santiago: Miranda del Castañar. Análisis morfotipológico. Trabajo inédito. 1996.

SAINZ GUERRA, José Luis et al. Edificios y Conjuntos de Arquitectura Popular en Castilla y León. Ed. Junta de Castilla y León. Valladolid, 2012. [<http://www5.uva.es/grupotierra/publicacionesbipe.html>]

TURÉGANO ROMERO, José Antonio: Arquitectura Bioclimática y Urbanismo Sostenible. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza, 2014. [<https://www.construction21.org/espana/articulos/es/tres-ejemplos-de-viviendas-pasivas-en-tres-climas-diferentes.html>]

Citas y notas

- ¹ BABINI, A. y otros. Cos. Se utiliza la expresión “la aldea se revela como un libro abierto”. Pág. 62.
- ² Es frecuente en los edificios de arquitectura culta, que posean partes de piedra (una fachada principal de piedra), tras la cual se esconden frecuentemente paramentos de arquitectura de tierra. Véase, por ejemplo el caso de la torre de la iglesia de San Pedro de Becerril de Campos. RIO MUÑOZ, Mónica del; SAINZ ESTEBAN, Alicia; SAN JOSÉ ALONSO, Jesús I; et al.: “Caracterización de la tapia de la torre de la iglesia de San Pedro. Becerril de Campos. Palencia”. En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. Valladolid, 2013. P. 117-124.
- ³ RUIZ DE LA RIVA, Eduardo, Casa y aldea en Cantabria. Pág. 200.
- ⁴ ABRIL REVUELTA, Oscar: Chozos y casetas en el centro de Castilla y León. Del barro a la piedra en la arquitectura rural de Tierra de Campos y Montes Torozos. Tesis doctoral. Madrid, 2017.
- ⁵ MORENO DOPAZO, Ángel: “Contribución al estudio de la arquitectura tradicional de la provincia de Soria: construcciones con cubierta vegetal”, en Celtiberia, Año nº 61, Nº 105, 2011. Pág. 336.
- ⁶ SAINZ GUERRA, José Luis; CARRERA DE LA RED, Miguel Ángel; OLCESE SEGARRA, Mariano; DURO ROCA, Ignacio; BELLIDO BLANCO, Santiago: Miranda del Castañar. Análisis morfo-tipológico. Trabajo inédito. Pág. 26.
- ⁷ Es el caso del convento de La Armedilla, en el término municipal de Cogeces del Monte, Valladolid, cuyas piedras, arcos, capiteles, son perfectamente identificables en la actualidad en los muros de algunas de las viviendas de los pueblos de los alrededores.
- ⁸ MOLINA HUELVA, M.; FERNÁNDEZ ANS, P: “Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España”, Revista de la Construcción. 2013. Apartado 9. Conclusiones.
- ⁹ RUIZ DE LA RIVA. Casa y aldea en Cantabria. Pág. 267.
- ¹⁰ MORENO DOPAZO, Ángel: Una arquitectura en el territorio. Naturaleza de los tipos de edificación vernácula española: la casa tradicional soriana. Madrid, 2014.
- ¹¹ RUIZ DE LA RIVA. Casa y Aldea. Pág. 267.
- ¹² “... usado tradicionalmente para guardar aperos, herramientas y sobre todo como lugar de trabajo artesanal de la madera, en invierno y como espacio de reunión”. RUIZ DE LA RIVA. Pág. 267.
- ¹³ RUIZ DE LA RIVA. Casa y Aldea. Pág. 267 y siguientes.
- ¹⁴ MOYA, Luis: Estudio de la tipología arquitectónica y urbanística del medio rural de la provincia de Valladolid. Valladolid, 2014.
- ¹⁵ “Es muy probable que características de la arquitectura popular como la orientación, el tipo de planta y la distribución de ventanas, puertas y chimeneas hayan sido determinadas por cuestiones energéticas”. BRIAN EDWARDS. Guía básica de la sostenibilidad. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 2008. Pág. 166.
- ¹⁶ SAINZ GUERRA, José Luis y otros. Edificios y conjuntos de arquitectura popular de Castilla y León. Pág. 353-355.
- ¹⁷ RUIZ MAZARRÓN, pág. 31.
- ¹⁸ Por ejemplo, las bodegas Portia, en Gumiel de Hizán, Burgos, o la bodega Tandem en Navarra, son algunas de las nuevas bodegas que se han construido últimamente en España con partes significativas de su estructura semienterrada, siguiendo una conducta sostenible que ya tenían las bodegas tradicionales.
- ¹⁹ SAINZ GUERRA, José Luis y otros. Edificios y conjuntos de arquitectura popular de Castilla y León. Pág. 338-339.

²⁰ Véase el capítulo II de Fuentes Ganzo, y otros: Molinos tradicionales del norte de Zamora, en el que se hace una revisión de los molinos a la largo de la historia. Pág. 17-40.

²¹ MARQUÉS MARTÍN, Isabel; GARCÍA GARCÍA, Ignacio: Segovia. Inventario del Patrimonio Histórico Industrial de la provincia de Segovia. Pag. 44 y siguientes.

²² Ibidem, pág. 124

²³ Moreno Dopazo, Ángel: Una arquitectura en el territorio. Naturaleza de los tipos de edificación vernácula española: la casa tradicional soriana. Pág. 51.

²⁴ “No tenemos más remedio que admitir que la arquitectura convencional se ha desgastado en algunos puntos importantes y arroja una serie de

interrogantes que hasta ahora no ha sabido contestar. Fundamentalmente se trata de una crisis en su relación con el equilibrio bioclimático del planeta y con el grado de confort que es capaz de proporcionar en muchos ambientes sociales y culturales en los que ha sido implantada por la fuerza y desde arriba, partiendo de disposiciones políticas precipitadas que buscaban un mimetismo fácil con los países originarios de la arquitectura moderna”. Luis Maldonado Ramos, David Rivera Gámez: “Los sistemas de construcción con tierra (una nueva aportación en aras de una arquitectura más sostenible)”. La sostenibilidad en el proyecto arquitectónico y urbanístico. Madrid, 2005. Pág. 200.

²⁵ “El consumo de combustibles fósiles en los edificios representa aproximadamente la mitad de toda la energía consumida en el mundo”. BRIAN EDWARDS. Guía básica de la sostenibilidad. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 2008. Pág. 61.

CAPÍTULO 3. NUEVA CONSTRUCCIÓN, TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INNOVACIÓN

XV CIATTI 2018
CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA



REIVINDICACIÓN DE LA TIERRA PARA LA CONSTRUCCIÓN. “ARRAIGO Y SOSTENIBILIDAD PARA UN PATRIMONIO FUTURO”

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Ana María Yepes González. Arquitecta Constructora.
Carlos Mauricio Bedoya Montoya. Arquitecto Constructor, Docente.*

Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

PALABRAS CLAVE: construcción sostenible, tierra, Medellín, aceptación

1. Introducción

El suelo como recurso constructivo ha sido parte de los materiales locales de la cultura colombiana que conformaron los desarrollos habitacionales durante un gran periodo de tiempo y que al día de hoy hacen parte del patrimonio inmueble. Sin embargo, el consumismo que caracteriza la sociedad actual establece connotaciones negativas a toda clase de desecho o residuo, que a la luz de una construcción sostenible adquieren valor mediante el reciclaje, para dar paso a la producción de materias primas con óptimos desempeños en normativa técnica y comportamiento estruc-

tural, sustituyendo así el modelo económico lineal, extracción-producción-disposición, por un modelo semi-cerrado, valorización-producción-gestión, que a su vez no ponga en riesgo la calidad de los servicios¹.

Todos los sectores económicos tienen una responsabilidad social frente al ambiente, y la industria de la construcción no es ajena a esta situación, contar con la posibilidad de implementar materiales que no son los convencionales como el concreto, el acero y el ladrillo para contribuir a una construcción más

consiente y sostenible permite que esta investigación pretenda reivindicar el suelo residual como un material con capacidad estética y de resistencia, mediante el conocimiento del panorama en el sector, tanto académico y profesional, en la ciudad de Medellín.

Para lo anterior se desarrolló la investigación en tres momentos: el primero, reconocimiento de la utilización del suelo residual en la ciudad de Medellín en los últimos 20 años mediante una revisión bibliográfica; seguido de la elaboración de un panorama del papel que están desempeñando las instituciones de educación superior en cuanto a la formación de profesionales del sector de la construcción con conocimientos en materiales sostenibles, para concebir el ejercicio de su profesión con responsabilidad ambiental y social; y como tercer momento un reconocimiento en el sector profesional frente a la implementación de los materiales ya mencionados.

El término “suelo residual” hace referencia a lo que comúnmente se ha denominado “construcción con tierra”, en técnicas artesanales que han caracterizado la cultura colombiana, como la tapia, el bahareque, el adobe y el Bloque de Tierra Comprimida (BTC). Se realiza este cambio de denominación, debido a que la tierra se encuentra clasificada internacionalmente como un Residuo de Construcción y Demolición (RCD) por ser el resultado de la etapa de nivelaciones y excavaciones en proyectos constructivos. Representa para la ciudad de Medellín un 55% de dichos residuos, superior a los escombros², por lo que por su abundancia se considera necesario recuperar una cultura constructiva de alto desempeño ambiental con este material casi olvidado por los ideales de progreso y desarrollo del siglo pasado.

En este sentido, la importancia de la investigación se refleja en la intención de promover el patrimonio futuro de la construcción con suelo residual como un material capaz de solucionar problemas de habitabilidad en comunidades con cualquier nivel socio-económico, logrando romper el estigma de pobreza y desecho en cuanto a su uso.

2. Metodología

El desarrollo metodológico de este proyecto investigativo se basa en un enfoque mixto, es decir, una combinación de enfoque

cuantitativo y cualitativo, donde según Hernández et al, el primero es un proceso deductivo y secuencial que se caracteriza por medir fenómenos y utilizar la estadística; y el segundo es un proceso inductivo y recurrente que analiza múltiples realidades subjetivas y no tiene una secuencia lineal³. Por lo tanto, se hizo necesario realizar una exploración en el medio de la construcción, tanto en el campo de la academia como en el profesional, para construir una realidad y descubrir el escenario actual del suelo residual en la ciudad de Medellín.

Desde el carácter cualitativo, se pretendió describir las técnicas constructivas en tierra utilizadas en la ciudad de Medellín en los últimos 20 años, mediante revisión bibliográfica y la indagación con personas que se desempeñan en el sector de la construcción y que están apostándole al suelo residual como material; se plantearon posturas críticas y se evidenció la realidad actual de este material en esta ciudad.

En el mismo sentido, se describió la visión de la academia frente a la inclusión del suelo residual como material de construcción, realizando una búsqueda entre las universidades que ofertaban programas de pregrado afines al sector de la construcción. Una vez identificadas las universidades y los programas, se procedió a buscar entre los pensum de las carreras reconocidas, asignaturas relacionadas con el tema de la sostenibilidad y el patrimonio, entendiendo que las técnicas constructivas en suelo residual guardan relación con ambas características, para conocer si dichas asignaturas trataban los temas buscados, se entrevistó a profesores de cada universidad, con la intención de conocer los contenidos de las mismas y a la vez otras materias que por su nombre o por su tipología de libre elección no fueron identificadas en la revisión inicial de los pensum.

Dentro del carácter cuantitativo, la intención fue indagar sobre la percepción en el sector de la construcción respecto a la utilización de la tierra como material, se elaboró un instrumento de recolección de datos que fue aplicado en algunas empresas constructoras de la ciudad de Medellín, las cuales fueron seleccionadas entre grandes, medianas y pequeñas empresas, representando una muestra no probabilística⁴, esto permitió un

sondeo respecto a la percepción que tienen los profesionales que allí laboran, en la utilización del suelo residual.

3. Resultados y análisis.

3.1. La utilización de la tierra como material de construcción en la ciudad de Medellín.

Para inicios del siglo XX el afán de convertir a Medellín en una ciudad moderna y dejar de lado su aspecto pueblerino, impulsó que pequeñas industrias se fueran instaurando en la ciudad, como la consolidación de nuevas fábricas, sucursales bancarias, trilladoras, empresas navieras y almacenes y a su vez la necesidad de mejorar edificios públicos, escuelas y parques llevó a un aumento en la utilización del ladrillo disminuyendo notoriamente la construcción en técnicas tradicionales.

No obstante, los procesos de industrialización no pararon y la incorporación de paradigmas de modernidad que se evidenciaron tras la Segunda Guerra Mundial, fomentando hacia la década de los cincuenta, un auge en la utilización del concreto armado en el desarrollo de importantes estructuras, como lo fue la ampliación del Aeropuerto Olaya Herrera en 1957 a cargo del arquitecto Elías Zapata, fue el resultado de la expansión de grandes industrias productoras de materiales, entre ellos concreto, metal y vidrio, en busca de un desarrollo urbano y habitacional que deja consigo una subestimación del suelo residual como material para la construcción, entrando en desuso las técnicas tradicionales como la tapia, el bahareque y el adobe que caracterizaban una cultura que fácilmente fue arrebatada por ideas de desarrollo al pretender poner a competir en un plano de iguales condiciones los materiales locales con los convencionales producto de procesos industrializados.

Aun así, de forma paralela a la necesidad de progreso y desarrollo, en 1950 el Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) en el desarrollo de investigaciones para producir materiales de construcción de bajo costo, desarrolla la prensa CINVA-RAM con el objetivo de producir BTC, elemento que llevó a facilitar la construcción de viviendas de interés social y ecológicas, y que adquirió mayor difusión en los años 80.

De igual forma, las casas construidas con materiales locales, producto de manifestaciones culturales fueron desapareciendo, no porque fueran materiales inapropiados, poco resistentes o porque se cayeron por viejas "sino porque ocupaban el lugar, que requiere el rascacielos del desarrollo y del progreso"⁵.

Sin embargo, luego de años de rechazo por ser considerado sinónimo de pobreza y subdesarrollo, el suelo como material de construcción llamó la atención de arquitectos y constructores que han asumido la responsabilidad de su profesión con el entorno y la naturaleza, por lo tanto han apostado a una construcción sostenible y a la recuperación de una cultura constructiva donde es posible considerar el patrimonio una alternativa de sostenibilidad y desarrollo social, valorizando el suelo resultante de excavaciones y nivelaciones en el terreno, convirtiéndolo en materia prima para la construcción.

Las investigaciones alrededor de este tema han venido aumentando en los últimos años, permitiendo un mejoramiento en las técnicas constructivas para garantizar mayor calidad al momento de ejecutar proyectos con este material, y así de alguna forma crear mayor credibilidad en la comunidad ya que se presenta receptiva ante conceptos de resistencia y durabilidad en edificaciones con esas técnicas.

Así mismo, el panorama para la ciudad de Medellín ha sido un poco más complejo en cuanto al desarrollo de nuevas edificaciones, en la actualidad no se adelanta ningún tipo de proyecto en técnicas de construcción con suelo residual y los que se han realizado en los últimos 20 años han sido realmente pocos, esto como consecuencia de que las normas de planeación no aceptan estas técnicas y la cantidad de profesionales interesados en estos temas aun no es tan significativo, sin desmeritar el trabajo y el esfuerzo que otros profesionales del sector de la construcción han implantado en conseguir una "construcción sostenible que propicie estrategias de bajo consumo de energía y de materiales durante la ejecución del proyecto y de la vida útil de este, como es el caso de la implementación de ecomateriales"⁶.

No obstante, el hecho de que sean pocos los proyectos desarrollados no quiere decir que no sea importante, ya que en el universo tan amplio que es el sector de la construcción, estos pequeños logros en cuanto a la utilización de estas técnicas tan antiguas pero a la vez tan estigmatizadas es de importancia reconocerlos y resaltarlos, puesto que si el propósito es llegar a ser más sostenibles estos son los pasos que van permitiendo caminar hacia ese objetivo.

Por lo tanto, entre esos mencionados proyectos se encuentran:

- Construcción de un restaurante en la Universidad Adventista de Colombia UNAC con muros de tapia pisada entre los años 2011 y 2013 por la Fundación Tierra Viva.
- Construcción de muros de tapia pisada en el Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe.
- Proyecto de edificio de cuatro plantas con un semi sótano “Balcones de Villanueva” en el barrio Córdoba por Cipra Arquitectos del arquitecto César Álvarez en el año 2014.

Del mismo modo, el hecho de que la ciudad sea capaz de reconocer y conservar piezas patrimoniales como las que aún existen en el parque Bolívar y el barrio Prado da muestra de una valoración del patrimonio inmueble y las técnicas constructivas de esas construcciones.

Por el contrario en varios municipios del departamento de Antioquia que presentan mayor ruralidad se han utilizado con más fuerza y frecuencia las técnicas ya mencionadas y no solo para viviendas de bajo costo o en lugares en condiciones de pobreza, sino que al reconocerse el valor del suelo residual como elemento constructivo en combinación con otros materiales, se han podido erigir hermosas residencias que combinan la arquitectura tradicional con un diseño contemporáneo, donde este material no solo se utiliza para dar forma a la edificación sino que funciona a la vez como elemento decorativo y arquitectónico. Es así como lo que representa un residuo en alguna etapa constructiva puede pasar a ser un valioso material capaz de resolver problemas de habitabilidad para la construcción de viviendas en cualquier nivel socioeconómico.

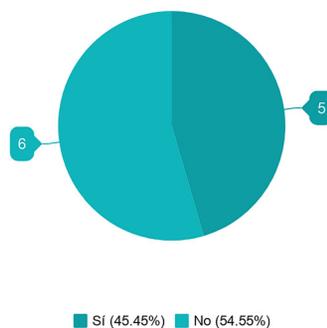


Figura 1. Universidades con asignaturas sobre suelo residual. Fuente: Ana María Yepes, 2018

Las técnicas más utilizadas en los proyectos que actualmente se desarrollan en los municipios de Antioquia son: el BTC que es la técnica que mayor acogida ha tenido porque representa una construcción más rápida, adicional su comportamiento físico-mecánico que se enmarca dentro de la norma técnica exigida para su construcción hace que tenga mayor aceptabilidad, consolidándose así como una materia prima no solo de costo asequible, con un bajo impacto ambiental sino también un correcto desempeño⁷.

En orden de utilización seguiría el bahareque que en cuanto a la calidad del suelo no es tan rigurosa como lo es para el BTC ya que al poseer una estructura en madera o guadua lo hace más permisivo con esta característica.

Y por último se ubica la tapia que está siendo utilizada, en su mayoría, como técnica para elaborar muros que funcionen como elementos decorativos y obras de arte por el tiempo que se requiere para su elaboración, la mano de obra calificada y los costos que implica el no ser un sistema constructivo sismo resistente porque habría que realizar un reforzamiento con esqueletos de guadua o madera en el interior del muro para que lo sea, dejando así de encajar en el tema económico de la sostenibilidad.

3.2. La construcción con tierra desde la academia.

Entre las universidades de la ciudad de Me-

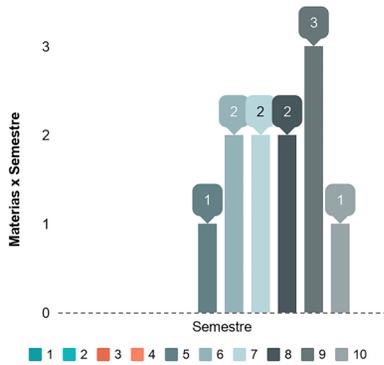


Figura 2. Ubicación de las asignaturas por semestre. Fuente: Ana María Yepes, 2018

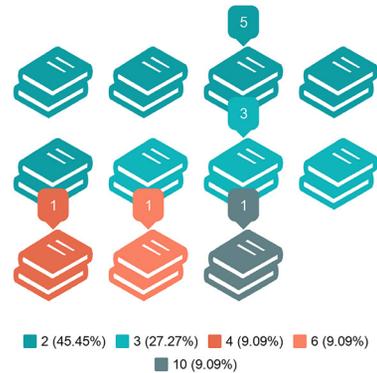


Figura 3. Número de créditos por asignatura. Fuente: Ana María Yepes, 2018

dellín se identificaron 11 que ofertan carreras afines el sector de la construcción, al recolectar los datos se obtuvieron cuatro programas diferentes, los cuales se relacionan a continuación con la universidad que los brindan.

Arquitectura

- Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia
- Universidad Católica Luis Amigó
- Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
- Universidad Pontificia Bolivariana
- Universidad San Buenaventura
- Universidad Santo Tomás

Construcción

- Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

Construcciones Civiles

- Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Ingeniería Civil

- Universidad Católica Luis Amigó
- Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
- Universidad de Antioquia
- Universidad de Medellín
- Universidad EAFIT
- Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia
- Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

De este modo, de las 11 universidades que se evaluaron, el 45,45% tienen cursos relacionados y el 54,55% no los tienen, con lo que se puede decir que a pesar de que son resultados bastante cercanos existe una notoria intensidad por parte de la academia de relacionar es su plan de formación el tema de interés. Cabe mencionar que el carácter de las universidades, público o privado, no fue representativo en cuanto a la oferta académica. (Figura 1)

Con la intención de conocer en qué punto de las carreras profesionales se dictan materias que abordan temas relacionados con el suelo residual se halló que el 100% de dichas asignaturas son cursadas por los estudiantes después de haber aprobado la primera mitad de su ciclo profesional, es decir, cuando ya se ha cursado una formación básica de los programas, y han comenzado líneas de profundización específicas, lo que puede llevar a proponer, que las asignaturas pueden pertenecer a una de esas líneas de profundización. (Figura 2)

Para identificar la intensidad horaria con la que se trabaja el tema de interés en las asignaturas se consultó el número de créditos de cada una, encontrando que cinco materias, son de dos créditos, lo que corresponde a 96 horas de dedicación del estudiante al trabajo de la asignatura durante el semestre, las dos materias que presentan un número de créditos más elevados es decir seis y nueve, es porque son cursos que corresponden a ta-

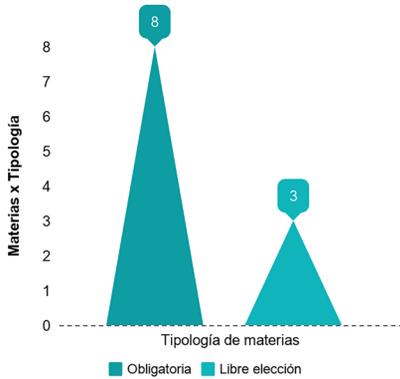


Figura 4. Tipología de asignaturas. Fuente: Ana María Yepes, 2018

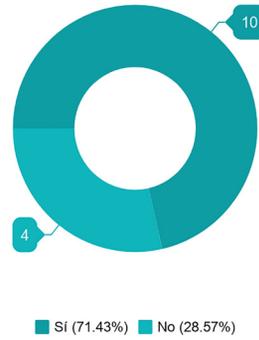


Figura 5. Representa un material cierto nivel de desarrollo. Fuente: Ana María Yepes, 2018

lles o trabajos de grado, respectivamente. (Figura 3)

La tipología de las materias también es un aspecto importante a la hora de reconocer la importancia que tiene para la academia incluir temas de construcción con suelo residual en la formación profesional de los estudiantes, obteniendo así, que ocho de los cursos guardan una tipología obligatoria, es decir, que se encontraba dentro del plan de estudios establecido para cada programa, demostrando que existe una mayor certeza en que el estudiante cursará la asignatura, sin embargo, las tres materias que corresponden a la tipología de libre elección son las ofertadas en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, por lo que es posible afirmar que a pesar de que no pertenecen al plan de estudios de los tres programas que se registraron en la universidad, existe un gran número de estudiantes que se interesa por inscribirlas y cursarlas. (Figura 4)

Dos de las universidades, ambas en el programa de Ingeniería Civil, tiene dentro de sus planes de estudio materias de construcción sostenible, pero no se encuentran ofertadas.

De las siete ofertas con las que cuenta el programa de Ingeniería Civil solo en dos de ellas se identificaron materias con contenidos sobre el suelo residual, a diferencia del programa de arquitectura que cuenta con seis ofertas y tres con dichas asignaturas; para los programas de Construcción y Construcciones

Civiles que poseen una oferta cada uno, en ambos se tocan temas relacionados con el suelo residual como material para la construcción. El caso del programa de Ingeniería Civil, se debe a que la estructura de la carrera tiene un gran porcentaje de formación profesional específica de la ingeniería, lo cual fue posible confirmarlo en las entrevistas realizadas, donde lo entrevistados manifestaron que la construcción con suelo residual es un campo en el cual los profesionales no podrían desempeñarse, debido a que el tema no es acorde a los avances tecnológicos y científicos que se desarrollan en la actualidad. Sin embargo es importante destacar el caso de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y la Universidad EAFIT, las cuales sí le apuestan a estos temas en sus planes de estudio.

Por otro lado, es importante reconocer que, en su mayoría, las ofertas de los programas demuestran su interés por los temas ambientales, considerando que hacen parte fundamental de la formación integral de un profesional contemporáneo, declarando un componente ambiental que incluya temas de desarrollo sostenible ofertado a todos los estudiantes.

3.3. La tierra en los profesionales de la construcción.

Se seleccionó aleatoriamente entre grandes, medianas y pequeñas una muestra de 14 empresas para aplicar las encuestas con las que se indagó aspectos referentes a la percepción que tiene el sector de la construcción

desde los profesionales del área frente a la utilización del suelo residual como material de construcción.

Se solicitó a las empresas indicar si la utilización de algún material en específico representa mayor o menor nivel de desarrollo, para lo cual un 71, 43% coincide en que sí y un 28, 57% considera que no, esto se evidencia en la figura 4. En el mismo sentido, las encuestas del porcentaje con respuesta afirmativa calificaron de 1 a 5 el grado de desarrollo que puede significar la utilización de tres materiales, concreto, ladrillo cocido y suelo residual, obteniendo 45 puntos para el concreto, 32 y 35 para el ladrillo cocido y el suelo residual, respectivamente. (Figura 5)

Al momento de seleccionar un material para desarrollar un proyecto se tienen en cuenta aspectos como el impacto ambiental, la disponibilidad de este, el costo de construcción, la apariencia final que brinda, la resistencia y el comportamiento ante sismos y la preferencia de quien los escoge, por lo tanto se pidió calificar (de 1 a 5) los tres materiales anteriormente mencionados para cada uno de los aspectos, donde los resultados de calificación indican que en términos de un menor impacto ambiental el suelo residual es calificado como el mejor material con 50 puntos, seguido del concreto con 44 y el ladrillo cocido con 37, a pesar del puntaje obtenido por el suelo residual la diferencia de puntajes con los otros materiales no es tan representativa. En cuanto a la disponibilidad se posiciona el concreto con el puntaje mayor 60, continuado con el ladrillo 58 y finalizando con el suelo residual 46, de lo que se podría inferir que las empresas constructoras no ven en el suelo proveniente de excavaciones y nivelaciones una materia prima con gran disponibilidad en sus obras. Sin embargo, en el aspecto de menor costo de producción el suelo residual se vuelve a ver favorecido con 50 puntos sobre el ladrillo cocido 48 y el concreto 40.

Considerando la capacidad de conformar espacios más agradables para quien los vaya a habitar los resultados indican que el concreto y el ladrillo cocido tienen la misma puntuación 52 y el suelo residual 50, este aspecto presenta unos valores muy aproximados de lo que podría inferirse que los encuestados consideran que los tres materiales tienen una capacidad similar de conformar espacios confortables. Para el aspecto de la resistencia el

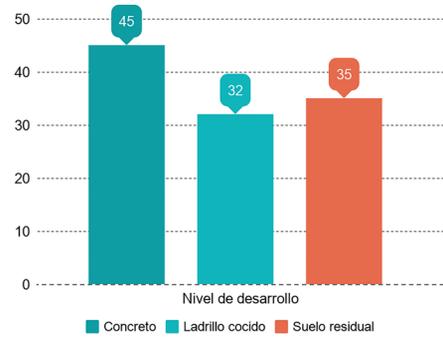


Figura 6. Relación de desarrollo concreto, ladrillo cocido y suelo residual. Fuente: Ana María Yepes, 2018

concreto obtiene el máximo puntaje 70, seguido del ladrillo cocido 43 y el suelo residual 38, demostrando este que aún existe una marcada tendencia a relacionar el suelo residual como un material que no posee la capacidad necesaria para que las construcciones desarrolladas con este sean resistentes ante sismos.

Con la intención de relacionar los puntajes obtenidos en el aspecto de preferencia y lograr una mayor comprensión de los resultados se calculó el valor promedio para todos los aspectos. Indicando los resultados que el valor más alto es para el concreto con 53,7, el ladrillo cocido tiene un valor menor de 48,2 y el suelo residual el menor promedio con 47,2, lo cual es acorde al orden de los puntajes para el aspecto de preferencia 56, 51 y 49, respectivamente, encontrando una diferencia no tan significativa, pero liderando el concreto, a pesar de que en algunos aspectos se reconoció que el suelo residual podía tener mayor puntaje.

De igual forma, para identificar si existen diferencias significativas entre las tendencias de aceptación entre el concreto y el suelo residual, se realizó una prueba de hipótesis para las respuestas obtenidas en este aspecto en la encuesta aplicada.

\bar{x}_1 = Media de la preferencia de las empresas constructoras en la utilización del concreto

\bar{x}_2 = Media de la preferencia de las empre-

sas constructoras en la utilización del suelo residual

$$s_1^2 = \text{Varianza concreto}$$

$$s_2^2 = \text{Varianza suelo residual}$$

n_1 = Muestra

n_2 = Muestra

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < \bar{x}_1 - \bar{x}_2 + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

Prueba de hipótesis para la diferencia de medias

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0,05$$

Análisis estadístico de prueba de intervalo de confianza para diferencia de medias

Preferencia Concreto		Preferencia Suelo residual
Media	4	3,5
Varianza	0,769230769	2,269230769
Observaciones	14	14
Varianza agrupada	1,519230769	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	26	
Estadístico t	1,073265454	
P(T<=t) una cola	0,146506368	
Valor crítico de t (una cola)	1,70561792	
P(T<=t) dos colas	0,293012737	
Valor crítico de t (dos colas)	2,055529439	

Tabla 1. Análisis de datos prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales. Fuente: Ana María Yepes, 2018

$$4 - 3,5 - 2,145 \times \sqrt{\frac{0,769}{14} + \frac{2,269}{14}} < \mu_1 - \mu_2 < 4 - 3,5 + 2,145 \times \sqrt{\frac{0,769}{14} + \frac{2,269}{14}}$$

$$-0,766 < \mu_1 - \mu_2 < 1,232$$

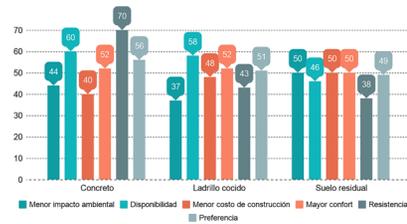


Figura 7. Comparación de percepción de materiales. Fuente: Ana María Yepes, 2018

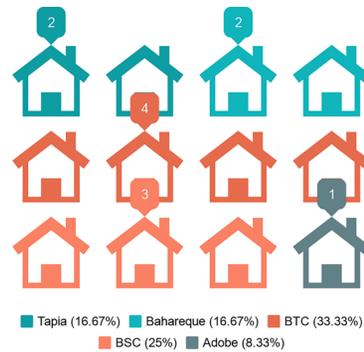


Figura 8. Utilización de técnicas constructivas en suelo residual. Fuente: Ana María Yepes, 2018

Dado que el intervalo pasa por cero no hay suficiente razón para rechazar H_0 . Entendiendo que es posible implementar el suelo residual en diferentes procesos constructivos, no solo para la configuración de estructuras las empresas constructoras contestaron con qué frecuencia utilizan el suelo residual en sus obras en alguna de las etapas constructivas, obteniendo que la frecuencia con mayor porcentaje 42,86 es pocas veces, seguido de nunca 35,71% y casi siempre 21,43%. De este modo, como los resultados arrojan que no hay una utilización con una frecuencia alta, si existen algunos momentos donde es usado.

A su vez, con la intención de conocer entre las empresas que utilizan el suelo residual para construir se preguntó sobre las técnicas implementadas con mayor frecuencia, obteniendo un porcentaje de 33,33% para el BTC,

seguido del BSC 25%, la tapia y el bahareque con un valor igual 16,67% y el adobe 8.33%, de lo que se infiere que a pesar de que la tapia y el bahareque guardan mayor tradición, las investigaciones en torno a la ciencia de los materiales logra que el BTC tenga un mayor posicionamiento.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

La reivindicación de la tierra (suelo residual) como material para la construcción se comienza a dar en el momento en que la academia forme profesionales especializados en el tema, si bien, este ya es tratado en algunas universidades de la ciudad, aún falta que adquiera más fuerza, ya que dentro de toda la formación brindada al estudiante solo representa un pequeño porcentaje, si se tiene en cuenta que solo hace parte de un tema dentro de una sola asignatura en todo el plan de estudios. Adicional, el papel de las empresas constructoras también es importante para dicha reivindicación, la cual es lograda cuando éstas incluyan dentro de sus proyectos el material, porque han entendido que el buen comportamiento del material depende es del contexto en el que sea empleado, pero para esto también se hace necesario que exista una normativa más amplia en el tema que permita respaldar el trabajo de los profesionales.

Todavía no es generalizada la aceptación del suelo residual por parte del sector de la construcción en la ciudad de Medellín, sin embargo, es un proceso que ha adquirido más fuerza en los otros municipios del departamento de Antioquia con más ruralidad, lo que puede ser un hecho incentivo para que con mayor confianza se pueda ir recuperando la identidad constructiva y el material adquiera un posicionamiento en el medio como una solución para proyectos de vivienda de bajo costo.

Las empresas más nuevas, formadas por los nuevos profesionales, fueron las que más mostraron afinidad con el tema del suelo residual, demostrando que estos pequeños avances que se perciben en la academia si han llegado a repercutir sobre ellos.

Es importante reconocer que a pesar de que existen empresas constructoras que no se dedican a la construcción con suelo residual en sus diferentes técnicas, sí realizan una reutilización del material en diferentes procesos, es

decir, el material pierde su connotación de desecho y desperdicio y adquiere valor, lo cual no solo se ve reflejado en ganancias económicas para la obra o proyecto por el ahorro en el botado de la tierra, sino una también ganancias ambientales en cuanto a su compromiso en este tema, teniendo en cuenta el ciclo de vida del material.

Contar en la ciudad de Medellín con antiguas construcciones en suelo residual que aún se conservan con el paso de los años, implica que los conocimientos de construcción con suelo residual no solo se centren en el desarrollo de nuevos proyectos sino también en la rehabilitación de dichas construcciones que representan patrimonio y que requieren de su conservación, ya que por la falta de este conocimiento, en muchos casos estas antiguas construcciones se ven afectadas por intervenciones realizadas en ellas o por la construcción de otras estructuras aledañas a ellas que manejan otro tipo de materiales, donde se hace necesario realizar correctamente el empalme de los dos materiales.

De acuerdo a la prueba de hipótesis realizada para el análisis estadístico de los datos obtenidos de la encuesta en cuanto a la preferencia que existe en la utilización del concreto o el suelo residual para la construcción por parte de las empresas constructoras, es posible afirmar con una confianza del 95% que no hay diferencias significativas entre las tendencias de escoger por parte de los constructores entre concreto y suelo residual, lo cual representaría un avance significativo en cuanto a la aceptación de este último material.

5.2. Recomendaciones

Es importante que el sector de la construcción comprenda que no se trata de satanizar o descalificar un material u otro, si no reconocer las bondades de cada uno para lograr una combinación acorde y favorable en el desarrollo de proyectos constructivos donde un material producto de la industrialización como el concreto pueda trabajar conjuntamente con otro tan tradicional y de valor patrimonial como el suelo residual.

El fortalecimiento de una institución de educación superior tanto desde sus profesionales capacitados para abordar el tema, como en la temática y la metodología, permite que se pueda desarrollar relaciones interinstitucionales logrando convenios de cooperación para

ofertar asignaturas donde se aborde el suelo residual como un material digno para la construcción desde su reciclaje, llegando así a un mayor número de estudiantes interesados por el tema no solo pertenecientes a una institución si no de todas aquellas que ofertan programas afines a la construcción, para ir abriendo camino entre las otras universidades que no ofertan las asignaturas y logrando que se haga parte de la formación fundamental de los profesionales de la construcción este tipo de materiales alternativos con un futuro en la construcción sostenible, de igual forma promover la investigación a nivel de ciencia, entendiendo que es a través de esta que se

logran avances e innovaciones desde la academia pero que pueden repercutir y aplicarse en el sector.

Se hace necesario mejorar y avanzar en la tecnificación del proceso de producción del BTC por medio de desarrollos tecnológicos, lo que permite una mayor aceptación y competitividad en el medio para el material.

Una línea de especialización enfocada a la utilización del suelo residual como material para la construcción, permite un mayor acercamiento de los profesionales al tema y mayor aceptación del material.

Bibliografía

- ACEVEDO, Harlem; VASQUEZ, Alejandro; RAMIREZ, Diego Alejandro. Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, vol. 15, no 1 (2012), p. 105-118.
- ALAVEDRA, Pere, et al. La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, vol. 49, no 451 (1997), p. 41-47.
- ALZATE, Juan Pablo; OSORIO, Juan Pablo. Baha-reque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma. Manizales, 2014. Tesis de maestría. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas.
- BEDOYA, Carlos Mauricio. Construcción sostenible: para volver al camino. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké, 2011. 154 p. ISBN 978-958-98269-2-8.
- BEDOYA, Carlos Mauricio. Del residuo al material: minería a la inversa. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké, 2015. 158 p. ISBN 978-958-731-139-6.
- BEDOYA, Carlos Mauricio. Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material. *Revista de Arquitectura*, vol. 20, no 1 (2017). doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.1.1193>
- BESTRATEN CASTELLS, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio; ALTEMIR MONTANER, Anna. Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, vol. 63, no 523 (2011), p. 5-20.
- GALINDEZ, Fernando. Bloques de tierra comprimida sin adición de cemento (BTC): Aportación al ahorro energético. *Seguridad y medio ambiente*, vol. 29, no 115 (2009), p. 62-73.
- GONZÁLEZ, Luis Fernando. Artesanos y Maestros en la arquitectura de Medellín y Antioquia 1775 – 1932. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Arquitectura, 2008. 195 p. ISBN 9789587280036.
- GUERRERO BACA, Luis Fernando. Arquitectura en tierra: hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, vol. 20, no 2 (2007), p. 182-201.
- GUIBBERT, Jean Jacques; ROCCA LYNN, L. Tecnologías urbanas socialmente apropiadas experiencias colombianas. Bogotá, 1987.
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. Quinta edición. México: McGRAW.HILL, 2010. ISBN 978-607-15-0291-9.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión ambiental: análisis de ciclo de vida, principios y marco de referencia. Bogotá: ICONTEC, 2007. (NTC 14040).
- MINKE, Gernot. Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. MINKE, Gernot. Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, 2001.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Sistema de Créditos Académicos [en línea] <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87727.html>
- NACIONES UNIDAS. Objetivos de desarrollo sostenible [en línea] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible/>
- PORTAFOLIO. PIB: el 2015 no fue malo, pero la previsión del 2016 luce pesimista [en línea] <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/pib-analisis-2015-previsiones-2016-492325>
- RAMIREZ, Aurelio. La construcción sostenible. *Física y Sociedad*, vol. 13 (2007), p. 30-33.
- RIVERA, Santiago. El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia. *Apuntes*, vol. 20, no 2 (2016), p. 354-383.
- SALDARRIAGA, Beatriz. Soluciones de vivienda a bajo costo. Tierra cruda. Libro II. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2016.
- SANCHEZ GAMA, Clara Eugenia. La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. *Apuntes*, vol. 20, no 2 (2007), p. 242-374.
- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTA. Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción. Bogotá, 2013.
- SIERRA, Andrés Felipe. Resource efficient construction materials for Social Housing in Colombia Integrated life cycle approach for responsible material selection in rural areas. Hamburg, 2016. Master thesis document. HafenCity Universität, Hamburg, Germany.

YEPES GAVIRIA, Olga Nallive. El bloque de suelocemento (BSC) al bloque deopolimerizado (BSG). Medellín, 2012. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Arquitectura.

VÁZQUEZ, Mariano. "Arquitectura, economía y ecología". Boletín CF+S. 14. Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos. Madrid, 2000. España.

VIVAS, Fruto. "Las casas más sencillas". Fundación editorial El perro y la rana. Guarenas, 2011. Venezuela.

YAMÍN, Luis; BERNAL, Camilo; REYES, Juan, & RUIZ, Daniel. "Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo sísmica, rehabilitación y refuerzo". APUNTES, vol. 20 (n° 2), 286-303. Bogotá, 2007. Colombia.

Citas y notas

***Ana María Yepes González.** Arquitecta Constructora, Egresada, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Carlos Mauricio Bedoya Montoya. Arquitecto Constructor, Docente, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. (Docente y tutor del programa de Construcción en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín)

³HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. Quinta edición, México, 2010. P. 3

⁴HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. Quinta edición, México, 2010. P. 176

⁵GUIBBERT, Jean Jacques; ROCCA LYNN, L. Tecnologías urbanas socialmente apropiadas experiencias colombianas. Bogotá, 1987. P. 89

⁶BEDOYA, Carlos Mauricio. Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material, Medellín, 2017. P. 63.

¹BEDOYA, Carlos Mauricio. Del residuo al material: minería a la inversa, Medellín, 2015. P. 20.

²BEDOYA, Carlos Mauricio. Del residuo al material: minería a la inversa, Medellín, 2015. P. 52.

⁷BEDOYA, Carlos Mauricio. Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material, Medellín, 2017. P. 69.

ANÁLISIS DE LOS VALORES DE INCIDENCIA SOLAR EN SUPERFICIES CONFIGURADAS CON PRODUCTO ARQUITECTÓNICO CERÁMICO

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Andrea Paola Colmenares Uribe Arquitecto.*

Jorge Sanchez Molina. PhD Doctorado en Ingeniería de los materiales y energías sostenibles.

Carmen Xiomara Díaz Fuentes. PhD (c) Doctorado en Tecnología de la Arquitectura, Edificación y Urbanismo

Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Norte de Santander – Colombia.

PALABRAS CLAVE: Simulación, Eficiencia energética.

Resumen

En el camino hacia la sostenibilidad se han desarrollado múltiples estrategias, programas y herramientas de simulación para mejorar los procesos de diseño desde la planificación. Si bien es claro, la arquitectura se compone de diversos elementos que aportan en gran medida a la calidad del rendimiento energético de la edificación. Desde la proyección de realidades virtuales condicionadas con datos específicos de cada región es posible evaluar y comprender los efectos ambientales de cada decisión, en el caso de la selección de materiales resulta mucho más práctico identificar

cuáles son los productos que ofrecen mejores propiedades físicas, mecánicas y estéticas, sin embargo, la oferta en mercados locales se ve reducida porque los productos disponibles no cumplen todas las características deseadas. Este trabajo analiza, por medio de simulaciones, la relación formal de la configuración de un muro con ladrillo cerámico y sus innovaciones, con los valores de incidencia solar promedio horario, de una superficie bidimensional versus la alteración de esta superficie en planos inclinados, simulados en el software ECOTECT, en 3 periodos de tiempo en

el día (8:00-9:00; 12:00-13:00; 15:00-16:00) en Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre en la ciudad de Cúcuta. Los resultados demuestran una disminución favorable en los valores de incidencia solar en las superficies de planos inclinados y pronostican las variaciones según su orientación, dejando claro la importancia de aplicar este tipo de instrumentos en el proceso de diseño como herramienta digital oportuna para la toma de decisiones en la fase de diseño.

1. Introducción

El aumento de temperaturas urbanas y edificaciones interiores ha alertado diferentes disciplinas, enfocando investigaciones en la mitigación del fenómeno de la Isla de Calor Urbana (ICU). Las zonas urbanizadas representan tan solo el 2,8 % de la superficie total del planeta, sin embargo son responsables del 75% del consumo mundial de los recursos y el 32% del consumo total de energía (edificios) (ALCHAPAR & CORREA, 2015). Teniendo en cuenta la magnitud de esta problemática, el compromiso de países desarrollados con la sostenibilidad enmarca objetivos enfocados en la reducción de gases efecto invernadero, uso de tecnologías sustentables y mantenimiento de ecosistemas (BADII, LANDEROS, & CERNA, 2007). Desafortunadamente, en el mundo de la construcción existe una gran empatía por la cristalización de las fachadas y el desconocimiento de nuevas soluciones materiales y constructivas para la innovación en diseños arquitectónicos más eficientes (ARAVENA, 2014).

Las envolventes urbanas demandan una carga energética de acuerdo al comportamiento térmico y óptico de los materiales que las componen, por tal motivo es importante comprender la interacción entre el edificio y su entorno inmediato como medida de control del consumo de energía a través de la reducción de temperaturas exteriores e interiores y la mitigación de la ICU para una mejora en la calidad del aire y de vida. Una estrategia potencial, en términos de sostenibilidad, es el enfriamiento pasivo por medio de la selección adecuada de materiales para fachada de un edificio, los beneficios presentan una relación costo-efectividad muy estrecha, ya que no genera costos adicionales por mantenimiento de sistemas complejos y a su vez, disminuyen el consumo energético por sistemas de refrigeración y calefacción y mejoran las condiciones

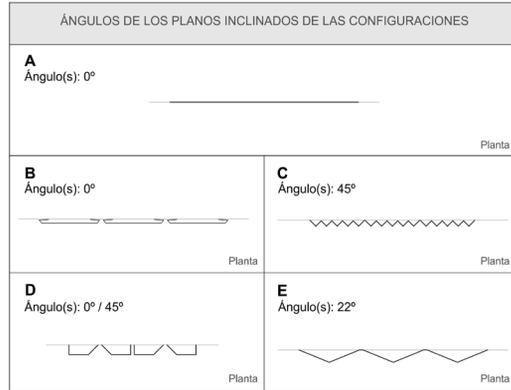


Figura 1 Ángulos de inclinación de los planos que configuran las superficies verticales simuladas A,B, C, D, E. La línea gris representa una guía para comprender las inclinaciones de los planos en cada una de las configuraciones, visto en planta. Fuente: Elaboración propia.

de habitabilidad de los usuarios (ALCHAPAR & CORREA, 2015).

Varios estudios aplican metodologías para concluir la importancia de la formulación de diferentes estrategias que replanteen los sistemas de acondicionamiento de energía de las edificaciones, los casos más comunes observan experimentaciones, in situ y digitales, entre materiales nuevos y tradicionales (BALTER, GANEM, & DISCOLI, 2016; NIÑO RAMIREZ & NAVARRO CAMARGO, 2017; CARDENAS JIRON, VASQUEZ PALAU, ZAMORANO, & ACEVEDO, 2016). Otros escenarios proyectan realidades virtuales en condiciones extremas para pronosticar el comportamiento de un material, sistema constructivo o volumetría de un proyecto arquitectónico, un caso particular es la simulación del impacto del albedo en materiales de cubierta, verdes y reflexivos, donde justifican la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías, materiales y procesos para mejorar los climas urbanos (SANTAMOURIS, 2014). La implementación de dichas metodologías nos acerca a opciones de diseño más consecuentes con el entorno. Este trabajo simula en ECOTECT, los valores de incidencia solar en ángulos de 0°, 22° y 45° en orientaciones Norte, Este, Oeste y Sur; posteriormente, se analizan los comportamientos y las variaciones que existen según la posición del muro (fachada), el horario y el

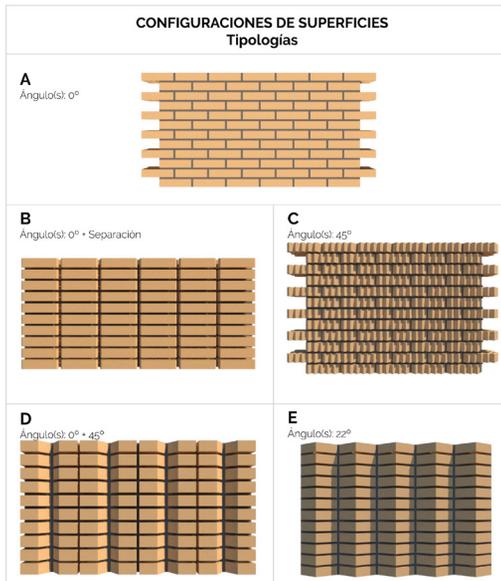


Figura 2 Tipologías de las configuraciones de superficies simuladas en ECOTECT. A, B, C, D, E están compuestas por diseños cerámicos tradicionales e innovadores para comparar los rendimientos de incidencia solar. Fuente: Elaboración propia

mes. Por último, se socializa la importancia de un estudio previo del comportamiento del diseño de un material en condiciones extremas

2. Metodología

Para el análisis de los valores de IS en superficies configuradas con producto arquitectónico cerámico, se ejecutaron las simulaciones en el software ECOTECT de los valores de IS sobre superficies verticales configuradas con las diferentes tipos de producto cerámico definidas en la Figura 1. Se configuraron 5 tipologías de superficies, donde la superficie A se compone del ladrillo multiperforado tradicional (ángulo 0°); la configuración B con una superficie de ángulo 0° y una leve dilatación; la tipología de muro C consiste en una serie de planos inclinados a 45° en ambos sentidos; la configuración D conjuga planos a 0° y 45° , en ambos sentidos y por último la configuración E se conforma por planos inclinados a 22° , en ambos sentidos.

Posterior a la definición de las tipologías de superficies configuradas según el tipo de producto cerámico, el modelado se importa en la interfaz del software ECOTECT bajo el forma-

to Wavefront (.OBJ) y se configura con bajo las condiciones geográficas de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, a lo largo del año (Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre) en tres momentos del día (8:00-9:00; 12:00-13:00; 15:00-16:00).

Latitud: $7,9^\circ$

Longitud: $-72,5^\circ$

Huso horario: - 5:00

La simulación en ECOTECT arroja resultados de los valores de IS más probables en las superficies de acuerdo a la forma de la configuración.

3. Análisis de valores de incidencia solar

Las superficies urbanas están envueltas en un sinfín de materiales que absorben y almacenan la IS en energía, traduciéndolo en un aumento crítico de las temperaturas exteriores e interiores, lo cual implica un detrimento en las condiciones básicas del hábitat humano (ALCHAPAR & CORREA, 2015). De acuerdo a Santamouris (2014), factores como, intensidad de radiación solar, temperatura ambiente, humedad ambiente, velocidad del viento y precipitación, deben ser considerados en sistemas de cubierta para determinar el almacenamiento de calor y la temperatura de las superficies, de lo cual se puede obtener la cantidad de energía transmitida a la edificación. En la medida que sea posible obtener datos específicos del rendimiento energético de los componentes optativos para el diseño de fachadas, será mucho más objetiva la selección final. Los materiales reflexivos son un ejemplo evidente del alcance de una solución constructiva que mitiga la absorción solar por medio de la reflectancia de la radiación en albedo (QIN, LIANG, TAN, & LI, 2016).

En la mayoría de los casos, la utilización de un material eficiente se considera una limitación en la construcción por costos, mantenimiento, desconfianza, entre otros. Del mismo modo, se desconoce por completo los beneficios energéticos que brindan los aspectos formales de una unidad constructiva tradicional, como es el caso del producto cerámico arquitectónico de la región en Norte de Santander donde, a pesar de que existe una amplia oferta de bloques y ladrillos cerámicos, la caracterización del material no describe las ventajas

ESTACIÓN UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (CÚCUTA)				
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m ²)				
HORA	MARZO	JUNIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
8:00-9:00	323,3	455,2	555,8	388,5
12:00-13:00	669,4	668,9	796,8	707
15:00-16:00	363,8	421,6	418,8	232,9

Tabla 1 Promedio horario de la radiación (Wh/m²). Extraído de la Tabla de Promedio horario de la radiación de la Estación UFPS. Fuente: Estación Universidad Francisco de Paula Santander (Cucuta) - IDEAM

térmicas. En este orden de ideas, el análisis de los valores de IS en muros es el primer paso para identificar el comportamiento del producto que configura la superficie vertical frente a la radiación solar, en diferentes horarios y meses, asimismo, se explora la alteración de los ángulos de los planos de cada configuración (configuraciones A, B, C, D, E) para dilatar los horizontes y las proyecciones formales de un elemento tan común en la industria arcillera.

Para una mayor comprensión de la información obtenida en las simulaciones, se adjunta un extracto de la tabla del promedio de la radiación solar en Cucuta (Estación meteorológica UFPS). En la Tabla 1 se resumen los valores de 3 horarios diarios: (a) 8:00-9:00, (b) 12:00-13:00 y (c) 15:00-16:00 en Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre, de esta manera se examina los puntos débiles de cada fachada y la orientación de cada ángulo. De acuerdo a la información obtenida de la IS promedio en la ciudad de Cucuta, se identifica que los picos de radiación se encuentran entre las 12:00 y 13:00 horas en Septiembre y Diciembre; en los horarios de las 8:00-9:00 y 15:00-16:00, los meses de Junio y Septiembre registran los valores más altos. La selección de meses y horarios se determinó por las transiciones de la trayectoria solar entre solsticios y equinoccios. Las figuras de los análisis comparativos incluyen los valores de incidencia solar de los planos orientados hacia otras direcciones y se distinguen con la letra según corresponda (N: norte; E: este; O: oeste; S: sur)

3.1. Análisis comparativo de valores de incidencia solar en el mes de Marzo

Teniendo en cuenta la Tabla 1 y la Figura 3,

las configuraciones A y B ubicadas en la fachada Este y Oeste obtienen más del 80% de la radiación solar en la mañana y en la tarde en Marzo, mientras que en el periodo de las 12:00-13:00 horas, solo alcanza un 34 % de la IS. En el caso de la configuración C y D, en el primer y último lapso logra reducir hasta un 60% en la mitad (C) y en $\frac{1}{4}$ (D) de la superficie total, por otra parte, los planos de la configuración E alcanzan una reducción menor, hasta del 76% de la IS total (323,3 Wh/m²). De acuerdo a esta información, se puede concluir la configuración con mejor rendimiento es la C.

Las fachadas Norte y Sur presentan un comportamiento similar, las configuraciones A y B alcanzan promedios horarios de IS entre el 30% y 34%, pero en las configuraciones C, D y E las inclinaciones aumentan la radiación a 60% y 82% (mañana) en la mitad o $\frac{1}{4}$ del área total de la superficie; y en la tarde, las inclinaciones pueden representar una subida del 60% y 75% en la mitad y/o $\frac{1}{4}$ de la superficie.

8:00-9:00: Las configuraciones ubicadas en la fachada Este reciben los valores de IS más altos (hasta 273 Wh/m²), los planos inclinados hacia el Norte reducen a 192 Wh/m² y los orientados hacia el Sur, en menor medida, 246 Wh/m². En la fachada Norte y Sur, los planos orientados hacia el Oeste reducen a 84 Wh/m² (el valor mínimo en este horario), mientras que los planos orientados hacia el Este alcanzan valores de 165 Wh/m² y 264 Wh/m².

12:00-13:00: Es este horario, la fachada Oeste presenta la mayor IS, seguida por la fachada Sur. Los planos inclinados hacia el Norte y Este en la fachada Oeste y Sur, reducen los valores de IS.

MARZO									
08:00-09:00	A	B	C		D		E		
Norte	84	84	165 E	84 O	192 E	84 O	111 E	84 O	
Este	273	273	246 S	196 N	246 S	273 N	192 S	246 N	273 N
Oeste	84	84	84		84		84		
Sur	111	111	84 O	264 E	84 O	111 E	246 E	84 O	192 E
12:00-13:00	A	B	C		D		E		
Norte	180	180	180		180		180		
Este	180	180	180		180		180		
Oeste	228	252	204 N	228 S	180 N	228 S	204 N	228 S	
Sur	204	204	228 O	180 E	204 O	228 E	156 E	204 O	180 E
15:00-16:00	A	B	C		D		E		
Norte	84	84	84 E	219 O	84 E	219 O	84 E	138 O	
Este	84	84	84		84		84		
Oeste	300	300	219 N	246 S	219 N	300 S	246 N	273 S	300 S
Sur	111	111	273 O	84 E	246 O	111 E	84 E	192 O	84 E

Figura 3 Análisis comparativo de los valores de incidencia solar en Marzo. Datos obtenidos de la simulación en los horarios de 8:00-9:00, 12:00-13:00 y 15:00-16:00. Fuente: Elaboración propia

15:00-16:00: La fachada Oeste presenta los valores de IS más altos, seguido por la fachada Sur. Al igual que en el horario de las 12:00-13:00, los planos inclinados hacia el Norte (en la fachada Oeste) y los orientados hacia el Este en la fachada Norte y Sur son aquellos que reduce la IS considerablemente, sin embargo los valores de los planos orientados hacia el Oeste, en la fachada Norte y Sur, superan la IS de un muro tradicional.

3.2. Análisis comparativo de valores de incidencia solar en el mes de Junio

En Junio, las fachadas Este, Oeste y Norte evidencian notoriamente la afectación en los valores de IS según el ángulo de inclinación de los planos que las componen. Las configuraciones A y B mantienen el patrón de comportamiento del mes de Marzo, del mismo modo C (½ del área total), D (¼ del área total)

obtienen una reducción de la radiación solar directa del 36,2% en la mañana en posición Este y del 45,5% en la tarde en posición Oeste. Por otro lado, la configuración E reduce, en menor medida, entre el 53,8% y el 59,7% en la fachada Este y Oeste a las 8:00-9:00 y 15:00-16:00 en la mitad del área total de la superficie. La configuración C conserva un buen rendimiento en el mes de Junio.

La fachada Norte tiene un promedio de IS del 42% según las configuraciones A y B en la mañana y en la tarde, sin embargo C, D y E tienen la capacidad de disminuir la IS hasta un 18% y 20% en la mitad del área total pero a su vez, aumentan los valores desde 59% hasta 65,9% y 71% de la superficie restante.

8:00-9:00: Los planos orientados hacia el Oeste en la fachada Norte y Sur y los orientados hacia el Sur en la fachada Este reducen

JUNIO										
08:00-09:00	A	B	C		D		E			
Norte	192	165	300	84	273	165	84	246	165	111
Este	300	300	165	300	165	300		245	300	
Oeste	84	84	84		84		84			
Sur	84	84	84	165	84	165	84			
12:00-13:00	A	B	C		D		E			
Norte	252	252	204	252	156	228	252	204	252	
Este	156	156	180		156		156			
Oeste	252	252	252	204	252	228	156	252	204	
Sur	156	156	180		156		156			
15:00-16:00	A	B	C		D		E			
Norte	165	178	84	300	84	165	300	84	252	
Este	84	67	84		84		84			
Oeste	326	326	300	192	300	192	289	252		
Sur	84	67	165	84	192	84	67			

Figura 4 Análisis comparativo de los valores de incidencia solar en Junio. Datos obtenidos de la simulación en los horarios de 8:00-9:00, 12:00-13:00 y 15:00-16:00. Fuente: Elaboración propia

los valores de IS.

12:00-13:00: En el horario de los 12:00-13:00, la incidencia se reduce orientando los planos hacia el Sur y el Este, en la fachada Oeste y Norte.

15:00-16:00: Las fachadas Sur y Este presentan la menor IS, por tal motivo es conveniente inclinar los planos en esas direcciones en las fachadas Oeste y Norte.

3.4. Análisis comparativo de valores de incidencia solar en el mes de Septiembre

En el mes de Septiembre, el promedio de radiación solar alcanza los valores más altos a las 8:00-9:00 (555,8 Wh/m²) y 12:00-13:00 (796,8 Wh/m²). En la fachada Este y Oeste, las configuraciones A y B alcanzan el 72% de la IS en el primer y último horario mientras que

las configuraciones C, D y E logran disminuir los valores. En el caso de la configuración C, el porcentaje de reducción esta entre el 52% y 59% en la mañana en el área total, así mismo, D obtiene el mismo resultado pero solo en la mitad de la superficie. En menor medida se ubica C con 65,5% de minoración en ½ del muro. A las 15:00-16:00 horas, el mejor comportamiento lo presenta la configuración C minimizando hasta un 59% la IS en la totalidad de la superficie; en cambio, D solo disminuye el 59% en la mitad del área total de la superficie. Por consiguiente, C resalta sobre las demás configuraciones por su capacidad para mitigar la exposición directa de la IS.

8:00-9:00: En la fachada Sur se identifica que los planos orientados hacia el Oeste reducen los valores de IS y los orientados hacia el Este aumentan, en algunos casos, la duplican en una superficie plana. En la fachada Este, se

SEPTIEMBRE									
08:00-09:00	A	B	C		D		E		
Norte	112	112	292	112	292	76	184	112	
Este	400	400	292	328	328	400	292	400	364
Oeste	112	112	76		76		112		
Sur	148	148	112	328	112	148	328	112	256
12:00-13:00	A	B	C		D		E		
Norte	185	185	208	254	185	231	185	208	
Este	185	185	208		185		208		
Oeste	254	254	254	277	254	277	277	300	
Sur	208	208	254	208	277	208	185	231	208
15:00-16:00	A	B	C		D		E		
Norte	118	118	92	248	92	118	248	92	170
Este	92	92	92		92		92		
Oeste	300	300	248		248	300	300		
Sur	118	92	248	92	248	92	170	92	

Figura 5 Análisis comparativo de los valores de incidencia solar en Septiembre. Datos obtenidos de la simulación en los horarios de 8:00-9:00, 12:00-13:00 y 15:00-16:00. Fuente: Elaboración propia

observa que el mejor comportamiento lo presentan los planos inclinados hacia el Norte, pero en la fachada Norte los planos orientados hacia el Este duplican los valores.

12:00-13:00: La fachada Oeste presenta mayor IS en el horario de las 12:00-13:00. Sin embargo, es el punto del día donde se alcanzan valores altos en todas las fachadas. En el caso de la fachada Oeste, los planos orientados hacia el Oeste presentan los valores más bajos, junto con los planos orientados hacia el Norte (C, D), por otra parte los planos orientados hacia el Sur aumentan hasta +300 Wh/m². En la fachada Sur, la configuración D alcanza el valor más bajo en un área mínima. Las fachadas Este y Norte tienen IS promedio de 185 Wh/m², es el valor mínimo obtenido en este horario. Sin embargo, las inclinaciones en los planos no benefician el comportamiento de la superficie, especialmente los planos

orientados hacia el Oeste y Este.

15:00-16:00: La fachada Oeste recibe la mayor exposición solar. Las inclinaciones en las fachadas Norte y Sur aumentan los valores de IS en los planos orientados hacia el Oeste. Los planos inclinados hacia el Oeste en la fachada Sur y Norte aumenta entre 170 Wh/m² - 240 Wh/m², a diferencia de los orientados hacia el Este reducen hasta 92 Wh/m². Solo la configuración C y D reducen de +300 Wh/m² a 248 Wh/m² al inclinar los planos hacia el Norte y Sur.

3.4. Análisis comparativo de valores de incidencia solar en el mes de Diciembre.

Las configuraciones A y B alcanzan el 70% de la radiación solar en el Este y 57% en el Norte en el horario de las 8:00-9:00. Por otra parte, las configuraciones C, D y E logran reducir

DICIEMBRE									
08:00-09:00	A	B	C		D		E		
Norte	92	92	118 E	92 O	118 E	92 O	92		
Este	274	274	300 S	118 N	300 S	248	118 N	300 S	222 N
Oeste	92	92	92		92		92		
Sur	222	222	92 O	300 E	92 O	222	274 E	144 O	274 E
12:00-13:00									
12:00-13:00	A	B	C		D		E		
Norte	180	156	180		156		180		
Este	180	156	196 S	162 N	204 S	156	180		
Oeste	228	230	180 N	300 S	156 N	228	300 S	180 N	252 S
Sur	300	300	300 O	204 E	300 O	204 E	300 O	252 E	
15:00-16:00									
15:00-16:00	A	B	C		D		E		
Norte	84	84	84 E	111 O	84 E	138 O	84		
Este	84	84	84		84		84		
Oeste	273	273	192 N	273 S	111 N	246	273 S	213 N	273 S
Sur	165	156	273 O	84 E	273 O	165	84 E	219 O	84 E

Figura 6 Análisis comparativo de los valores de incidencia solar en Diciembre. Datos obtenidos de la simulación en los horarios de 8:00-9:00, 12:00-13:00 y 15:00-16:00. Fuente: Elaboración propia

entre el 27% y 37% de IS, al inclinar los planos hacia el Oeste y Norte en las fachadas de mayor incidencia (Este y Sur). Sin embargo, los planos orientados hacia el Sur y hacia el Este - posición Sureste – elevan la IS hasta un 77%.

Las configuraciones A, B y los planos orientados hacia el Oeste y Sur, superan el promedio horario de radiación entre las 15:00 y 16:00 horas (117%). No obstante, los planos orientados hacia el Norte reducen entre el 47% y 91% la IS. Las configuraciones A y B, en fachada Sur, expresan el 67% de la radiación solar en la tarde, mientras que las configuraciones C, D y E presentan variaciones considerables en las inclinaciones de los planos, donde las superficies orientadas hacia el Oeste aumenta a 117%, en cambio los dirigidos hacia el Este reducen hasta el 36% de la IS.

8:00-9:00: Las fachadas Oeste y Norte reciben los valores de IS más bajos (92 Wh/m²), por esta razón se recomienda orientar las inclinaciones de los planos hacia el Oeste y Norte en las fachadas con mayor impacto solar como la Este y Sur.

12:00-13:00: A pesar de que en este horario todas las fachadas están expuestas a valores más altos, se logra una reducción en la fachada Sur, Oeste y Este al inclinar los planos hacia el Este y Norte.

15:00-16:00: La fachada Oeste es la más expuesta a la radiación solar. Sin embargo, las inclinaciones hacia el Norte permiten reducir los valores hasta 111 Wh/m². En el caso de la fachada Sur, los planos inclinados hacia el Oeste aumentan a 273 Wh/m² pero los inclinados hacia el Este, disminuyen a 84 Wh/m². La fachada Norte aumenta los valores si sus

planos se inclinan hacia el Oeste.

4. Conclusiones

Las tablas comparativas permiten identificar la variación de los valores de acuerdo al tipo de superficie. La geometrización de la superficie y la inclinación de los planos reducen la incidencia solar directa, en algunos casos, mientras que en otras situaciones aumenta los valores considerablemente debido a la orientación de los planos. Los análisis comparativos se clasificaron en meses (Marzo, Junio, Septiembre, Diciembre) y a su vez en horarios (8:00-9:00, 12:00-13:00, 15:00-16:00). La trayectoria solar durante el día incide principalmente en las fachadas Este y Oeste en la mañana y en la tarde, debido a que la posición del sol a las 8:00-9:00 y 15:00-16:00 horas es más perpendicular en las superficies verticales que a las 12:00-13:00 horas. Sin embargo, el sol en este horario (12:00-13:00) alcanza el punto más alto, por lo tanto la IS afecta y aumenta la exposición indirecta en todas las fachadas.

Para un mayor provecho del comportamiento de las inclinaciones, se recomienda aplicar las superficies en fachadas con mayor intensidad (Este y Oeste), de tal manera la reducción de los valores de incidencia solar será más notable en comparación a las posiciones Norte y Sur. En algunos casos, las inclinaciones hacia el Norte y Sur duplican los valores, restando

posibilidades de un beneficio considerable, por lo tanto se recomienda configurar las superficies verticales (en posición Norte y Sur) con planos orientados hacia una dirección según la eficiencia del ángulo y la dirección de la inclinación.

Para las fachadas Este y Oeste se recomiendan superficies con ángulos de inclinación de 45° en ambos sentidos, ya que al ser las posiciones con mayor exposición durante el día, es conveniente incluir planos orientados hacia el Norte y Sur para disminuir la radiación solar directa sobre el área de la superficie. Para las fachadas Norte y Sur se recomienda el uso de superficies planas y/o con inclinaciones en un solo sentido, de tal manera, la reducción de la IS será más efectiva. La configuración C resalta sobre las demás configuraciones por su capacidad para mitigar la exposición directa de la IS.

Gracias a este proceso fue posible concluir la importancia de aplicar herramientas digitales de simulación en etapas de diseño como un facilitador para la comprensión de información específica de un modelo, asimismo, amplió las posibilidades de exploración de formas, geometrías y composiciones con el fin de justificar la razón de ser de un producto con datos técnicos aproximados a la realidad. Reconocer el comportamiento de las unidades constructivas influenciado por la forma es una pauta para el diseño sostenible de producto

Bibliografía

ALCHAPAR, N., & CORREA, E. (2015). Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas. *Informes de la construcción*, 67(540), 1-12.

ARAVENA, A. (2014). *My architectural philosophy? Bring the community into the process*. Rio de Janeiro, Brasil: TEDGlobal.

BADII, M., LANDEROS, J., & CERNA, E. (2007). Papeles de los ecosistemas en la Sustentabilidad. *CULCyT/Ecología*, 4(21), 19-28.

BALTER, J., GANEM, C., & DISCOLI, C. (2016). Ahorros en los consumos para enfriamiento de espacios interiores mediante la evaluación de sistemas de protección solar en edificios residenciales en altura. El caso de la "Ciudad Oasis" de Mendoza, Argentina. *Habitat Sustentable*, 6(1), 72-83.

CARDENAS JIRON, L. A., VASQUEZ PALAU, J. P., ZAMORANO, J. C., & ACEVEDO, C. (2016). Explorando luz solar en modelos de desarrollo inmobiliario. Aplicaciones en cinco ciudades chilenas. *Revista de Urbanismo*(34), 158-173.

NIÑO RAMIREZ, M., & NAVARRO CAMARGO, J. (2017). Bloque Termodisipador. Desarrollo de una solución constructiva cerámica para la disminución de la radiación directa sobre las fachadas, caso Cucuta. Universidad Francisco de Paula Santander.

QIN, Y., LIANG, J., TAN, K., & LI, F. (2016). A side by side comparison of the cooling effect of building blocks with retro-reflective walls. *Solar Energy*, 133, 172-179.

SANTAMOURIS, M. (2014). Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703.

UFPS. Promedio horario de la radiación. Cucuta: IDEAM - Estación meteorológica Universidad Francisco de Paula Santander.

Citas y notas

* **Andrea Paola Colmenares Uribe** Arquitecto. Joven Investigador, Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Facultad de Ciencias Básicas, UFPS. Egresada de la Universidad Francisco de Paula Santander en 2017.

Jorge Sanchez Molina. PhD Doctorado en Ingeniería de los materiales y energías sostenibles, EPS de Linares, Universidad de Jaén-España. Director Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC. Docente titular, Facultad de Ciencias Básicas, UFPS. Director del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC.

Carmen Xiomara Diaz Fuentes. PhD (c) Doctorado en Tecnología de la Arquitectura, Edificación y Urbanismo, Universidad Politécnica de Cataluña. Director del Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos GRAMA. Docente auxiliar, Facultad de Educación, Artes y Humanidades, UFPS.

LA TIERRA COMO MATERIAL DE ACABADO: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

*Karla Juliana López Jaramillo**. Arquitecta constructora
Carlos Mauricio Bedoya Montoya. Arquitecto Constructor; Mg;
PhD, Docente

*Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura.
Medellín, Colombia.*

PALABRAS CLAVE: Construcción sostenible, tierra (suelo residual), acabado.

1. Introducción

La tierra ha sido empleada en Colombia desde la época precolombina como material de construcción dando solución a desarrollos habitacionales por medio de técnicas artesanales empleadas por todas las clases sociales. Paulatinamente se fueron incorporando materiales industriales como el ladrillo, el hormigón y el acero desplazando el uso de la tierra, limitándola a la arquitectura bucólica y degradándola al punto de ser vista con desdén, pues se convirtió en un material local alternativo para aquellos de poco poder adquisitivo o que no habían logrado avanzar hacia la modernidad

y el progreso que prometen los nuevos materiales. Sin embargo, la tierra, también llamada *suelo residual* (Bedoya, 2015), como material natural presenta grandes cualidades, entre ellas se destaca: su disponibilidad y abundancia, se obtiene usualmente in situ directamente de las excavaciones para cimientos (Minke, 2005); es un aislante térmico con poca transferencia de calor, baja energía incorporada e inercia térmica (Bedoya, 2011); no se ha demostrado que la tierra como material de construcción no sirve, que sus sistemas constructivos son inseguros o que no posea resistencia

sísmica (Rivero, 2007); presenta un costo asequible a cualquier comunidad; y sus beneficios estéticos se observan en la diversidad de tonalidades, colores, texturas y granulometría permiten múltiples opciones de diseño.

Para dar solución a los problemas que hoy atañen a la construcción a causa de su gran huella ecológica, se requiere no solo de compromiso social y conciencia ambiental, sino también de una retrospectiva de la actividad con el análisis del uso de materiales como la tierra que han dado resultados eficientes a la solución de la vivienda al ser empleada en la construcción como material de cerramiento en diferentes técnicas -bahareque, la tapia, el BTC y suelo-cemento- y que por medio de este trabajo se busca darle un enfoque hacia los acabados en la construcción evocándola en el presente y transformándola en un material innovador por medio de nuevas técnicas; abordando el concepto de sostenibilidad de forma serena y profunda, analizando mejor la forma y funcionamiento de todo lo que nos rodea para proponer nuevas opciones creativas.

2. Revoque

Actualmente, el revoque llamado *pañete o repello*, se puede definir como una o varias capas de mortero con un espesor entre uno y tres centímetros que se colocan sobre muros, techos y otros elementos con el fin de enlucir y dar mejor acabado a las superficies; mejorar la resistencia y estabilidad de los elementos de cerramiento.

El revoque puede estar compuesto por diferentes mezclas, normalmente son morteros a base de cemento, cal o ligante orgánico y arena lavada, la textura de la mezcla depende del tamaño del grano, la cual generalmente es rugosa, lo que hace que se utilice como un pre-acabado en caso de la superficie ser enchapada o pintada; o como un acabado cuando es dejado a la vista.

Los revoques en tierra se componen principalmente por arena, limo y arcilla, según las propiedades de la tierra, es necesario adicionar cal, cemento, fibras vegetales o algún material que ayude a mejorar la cohesividad y adherencia de la mezcla. Su uso principal es sobre elementos también fabricados a base de tierra, en estos su nombre más común es pañete; sin embargo, se adhieren muy bien

en superficies como ladrillos, piedra natural y hormigón, siempre y cuando las superficies sean rugosas.

Los revoques de suelo requieren dos etapas de aplicación. La primera capa, llamada *mortero base*, es un revoque con espesor entre 1,5 y 2,0 cm. La segunda capa, llamada para efectos del trabajo *mortero pañete*, es de apariencia fina, de un espesor inferior al anterior.

Proceso de aplicación mortero base

Se inicia humectando la superficie para garantizar la adherencia del revoque, para no comprometer la estabilidad del elemento, la aplicación del revoque se realiza en modalidad *untado* usando un palustre y comenzando desde la parte inferior de forma ascendente. Después de aplicar toda la mezcla, por medio de un perfil metálico rectangular se nivela el revoque buscando un espesor de 2 cm, se ubica el perfil tanto de forma vertical como horizontal en los bordes del muro para verificar por medio de una regla niveladora la verticalidad del revoque.

Para la aplicación del pañete, primero se cepilla el revoque base con un cepillo de alambre, para darle a la superficie mayor agarre por medio de estrías, seguido de esto, se humedece la base con un cepillo de cerdas más suaves (la superficie se debe humedecer sin ser saturada); se comienza a revocar desde la base y de forma ascendente, contiguamente se enraza en varias direcciones para nivelar la superficie. Se deja reposar dando espacio para un fraguado inicial de la mezcla y humedeciendo la llana de madera se alisa la superficie.

3. Materiales

Suelo. Los suelos se forman a partir de rocas del subsuelo, estas sufren un proceso de disgregación (meteorización física), seguido de una meteorización química, consecuencia de la roca madre de la que proceden y el clima que les rodea; en el intervienen gases, agua y sustancias inorgánicas y orgánicas. La arcilla actúa como aglomerante para pegar las partículas mayores en la tierra como lo hace en el hormigón el cemento. Limo, arena y otros agregados constituyen rellenos en la tierra. Dependiendo de cuál de estos tres componentes sea el predominante podemos hablar de un suelo arcilloso, limoso o arenoso.

(Minke, 2005)

Los revoques tradicionalmente realizados en Colombia son a base de cemento y arenas finas; en función de los resultados obtenidos se selecciona por comparación el suelo con mayor cantidad de limos por poseer propiedades como baja absorción, facilidad de manipulación, consistencia blanda y retención de agua moderada que, responden a las características del revoque. La proporción óptima de componentes de un suelo para pañetes en tierra es 60% de grava (arena con partículas $\leq 1/2''$), y un 40 % de limo y arcilla, 60% y 40% respectivamente.

Estabilizantes. Materiales, naturales o artificiales, que mejoran las propiedades de los suelos, pueden unificar las partículas de una mezcla para impedir la absorción de agua y evitar las contracciones y dilataciones que en ella se produzcan. Aporta, además, resistencia mecánica y un mejor comportamiento ante algunos agentes agresivos.

Los estabilizantes pueden ser químicamente inertes, son aquellos agregados que reducen los efectos de la contracción, pueden ser: arenas y arcillas, fibras animales y vegetales. También existen los fisicoquímicos, obtenidos artificialmente por medio de reacciones de físicas o químicas. Entre los principales se destacan resinas, asfaltos e hidrocarburos, cal viva y cal hidratada, cemento, silicato de sodio, caolín, yeso, brea, cenizas de alto horno y en algunos casos almidón.

Para efectos del presente trabajo se seleccionan los siguientes estabilizantes:

- **Cemento.** El cemento es el material aglutinante que al accionar con el agua activa las propiedades de adherencia y cohesión. El seleccionado para este trabajo es tipo UG (uso general). Densidad: 1,5 g/cm³
- **Cal.** Es un material resultante de la humectación de la cal viva (óxido de calcio, CaO) hasta satisfacer su afinidad química. Mejora la calidad de la obra y le da, al mortero, elasticidad, plasticidad y manejabilidad.
- **Arena.** Las arenas utilizadas en el presente trabajo son de procedencia desconocida, sin embargo, son áridos libres

de impurezas y bien granados. Densidad arena fina: 1,6 g/cm³; densidad arena gruesa: 1,7 g/cm³

- **Fibras: Cascarrilla de arroz.** Presenta un aspecto reticulado y sobre la parte superior del lema suele extenderse una especie de filamentos, dependiendo de la variedad. La composición orgánica de la cáscara de arroz es similar a la de la mayoría de las fibras orgánicas, conteniendo celulosa, hemicelulosa, lignina, compuestos nitrogenados, lípidos y ácidos orgánicos². Y **Fique.** El Fique proviene de una penca llamada Agave o Maguey, de familia Agavaceae, es una herbácea de hojas largas, angostas y carnosas, de color verde. Para el presente trabajo la fibra se obtiene directamente de la materia prima de forma manual realizando un raspado o macerado de las hojas hasta eliminar por completo el bagazo, es cortada en longitudes entre 2 y 3 cm.

Agua. El agua, tratada y distribuida por empresas públicas de Medellín, cumple con la NTC 3459; limpia, potable y libre de sustancias nocivas que alteren las características del mortero. Densidad: 1,0 g/cm³.

4. Metodología

El desarrollo metodológico de este proyecto investigativo se basa en observaciones y mediciones que inician con el reconocimiento cualitativo y sensorial para ser traducidos a un lenguaje técnico por medio de ensayos y análisis estandarizados. En un primer momento se realiza la caracterización del material principal, la tierra, con el análisis de sus propiedades físico-químicas; seguido de esto, se inicia un trabajo de campo con un carácter cualitativo distribuido en sesiones para la confección del revoque, se realizan 3 diseños de mezcla por volumen variando las dosificaciones de la tierra y las fibras para cada uno de los morteros o capas del revoque. El trabajo de campo es llevado al laboratorio para darle a la investigación un enfoque más técnico con el fin de cuantificar por medio de ensayos ya estandarizados el comportamiento de los materiales propuestos en este proyecto.

5. Composición del suelo: ensayos y resultados

Caracterización del suelo. Uno de los proble-



Ilustración 1 Muestras de suelo. Fuente: Elaboración propia. (López, 2017)

Muestra	M1	M2	M3
Color	Terracota	Ocre muy claro	Café y granos terracota
Olor	Ácido, penetrante	Inodoro, poco perceptible	Orgánico suave
Humedad	Húmeda	Seca	Húmeda
Reacción HCl	Nula	Nula	Nula
Textura	Arcillosa	Limosa	Arcillosa
Sedimentación	Heterogéneo	Homogéneo	Heterogéneo
Brillo	Brillante	Mate	Semi-mate
Caída de bola	Fisuras	Desintegra	Fisuras
Consistencia	Dura	Blanda	Firme
Cementación	Moderada a fuerte	Débil	Moderada
Cohesión	-	-	-
Contenido de agua		53%	14%
Retracción		60%	10%
			33%
			40%

Tabla 1 Resultados caracterización de materiales

mas para la estandarización de la construcción con tierra es la diversidad en la composición química y física de los suelos, esto hace necesario realizar algunos ensayos estandarizados tanto para laboratorio como para campo que permiten el análisis y la caracterización del material. Algunos de los ensayos son realizados bajo las normas de Ensayo de Materiales dictadas por el Instituto Nacional de Vías (INV), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (NTC) y bajo los estándares técnicos para el aseguramiento de la calidad en productos alemanes creados por El Instituto Alemán de Normalización (DIN).

Para este trabajo se analizan tres muestras de suelo (Ilustración 1) diferentes procedentes del mismo lugar, Planeta Rica, Córdoba. Inicialmente se seca 3000 g de cada suelo al

horno por 24 horas con una temperatura de 60°C, se desterrona y tamiza por una malla de 4,75 mm.

Los análisis (Tabla 1) realizados fueron los siguientes; (a) color. Se determinó el color que caracterizaba cada muestra; (b) olor. Descripción del olor entre orgánico o poco usual (INV-E 102); (c) condición de humedad. En su estado natural se clasifica la humedad entre seca, húmeda y saturada (INV-E 102-13); (d) reacción con HCl. Esta prueba define el contenido de cal de una muestra; (e) lavado. Se frota entre las manos una parte húmeda, clasificando las muestras entre arenosa-gravosa, limosa o arcillosa; (f) sedimentación. Se decanta las muestras en su estado natural con adición de sal; (g) corte. Se determina el contenido de arcilla o limo teniendo en cuenta

DISEÑO DE MEZCLA POR VOLUMEN

Mortero base					
# Mezcla	Limo + arcilla	Arena de pega	Cemento gris	Agua	Cascarilla de arroz
1	60	35	5	2,5 L	15
2	58,5	33,5	8	3,0 L	15
3	57	33	10	3,5 L	10-15
Mortero pañete					
# Mezcla	Limo + arcilla	Arena de revoque	Cemento gris	Agua	Fique
1	45	50	5	1,7 L	5
2	46	46	8	2,0 L	7
3	42,5	57,5	10	2,5 L	5-10

Tabla 2 Diseño de mezcla por volumen. Trabajo de campo

el brillo del corte de la muestra (Minke, 2005); (h) caída de la bola. Se analiza la capacidad aglutinante del suelo dejando caer de 1,5m de altura una bola de 4cm de diámetro; (i) consistencia. En el procedimiento de la norma DIN 18952 se pide formar una bola de 2 - 3 cm de diámetro con tierra húmeda, seguido de esto formar un rollo de 3 mm de diámetro, deshacerlo y volver a formar la bola para intentar deshacerla haciendo presión con los dedos pulgar e índice; (j) cementación. Según la INV-E 102 se puede describir la cementación de los suelos como débil, moderada o fuerte de acuerdo a la presión que se debe ejercer para desmoronar la muestra; (k) cohesión. DIN 18952 (Minke, 2005), según las longitudes de ruptura mayores de cada grupo se determina la cohesividad graficando cohesividad vs longitud de rotura del ensayo del FEB. Se realiza la primera etapa del ensayo ya que no es posible hallar la cohesividad, pues la fuerza aplicada es desconocida. Sin embargo, se logra apreciar que las muestras uno y tres poseen mayor capacidad aglutinante.; (l) límites de Atterberg. Los límites de consistencia de Atterberg suministran los elementos para una rigurosa clasificación de las arcillas y para valorar muchas de sus propiedades. Se calcula el límite líquido NTC 4630 o la INV E-125, La norma INV E-125 indica que la determinación del límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación de suelos. Este en conjunto con el límite plástico e índice de plasticidad se usa para determinar correlaciones sobre su comportamiento ingenieril; (m) retracción

lineal. Se estudia la expansión del barro al entrar en contacto con el agua, así como su retracción al secarse son desventajosos para su uso como material de construcción.

Basados en los resultados de los ensayos realizados, se tienen los siguientes tipos de suelos:

Muestra 1. Posee las características de un suelo arcilloso con alto contenido férrico, pulverizado es de textura fina, en estado plástico posee alta capacidad aglutinante y es fácilmente moldeable, en estado seco es difícil pulverizar por su cohesividad.

Muestra 2. Se identifica como un suelo limo-arcilloso su granulometría es fina y cada una de sus partículas es muy perceptible al tacto, es de gran deformabilidad y difícil de amasar en estado plástico, requiere de poca agua para su humectación y la capacidad aglutinante es relativamente baja.

Muestra 3. Es un suelo arcillo-limoso primando la arcilla sobre los limos, sus reacciones a los ensayos

son muy similares a los resultados de la muestra uno, sin embargo, tiene mejor comportamiento que esta, es de fácil manipulación, con muy buena capacidad aglutinante, al momento de pulverizar se deja deformar con mayor desenvoltura.

	TAPIA	BTC	ADOBE	BAHAREQUE	PAÑETE
Gravas	60%	60%	40%	40%	60%
Arena	≤5cm	≤1/2"	≤1/2"	≤5cm	≤1/2"
	40%	40%	60%	60%	40%
Limos	20%	20%	20%	20%	20%
Arcilla	80%	80%	80%	80%	80%
Aire	2 ton/m ³	2 ton/m ³	1,5 ton/m ³	1,5 ton/m ³	1,5 ton/m ³
Agua	10-13%	10-13%	30%	30%	30%
Material orgánico	No lleva	No lleva	±1cm	5-10cm	1 cm

Tabla 3 Diseño de mezcla Santiago Rivero (2016)

6. Diseño de mezcla

Inicialmente se elaboran en un trabajo de campo con dosificación por volumen , posteriormente se realiza un trabajo de laboratorio con dosificación por peso con el fin de evaluar la fluidez y resistencia de los diferentes morteros.

6.1 Diseño de mezcla por volumen

Con la asesoría del Ingeniero Gustavo González, docente del SENA, se elige el suelo limo-arcilloso (muestra 2) y diseñan morteros con los materiales en diferentes porcentajes Tabla 2. Se usa el cemento gris como cementante y adicionan dos tipos de fibras, fique y cascarilla de arroz. Es importante mencionar también que el suelo se encontraba con la humedad natural, lo cual influye en la adición del agua.

6.2 Diseño de mezcla por peso

Para el análisis de las muestras en el trabajo de laboratorio, se decide fabricar dos morteros adicionales al mortero de suelo con cemento y fique y mortero de suelo con cemento y cascarilla de arroz: un mortero tradicional de relación 1:4 y también un mortero diseñado por el ingeniero Santiago Rivero usando cal como cementante Tabla 3.

Cálculo mortero de suelo con cemento

Dosificación del mortero M2 C:S:A.G=1:12:7 (peso)
Relación $A/C = 0,80$ (peso)

$$\begin{matrix} & 20 & 0,75 \text{ kg} \\ \text{Partes} & 1 & p \\ & & = 0,0375 \text{ kg} \end{matrix}$$

Peso del cemento $W_c = 0,0375 \text{ kg} \times 1p = 0,375 \text{ kg}$

Peso del suelo $W_s = 0,0375 \text{ kg} \times 12p = 0,45 \text{ kg}$

Volumen del suelo $V_s = \frac{0,45 \text{ kg}}{1,55 \text{ kg/dm}^3} = 0,29 \text{ dm}^3$

Peso de arena gruesa $W_{A.G} = 0,0375 \text{ kg} \times 7p = 0,26 \text{ kg}$

Volumen de arena gruesa $V_{A.G} = \frac{0,26 \text{ kg}}{1,7 \text{ kg/dm}^3} = 0,15 \text{ dm}^3$

Agua total de la mezcla

$$\begin{aligned} A_T &= (C \times 0,80) + \left(\frac{W_s \times \%Abz S}{100}\right) + \left(\frac{W_{A.G} \times \%Abz A.G}{100}\right) \\ A_T &= (0,0375 \text{ kg} \times 0,80) + \left(\frac{0,45 \text{ kg} \times 25,3}{100}\right) + \left(\frac{0,26 \text{ kg} \times 2,3}{100}\right) \\ A_T &= 0,150 \text{ dm}^3 = 150 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

El porcentaje de absorción de humedad del suelo es desconocido, por tanto, la cantidad de agua fue agregada por tanteo

Volumen cascarilla de arroz $V_{C.A}=100\text{ml}$

La cascarilla de arroz y el fique son agregados por volumen pues durante el desarrollo del presente trabajo se desconoce su peso específico.

De la misma forma son calculados los morteros presentados en la Tabla 4.

7. Ensayos y resultados

a. Ensayo de mesa de flujo.

Siguiendo el procedimiento de la NTC 5784 se realiza este ensayo con la intensidad de me-

Morteros con dosificación por peso

Mortero Tradicional									
# Mezcla	C:A:F	Cemento (kg)	Suelo		Arena Gruesa		Agua (dm ³)	Fibra	
			Peso (kg)	Vol (dm ³)	Peso (kg)	Vol (dm ³)		Peso (kg)	Vol (dm ³)
1	1:09:10	0,037 5	-	-	0,38	0,24	0,16	-	-
Mortero de suelo con cemento y cascarilla de arroz									
# Mezcla	C:S:A:G	Cemento (kg)	Suelo		Arena Gruesa		Agua (dm ³)	Cascarilla arroz	
			Peso (kg)	Vol (dm ³)	Peso (kg)	Vol (dm ³)		Peso (kg)	Vol (dm ³)
2	1:12:07	0,037 5	0,45	0,29	0,26	0,15	0,15	0,011	0,1
4	1:7,3:4,2	0,06	0,44	0,284	0,25	0,153	0,15	0,014 5	0,1
5	1:5,5:3	0,079	0,434	0,28	0,237	0,14	0,12	0,016	0,1
Mortero de suelo con cemento y fique									
# Mezcla	C:S:A:F	Cemento (kg)	Suelo		Arena Gruesa		Agua (dm ³)	Fique	
			Peso (kg)	Vol (dm ³)	Peso (kg)	Vol (dm ³)		Peso (kg)	Vol (dm ³)
3	1:09:10	0,037 5	0,34	0,22	0,38	0,24	0,16	0,005	0,3
6	1:5,75:5,75	0,06	0,345	0,22	0,345	0,21	0,13	0,003	0,3
7	1:4,2:5,8	0,07	0,395	0,25	0,286	0,18	0,14	0,002	0,3
Mortero de suelo con cal									
# Mezcla	C:S:F	Cal (kg)	Suelo:	Arena	Limo	Arcilla	Agua (dm ³)	Fique	
			Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)		Peso (kg)	Vol (dm ³)
8	1:3:1	0,15	0,45	0,27	0,036	0,144	0,265	0,005	0,25

Tabla 4 Morteros con dosificación por peso

# Muestras	Diámetro inicial	Diámetro final	Porcentaje de fluidez	Volumen agua (dm ³)	Consistencia al tacto	
					Plástica	Muy plástica
1	100	153,09	53%	0,15	X	
2	100	181,49	81%	0,15	X	
3	100	166,42	66%	0,16	X	
4	100	217,94	118%	0,15		X
5	100	123,7	24%	0,12	X	
6	100	131,2	31%	0,13	X	
7	100	151,79	52%	0,14	X	
8	100	183,21	83%	0,265		X

Tabla 5 Resultados ensayo de fluidez

dir la facilidad de manipulación de las mezclas por medio de su fluidez; dependiendo de la consistencia de la mezcla y cómo se encuentre en su estado plástico se dará la manejabilidad de la misma.

Al no calcular el agua por su relación con el cemento y teniendo en cuenta la absorción del suelo, arena y fibras se da una variación notable en la fluidez de las mezclas, se obtienen los resultados reflejados en la Tabla 5.

# Muestra	Dosificación	Material cementante	Tipo suelo	Tipo arena		Fibra	Peso (g)	Edad (días)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)	A fallada (m m 2)	Volumen (m m 3)	Densidad (g/mm 3)
				Fina	Gruesa									
M 1-1	C : A 1:4	Cemento	-	X	-	-	251,5	7	8,376	3,24		2562,85	130013,31	0,00193
M 1-2							256,7	7	8,376	3,24	3,23	2582,11	130938,75	0,00196
M 1-3							254,8	7	8,327	3,21		2589,79	131716,84	0,00193
M 2-1	C : S : A 1:12:7	Cemento (5%)	Limo-arcilloso	X	Cascanilla de arroz	-	253,1	7	2,228	0,87		2557,30	129297,05	0,00196
M 2-2							251,9	7	0,856	0,34	0,81	2536,11	128175,00	0,00197
M 2-3							254,8	14	1,093	0,42	0,42	2579,88	130901,91	0,00194
M 3-1	C : S : A 1,9:10	Cemento (5%)	Limo-arcilloso	X	Fique	-	248,3	7	0,688	0,34		2599,52	131997,82	0,00188
M 3-2							247	7	1,144	0,44	0,39	2613,63	132197,15	0,00187
M 3-3							247,7	14	1,54	0,58	0,58	2649,02	134834,94	0,00184
M 4-1	C : S : A 1,7,3:4,2	Cemento (8%)	Limo-arcilloso	X	Cascanilla de arroz	-	251,7	7	2,266	0,9		2521,31	127653,98	0,00197
M 4-2							253,1	7	2,135	0,86	0,88	2482,39	125807,68	0,00201
M 4-3							256,2	14	3,19	1,22	1,22	2562,70	129672,69	0,00198
M 5-1	C : S : A 1,5,5:3	Cemento (10%)	Limo-arcilloso	X	Cascanilla de arroz	-	267,6	7	5,509	2,09		2634,25	134056,98	0,00200
M 5-2							268,2	7	6,266	2,38	2,24	2635,83	133794,53	0,00200
M 5-3							267,5	14	7,989	3,04	3,04	2611,68	133012,81	0,00201
M 6-1	C : S : A 1,5,7,5:5,7,5	Cemento (8%)	Limo-arcilloso	X	Fique	-	260,9	7	1,831	0,81		2660,458	135711,7	0,00192
M 6-2							262,7	7	2,208	0,83	0,72	2648,642	134127,2	0,00196
M 6-3							256,9	-	-	-	-	2534,136	128556,7	0,00200
M 7-1	C : S : A 1,4,2:5,8	Cemento (10%)	Limo-arcilloso	X	Fique	-	254,8	7	2,997	1,18		2574,031	131301,3	0,00194
M 7-2							255,2	7	3,064	1,17	1,18	2608,113	132022,7	0,00193
M 7-3							253,5	-	-	-	-	2558,792	132136	0,00192
M 8-1	C : S : F 1,3:1	Cal	Limo-arcilloso-arenoso	X	Fique	-	200,7	7	0	0		2342,021	113752	0,00176
M 8-2							199,7	-	-	-	0,00	2311,384	112402,6	0,00178
M 8-3							194,2	-	-	-	-	2342,021	113752	0,00176

Tabla 6 Resistencia a la compresión de los cubos de mortero



Ilustración 2 Acabado final de pañete muestra 1. Fuente: Elaboración propia. (López, 2017)



Ilustración 3 Acabado final de pañete muestra 2. Fuente: Elaboración propia. (López, 2017)

b. Ensayo resistencia a la compresión.

Los morteros de recubrimiento no requieren una resistencia determinada, ya que su función no es estructural. Este ensayo se realiza para establecer una comparación de un mortero tradicional frente a morteros con suelo residual.

Se realiza el procedimiento de fallado como indica la NTC 220 usando una máquina de compresión hidráulica, en dos etapas, inicialmente se fallan todos los cubos a los 7 días como lo sugiere la norma y se decide fallar uno de cada tipo de mortero base con 14 días (Tabla 6).



Ilustración 4 Muestras pañete en estado endurecido. Fuente: Elaboración propia. (López, 2017)

8. Conclusiones y recomendaciones

- La apariencia final responde a un acabado liso como se muestra en las ilustraciones 2 y 3.

- Se observa tanto en el trabajo de campo como en laboratorio que la fibra es uno de los materiales principales a la hora de evaluar la retracción del recubrimiento ya que previene el desarrollo de fisuras o grietas en el revoque.



Ilustración 5 Falla de mortero tradicional y de suelo con cemento. Elaboración propia (López, 2017)



Ilustración 6 Falla de mortero de suelo con cal. Elaboración propia (López, 2017)

Tipo de mortero	Resistencia a la compresión			Cemento portland	Cemento albañilería	Cal	Agregado fino suelto
	MPa	Kg/cm ³	PSI				
M	17,2	175	2500	1 1	1 -	0,25	Entre 2,25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12,4	126	1800	0,5 1	1 -	0,25 – 0,50	
N	5,2	53	750	- 1	1 -	0,5 – 1,25	
O	2,4	25	350	- 1	1 -	1,25 – 2,50	
K	0,5	5	25	1	-	2,50 – 4,00	

Tabla 7 ASTM-270 Clasificación de los morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación (Arango, 2017)

- La adherencia del mortero depende más de la técnica de aplicación que de la fuerza con que este se lance. Durante el período de observación de los morteros por volumen, solo se generan dos fisuras en los revoques (Ilustración 4); una se da por una junta fría entre el mortero base y la terminación de la hilada de mampuestos que no tenía este mismo mortero; la segunda fisura es más prolongada y se produce por la retracción del revoque, es importante mencionar que la aparición de esta se debe a una aplicación realizada en una sola etapa, causa de la aparición de la fisura. Sin embargo, los revoques se conservan en un muy buen estado manifestando una buena adherencia y compactación.
- Todos los cubos, exceptuando los de mortero de cal, tuvieron una falla en forma de reloj de arena, como se muestra en las ilustraciones 5 y 6.
- Si comparamos los resultados expuestos en la Tabla 6 con las resistencias a compresión correspondientes a la Tabla 7 se obtienen morteros de resistencias muy propicias para ser considerado como mortero de pega para mampostería simple, resaltando además que las resistencias presentadas en la tabla son obtenidas a los 28 días y con adición de cal.
- Se puede considerar un uso del mortero de suelo con cemento al 10% y cascarilla de arroz como un mortero de pega, siempre y cuando se realicen ensayos más rigurosos teniendo en cuenta la evaluación de su adherencia.
- Los morteros M3, M4 y M5 tuvieron un aumento en la resistencia de 48, 38 y 36% respectivamente, mientras él M2 permanece en el mismo rango de valores. No es posible hacer una proyección de la resistencia a la compresión ya que, al ser

Mortero		Espesor (m)	Costo m3	Cantidad m2	Costo m2	Costo total m2
Tradicional		0,02	\$564.280	50	\$11.286	\$11.286
Suelo con 10% de cemento	Base	0,02	\$195.716	50	\$3.914	\$5.950
	Pañete	0,005	\$407.087	200	\$2.035	
Suelo con 10% de cemento	Base	0,025	\$195.716	40	\$4.893	\$6.928
	Pañete	0,005	\$407.087	200	\$2.035	
Suelo con 5% de cemento	Base	0,02	\$175.992	50	\$3.520	\$5.387
	Pañete	0,005	\$373.506	200	\$1.868	
Suelo con 5% de cemento	Base	0,025	\$175.992	40	\$4.400	\$6.267
	Pañete	0,005	\$373.506	200	\$1.868	

Tabla 8 Análisis de costos de 1 m² de revoque

- un material con pocos estudios, se desconoce su comportamiento en el tiempo.
- El período de observación fue entre 7 y 14 días en cada uno de los trabajos, no es el adecuado para evaluar la durabilidad de las mezclas propuestas ya que en este período no se logra la resistencia máxima ni determinar la influencia de las condiciones del ambiente en el acabado.
- Se hace necesario complementar con un análisis de costo basado en la dimensión espacial. El rendimiento de 1 m³ de mezcla en relación con el área que cubre se presenta en la Tabla 8 variando el espesor del revoque.

Bibliografía

- Arango, G. (2007). Teoría general y ensayos de laboratorio sobre el mortero. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Bedoya, C. (2011). Construcción sostenible: para volver al camino (2nd ed.). Medellín: Biblioteca Jurídica Diké. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Bedoya, C. (2015). Del residuo al material. Minería a la inversa. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké.
- Castilla Pascual, F. J. (2004). Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra. Universidad Politécnica de Madrid.
- Crespo Villalaz Carlos. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones (quinta edi). Monterrey: Limusa.
- Espuga, J., Berasategui, D., & Armengol, V. (1999). Revoques y estucados. Teoría y práctica. Barcelona: Edicions UPC. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=mKoxk4g0SB4C&pg=PA13&ots=L483axTbrd&dq=revoques&lr&hl=es&pg=PA43#v=onepage&q=revoques&f=false>
- Galvis, P. (2016). Confección de paneles prefabricados en tierra como una opción de acabado para la vivienda sostenible. Universidad Nacional.
- Gama-Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H., Jasso-Castañeda, C., ... De Allende, R. V. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. Boletín de La Sociedad Geologica Mexicana, 64(2), 177–188.
- Gómez D, L. H., González A, U., Yopez C, F. A., & Garcia H, G. A. (2014). Preparación de superficies y aplicación de acabados. Construcción y reparación de detalles arquitectónicos. Manizales, Caldas: SENA.
- Granero, P., & Rodríguez, G. (2010). TÓPICO Caracterización de Materiales – (Morteros) Estudio comparativo de morteros empleados como revoques en nuestro medio . Córdoba, Argentina: Cinpar.

- Juarez A, C. A. (2002). Concretos base cemento Porthand reforzados con fibras naturales (Agave Lechugilla), como materiales para construcción en México. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lexis 22. (1890). Mineralogía, Geología. In Diccionario Enciclopédico Vox. Círculo de Lectores.
- Martínez, R. E. (2004). Construcción de vivienda en tierra: las posibilidades de la tierra para la construcción de viviendas, sus tecnologías y articulación a normas sismo resistentes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Mejía E, O. (1975). Materiales y ejecución de acabados. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Minke, G. (2005). Manual De Construccion En Tierra (Segunda ed). Kassel, Alemania: Editorial Fin del Siglo. <https://doi.org/10.1007/3-7643-7873-5>
- Restrepo, J. (2002). Técnicas de ejecución de acabados arquitectónicos (Vol. 71). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008>
- Rivero, S. (2007). El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia. Scielo, 20(2), 354–363. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-97632007000200015&script=sci_arttext
- Sánchez Gama, C. E. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia , procesos y culturas constructivas. Apuntes: Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural, 20(2), 242–255.
- SENA. (1991). Revoque. Colombia: SENA.
- Serrano, T., Borraquero, M. V., Monzó, J., & Payá, J. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezcla y evaluación de propiedades. DYNA, 79, 128–136. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/28275/43524>

PROCESO DE EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE RECURSOS CERÁMICOS TRADICIONALES DE LA INDUSTRIA NORTESANTANDEREANA PARA LA CONFIGURACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MAMPOSTERÍA EFICIENTES.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

Marlyn Stephanny Narvárez Ortega Arquitecto. Joven Investigador. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Colombia.*

Jorge Sánchez Molina. PhD Doctorado en Ingeniería de los materiales y energías sostenibles, Universidad de Jaén-España.

Carmen Xiomara Díaz Fuentes. PhD(c) Tecnología de la Arquitectura, Edificación y Urbanismo UPC-España.

Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia.

PALABRAS CLAVE: Cerámica, Eficiencia térmica, Construcción.

Resumen:

La generación de innovación desde el proceso arquitectónico implica la definición de criterios de diseño como ejes estratégicos para el desarrollo de las diferentes etapas de exploración creativa. El presente proyecto parte del reto de añadir atributos de aislamiento térmico a sistemas constructivos de mampostería a partir del uso de productos cerámicos de la industria del área metropolitana de Cúcuta; el desarrollo de este objetivo se fundamenta en el reconocimiento de las fortalezas de los productos tradicionales, desde una primera etapa de exploración que clasifica desde la oferta

del mercado aquellos productos que por sus propiedades físico mecánicas representan una oportunidad para la eficiencia energética desde una preceptiva de bajo costo, siguiendo criterios teóricos, estos resultados constituyen el punto de partida para posteriormente establecer las estrategias de diseño para el enfriamiento pasivo aplicables a los recursos propios de la región; en un proceso de investigación que involucra métodos análogos y digitales a través de diferentes fases de exploración, descarte, definición, selección y validación, utilizando herramientas tecnológicas

gicas con parámetros propios del lugar, para establecer soluciones que aprecien el potencial de la tradición y configuren alternativas eficientes en confortabilidad y reducción de los consumos de energía en la construcción Norteesantandereana.

1. Introducción

Reconocer las oportunidades de los recursos materiales disponibles representa un punto de partida estratégico en la consecución de soluciones eficientes; en el área metropolitana de Cúcuta, la arcilla es una materia vernácula que articula todo un clúster cerámico en la región, los bienes derivados de este proceso productivo edifican la ciudad y definen su materialidad y formalidad estética. La adición de características desde el marco de la sostenibilidad es una necesidad inminente en el diseño arquitectónico y la construcción, la articulación de estrategias teóricas a recursos disponibles estructura el camino para resolver de forma integral los impactos negativos de la industria sobre el medio; esta investigación examina las características físicas y el comportamiento térmico de los productos industrializados más demandados en el mercado cerámico, para concebir un proceso de diseño exploratorio hacia el desarrollo de propiedades desde el sistema constructivo capaces de reducir los porcentajes de calor transferido al interior de la envolvente.

En zonas climáticas con temperaturas elevadas como el contexto medioambiental del municipio de Cúcuta con una importante radiación solar en horas al día característica de los climas tropicales cálidos, es necesario minimizar el impacto de los flujos de energía a través de la envolvente como protectora de las condiciones del ambiente exterior¹; el desarrollo científico desde el eje temático de la piel arquitectónica arroja conocimientos sobre las estrategias más eficaces para controlar las cargas térmicas en relación a la disminución de la energía transferida por el cerramiento y su reflejo sobre la temperatura total la edificación, los resultados más favorables se enmarcan principalmente en soluciones desde el control de las propiedades de la masa térmica a través de técnicas de aumento de espesor y ventilación natural² como sistemas pasivos inmersos en la materialidad y la disposición de las unidades constructivas³.

2. Análisis térmico

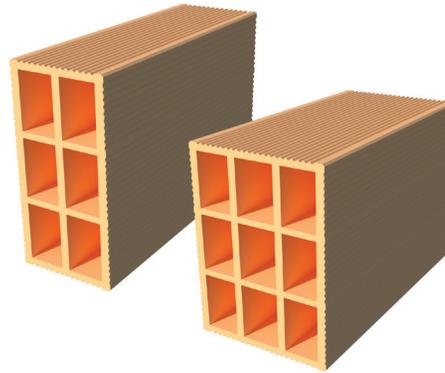


Figura 1. Vista isométrica de bloque cerámico H10 y Bloque cerámico H15. Fuente: Elaboración propia en software ANSYS R16.

Este estudio evalúa el potencial de añadir atributos de aislamiento pasivo en envolventes de mampostería construidas con productos tradicionales. En una primera etapa el objetivo se desarrolla al estudiar el rendimiento térmico de dos tipologías de producto cerámico fabricado tradicional de la región, el *Bloque H10* (10x20x30 cm) de 6 cavidades y el *Bloque H15* (15x20x30 cm) de 9 cavidades, en relación a la variante de espesor, evaluando el comportamiento de flujo de calor y la temperatura final a través de software ANSYS R16; una segunda etapa se examinan los resultados iniciales se descarta y explora las estrategias a más eficientes a través de fundamentos teóricos de resultados de investigaciones científicas, para definir y seleccionar la implementación de enfriamiento térmico a través del aumento de espesor en la masa térmica y la aplicación de ventilación natural como estrategias pasivas; finalmente se procesa a la validación de los resultados sometiendo a pruebas de simulación de transferencia de calor los supuestos teóricos, este proceso permite evaluar el desempeño térmico comparativo en relación a la muestra inicial.

2.1. Procedimiento Inicial

Para la primera etapa de simulación se usan datos de conductividad térmica $k_{Bloque} = 0,391 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ del bloque de arcilla estándar⁴, y las condiciones medioambientales locales para el mes de julio IDEAM⁵, seleccionando como *temperatura máxima promedio = 33°C* y *radiación solar máxima promedio = 695,4 W.h/m²*, para ser

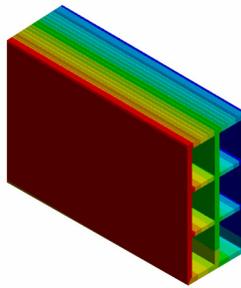
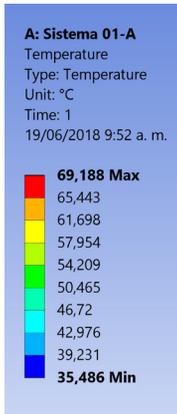


Figura 2. Distribución de temperatura bloque H10, Sistema 01-A. Fuente: Elaboración propia en software ANSYS R16.

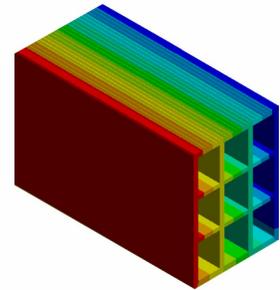
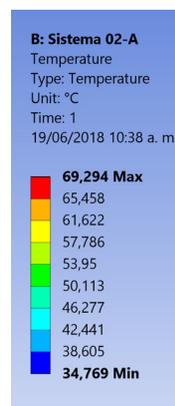


Figura 3. Distribución de temperatura bloque H15, Sistema 01-B. Fuente: Elaboración propia en software ANSYS R16.

Nombre	Temperatura máxima exterior (°C)	Temperatura promedio exterior (°C)	Temperatura mínima interior (°C)	Temperatura promedio interior (°C)
Bloque H10	69,188	69,168	35,486	35,667
Bloque H15	69,294	69,287	34,769	34,958

Tabla 1. Temperaturas en el exterior e interior.

aplicadas en un periodo de 1 hora, calculando una convección natural $h = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$, flujo de calor $695,4 \text{ W/m}^2$ y coeficiente de transferencia de calor por convección $h = 19,035 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ para la cara exterior de la geometría, donde tiene efecto la velocidad del viento⁶.

2.2. Resultados Iniciales

Los primeros resultados muestran 35,6°C en la temperatura final transferida para el Bloque H10 y 34,9°C para el Bloque H15 en promedio, manifestando una reducción comparativa de 0,7°C de energía final transferida en relación a la variante de espesor de 10 cm (6 cavidades) a 15 cm (9 cavidades), evaluando estos resultados con los datos del ambiente de temperatura promedio para la ciudad de Cúcuta, se obtiene una energía superior de 2,6°C para el Sistema 01-A y 1,9°C para el Sistema 01-B, emitida por el cerramiento; lo anterior, permite concluir que en ambos

formatos la temperatura final es superior a la temperatura ambiente y que la variante de espesor de 5cm entre los productos si genera una alteración, pero esta es poco significativa como método de aislamiento, desde esta perspectiva para llegar a una energía terminante de 0°C es necesario aplicar otros métodos adicionales que proporcionen mejores rendimientos.

2.3. Proceso de Exploración

A partir de los resultados obtenidos del procedimiento inicial con la evaluación de rendimiento térmico en productos tradicionales se inicia el proceso exploratorio para agregar atributos de aislamiento con un impacto más eficiente, este objetivo se desarrolla a través de la introducción de técnicas de ventilación natural pasiva como criterio de diseño en la construcción de cerramientos cerámicos desde la perspectiva del bajo costo y mínimo impacto aplicables a recursos propios de la

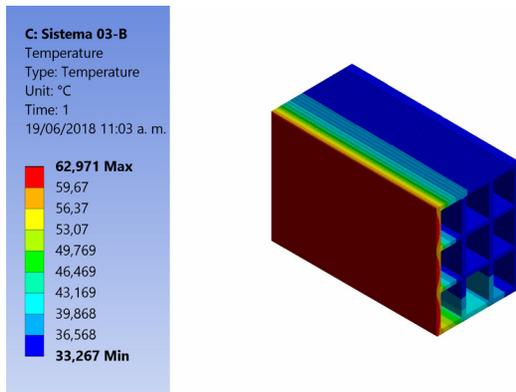


Figura 4. Distribución de temperatura Bloque H15 ventilado. Fuente: Elaboración propia en software ANSYS R16.

región. El método implementado consiste en explorar la posibilidad de optimizar el desempeño del Bloque H15 valorando las propiedades de las cavidades internas como posibles cámaras de flujo de aire, como un método ampliamente utilizado para reducir los porcentajes de calor transferido al interior de la envolvente⁷.

En este caso se evalúa la convección natural provocada sobre la primera hilera de 3 cavidades del Bloque H15 (15 cm), constituyendo un modelo de enfriamiento pasivo con soluciones alternativas que aprecien el potencial de la tradición en la construcción; en un sistema de mampostería que busca manipular los flujos energéticos desde la materialidad y la disposición constructiva evitando el recalentamiento de los planos de la envolvente⁸ al limitar la transferencia de calor no deseada del exterior al interior, revaluando los aspectos constructivos y arquitectónicos para disminuir las exigencias de refrigeración, y responder a los desafíos en la reducción del consumo energético⁹, a partir de conocimiento de las propiedades y el comportamiento térmico de los materiales de construcción como una de las estrategias más eficaces para tomar decisiones en el proceso de diseño de los componentes del cerramiento.

2.4. Procedimiento final

Finalmente se establece un modelo que articula canales de renovación de aire incorporando

propiedades a las características de las piezas a través de la disposición constructiva para formar cámaras ventiladas, favoreciendo la disipación de calor con el flujo de ventilación natural, alterando la transferencia de energía entre la capa externa sometida a incidencia solar y la temperatura final de la capa interna; la eficiencia de este método se estudia aplicando un análisis de transferencia de calor por medio de simulación de flujo de calor en relación al desempeño térmico empleando una variable de flujo de ventilación natural utilizando una velocidad de viento promedio (5,5 m/s) para una convección en orificios de ventilación (5 W/m². °C).

Los resultados finales muestran 33,4°C en la temperatura final transferida para el sistema propuesto, manifestando una disminución del 2,219 °C en promedio sobre los valores del Bloque H10 y Bloque H15, estos datos derivan la optimización de los resultados iniciales a través del proceso exploratorio, comprobando que es posible configurar una estrategia viable para la construcción con una reducción significativa del valor total de temperatura trasferida al interior de la envolvente con productos tradicional; en relación a los valores del ambiente exterior aplicados 33°C, con la variante de ventilación pasiva se obtiene una diferencia 0,4°C, un resultado más cercano al 0°C favoreciendo el aislamiento térmico del interior; desde esta perspectiva es posible comprobar que al añadir aire en las cavidades externas que reciben mayor incidencia de radiación solar se muestra una disminución del calor total transferido a las superficies interiores.

3. Conclusiones

Los productos tipo bloque en configuración H10 y H15 representan una gran oportunidad por sus dimensiones y posicionamiento en el mercado, sin embargo, en relación a su uso tradicional, no representa mayores ventajas, no obstante, se evidencia una ligera optimización en el comportamiento del bloque H15 con mayor espesor; sin embargo, es la ventilación natural la técnica que demuestra ser más efectiva, permitiendo mejores condiciones interiores al disipar la energía transferida, a través flujo de aire por convección natural, a través de un sistema simple que permite modificar los parámetros de transferencia de calor, y a su vez potencializa los valores de uno de los productos mejores

Nombre	Temperatura máxima exterior (°C)	Temperatura promedio exterior (°C)	Temperatura mínima interior (°C)	Temperatura promedio interior (°C)
Bloque H15 ventilado	62,971	61,800	33,267	33,494

Tabla 2. Temperaturas en el exterior e interior.

posicionados en la industria, siendo fácilmente integrable en la construcción actual para la generación de aislamiento térmico desde el sistemas constructivos de mampostería con características eficientes. En este sentido el producto H15 es una excelente alternativa económica y disponible, con el potencial de ser usado como un sistema de enfriamiento pasivo, con diversas posibilidades configurativas y un espesor viable para la construcción local e incluso nacional, al responder a unos condiciones y requerimientos medioambientales que representan el 80% de las condiciones

climáticas de Colombia ¹⁰.

Esta investigación permite conocer las oportunidades y determinar los retos en el desarrollo sistemas constructivos cerámicos innovadores, estableciendo un punto de partida para evaluar más afondo el comportamiento de los flujos de calor sobre los demás componentes de un sistema de mampostería cerámico, en la definición de las características integrales de un sistema constructivo con las mejores propiedades aislantes, viable para clima tropical cálido y una construcción más sostenible.

Bibliografía

- CENGEL, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa, un enfoque práctico*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- CHAN, H. Y., RIFFAT, S. B., & Zhu, J. (2010). Review of passive solar heating and cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 781 - 789.
- DE ANGELIS, E., TAGLIABUE, L. C., CECCONI, F. R., & MAININI, A. G. (2017). A Simple Method for the Comparison of Bioclimatic Design Strategies Based on Dynamic Indoor Thermal Comfort Assessment for School Buildings. *Procedia Engineering*, 180, 870-880.
- GUTIÉRREZ, T., ROMERO, R., & SOTELO, C. (2014). Thermal Energy Impact of Bioclimatic Techniques Applied to Low-income Housing in a Hot Dry Climate. *Energy Procedia*, 57, 1743-1752.
- IDEAM. (2018). *Cúcuta. Atlas climatológico de Colombia*.
- RUBIANO, M. A. (2016). La fachada ventilada y el confort climático: un instrumento tecnológico para edificaciones de clima cálido en Colombia. *DEARQ Revista de arquitectura*, 138-145.
- YAO, R., COSTANZO, V., LI, X., ZHANG, Q., & LI, B. (2018). The effect of passive measures on thermal comfort and energy conservation. A case study of the hot summer and cold winter climate in the Yangtze River region. *Journal of Building Engineering*, 15, 298-310.

Citas y notas

***Marlyn Stephanny Narváez Ortega.** Arquitecto. Joven Investigador. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC y Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos GRAMA.
+57 318 355 9119 stephannynarvaezortega@outlook.com

Jorge Sánchez Molina. PhD Doctorado en Ingeniería de los materiales y energías sostenibles, Universidad de Jaén-España. Director Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC. Docente titular, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.
+57 311 230 8746 jorgesm@ufps.edu.co

Carmen Xiomara Díaz Fuentes. PhD(c) Tecnología de la Arquitectura, Edificación y Urbanismo UPC, España. Director del Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos GRAMA. Docente titular, Departamento de arquitectura, diseño y urbanismo, Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia.
+57 314 330 2555 carmenxiomaradfd@ufps.edu.co

¹ Chan, Riffat, & Zhu, 2010

² Gutiérrez, Romero, & Sotelo, 2014

³ Yao, Costanzo, Li, Zhang, & Li, 2018

⁴ Peña, Peña, & Gómez, 2014

⁵ IDEAM, 2018

⁶ Cengel, 2007

⁷ De Angelis, Tagliabue, Cecconi, & Mainini, 2017

⁸ Chan, Riffat, & Zhu, 2010

⁹ Yao, Costanzo, Li, Zhang, & Li, 2018

¹⁰ Rubiano, 2016

MUCILAGO DEL CACTUS SAN PEDRO COMO ADITIVO EN EL ENLUCIDO .

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

María Teresa Méndez Landa. Doctora Arquitecta, Docente
Darío Huashuayo Tito. Estudiante Ingeniería Civil
Luisa Fernanda Cárdenas More. Estudiante Ingeniería Civil

Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

PALABRAS CLAVE: Sanqui, enlucido de tierra, aditivo.

1. Introducción

Según datos del INEI 2017, en el Perú el 47% de viviendas son construidas a base de tierra, piedra y/o madera. En el departamento de Ayacucho, ubicado en los Andes del Perú, se ha encontrado que hasta la fecha se construyen viviendas de tierra por herencia cultural y sin mayor conocimiento técnico, por lo que en la mayoría de los casos los acabados de muros o enlucidos de estas edificaciones presentan agrietamientos. Uno de los métodos para conseguir una protección adicional a los muros de tierra consiste en el tratamiento superficial del muro mediante impregnación o

lechada de una mezcla o argamasa.

En el valle de Sondondo, departamento de Ayacucho, las edificaciones de tierra no presentan agrietamiento en sus enlucidos, esto debido a que los pobladores de la zona tienen por costumbre usar el mucílago de un cactus llamado San Pedro y cuyo nombre científico es *Echinopsis Pachanoi*, como aglutinante en la preparación de la argamasa para los enlucidos.

Este cactus tiene relevancia sociocultural en



Figura 1. *Echinopsis Pachanoi* o San Pedro. Fuente: (Wikipedia 2018)



Figura 2. Nueva Iglesia de Chipao. Fuente: (CECOS, 2018)

Ayacucho, pues su empleo en la construcción en tierra data del “...periodo arcaico temprano, cultura Guitarrero...” (Lynch, 1980: 90-111, mencionado por Shady, R., 1993). Posteriormente, en los restos arqueológicos de Garagay, Lima, se evidencia su empleo. Así mismo, existen referencias donde se menciona que: “...Espinas de este cactus se han encontrado en los mismos materiales de construcción asociados a los pisos, así como en los adobes...” (Ravines e Isbell, *Ibid*: 262).

El *Echinopsis Pachanoi*, conocido en la zona sur de la región Ayacucho como “San Pedro”, “Achuma” o “Sanqui”, (Figura 1) es un cactus nativo de los Andes que crece entre los 1.000 a 3.500 msnm. Se encuentra tanto en Ecuador como en Perú. Es de fácil cultivo en la mayoría de los lugares, puede soportar temperaturas muy por debajo de lo que resisten muchas otras especies. Se estima que el promedio de crecimiento es de medio metro al año.

En Ayacucho, se emplea hasta la fecha el Sanqui como un componente en la mezcla para enlucidos en muros de adobe, pues es de conocimiento popular que esta mezcla brinda dureza y estabilidad a la argamasa, sin agrietarse. Es una técnica ancestral que hoy en día se está dejando de lado, pues los pobladores consideran a esta planta como una amenaza, tanto para las zonas de cultivo como para la crianza de animales, por su rápida propagación entre los pastizales; motivo por el cual es extraída y depredada por los agricultores de la región sin ser aprovechada.

Con la finalidad de rescatar esta técnica ancestral y sistematizar su empleo, se planteó analizar diferentes proporciones de mezcla de tierra y arena con el mucilago de Sanqui, hasta encontrar la mezcla idónea. El estudio se fundamentó en hallar las propiedades físicas del Sanqui como aglutinante de la tierra, a partir de muestras de suelo tomadas “in situ”. El estudio busca recuperar y mejorar una técnica ancestral usada en la región Ayacucho, dado que es práctica, económica y mejora los acabados, tanto interiores como exteriores, de las edificaciones en tierra y de esta manera promover el empleo de esta planta con fines constructivos.

2. Antecedentes: Enlucido en la iglesia de Chipao

El mucilago de San Pedro también es utilizado en el enlucido de viviendas en Chipao, poblado ubicado en la zona sur de Ayacucho, donde todavía se mantiene la costumbre de emplearlo en la mezcla para el revoque de las casas de adobe.

Como se observa en la figura 2 esta edificación mantiene su acabado exterior en condiciones óptimas, pese haber sido construida hace más de 30 años. Se considera un ejemplo de enlucidos en el cual se evidencia el efecto del mucilago del San Pedro.

A partir de este ejemplo se plantearon como objetivos del estudio:

- Hallar las proporciones óptimas de agua y



Figura 3. Proceso de preparación del mucilago. Fuente: (CECOS, 2018)

San Pedro para obtener el mucilago.

- Encontrar las proporciones óptimas de la mezcla de mucilago, tierra y arena para su empleo en revoques sin que se produzcan grietas.
- Recuperar y promover esta técnica ancestral que se está dejando de lado.

3. Procedimiento

Se empleó una metodología teórico-experimental de prueba y error, mediante pruebas "in situ" y de laboratorio. El estudio se inició aplicando una encuesta para la toma de información entre los pobladores de la zona, quienes conocen la técnica y las propiedades del mucilago del San Pedro. Luego de procesada la información, se procedió a elaborar las muestras para su análisis, basadas en los conocimientos brindados por los pobladores.

Para la preparación de las muestras para enlucido se contó con los siguientes materiales: tierra, arena, agua y cactus San Pedro, materiales propios de la zona a estudiar los cuales fueron trasladados a la ciudad de Lima para su estudio, siguiéndose el siguiente procedimiento:

1. Obtención del mucilago de San Pedro:

En primer lugar, se sacaron las espinas del cactus, luego se procedió a cortar en trozos, lo más pequeños posible, para posteriormente remojar en agua por 24 horas, en una



Figura 4. Proceso de preparación del mucilago. Fuente: (CECOS, 2018)

proporción de dos litros de agua por cada kilogramo de San Pedro. Pasado ese tiempo, se filtró el líquido para obtener el mucilago. (ver figura 3).

2. Pasta para enlucido:

El mucilago obtenido se combinó con tierra y arena en diferentes proporciones, hasta obtener una pasta. Se elaboraron varias muestras con diferentes proporciones de tierra, agua y arena, manteniéndose la misma proporción de aditivo (4% de mucilago de Sanqui, ver Tabla 1). Posteriormente se dejó secar las muestras al aire libre. (ver figura 4).

Se analizaron las muestras "in situ" por simple observación, y se encontraron varias muestras sin fisuras (muestras 6, 7, 8, 9), las cuales fueron contrastadas mediante un análisis

Mezcla	San Pedro	Agua	Tierra	Arena	Total
1	4%	9%	87%	0%	100%
2	4%	9%	44%	44%	100%
3	3%	10%	44%	44%	100%
4	4%	9%	29%	58%	100%
5	4%	9%	35%	52%	100%
6	4%	9%	22%	65%	100%
7	4%	9%	17%	70%	100%
8	3%	10%	22%	65%	100%
9	3%	10%	17%	70%	100%

Tabla 1. Proporciones de agua, tierra y, arena empleados en muestras.

granulométrico en laboratorio.

4. Resultados.

Con los resultados obtenidos in situ (Tabla 1), con la finalidad de hallar la mezcla optima se procedió a realizar un estudio granulométrico de las muestras sin mucilago para conocer la composición de suelo, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Ricardo Palma. Según la Figura 4, la muestra con mejor acabado es la No. 6, debido a que pre-

sentó mayor dureza y tenacidad. Mezcla que fue trabajada con las siguientes proporciones: Tierra 22%, arena 65%, agua 9% con una proporción común de mucilago de Sanqui del 4% (Tabla 1).

5. Conclusiones y Recomendaciones.

Los resultados obtenidos permiten deducir que cuanto mayor arena contiene la mezcla, el mucilago actúa mejor como aditivo, pero el acabado sin fisuras dependerá de la cantidad de arcilla que contenga el suelo de la mezcla.

Este tipo de suelo se encuentra con mayor frecuencia en las zonas andinas, donde también crece el cactus San Pedro, lo cual reafirma la relación de uso de esta planta en las edificaciones rurales peruanas.

Al hallarse la proporción óptima de mezcla de tierra con mucilago de San Pedro, se ha recuperado una técnica ancestral de enlucido empleado en la sierra sur del Perú, la cual puede ser difundida con seguridad.

La técnica de enlucido puede ser recomendada para su uso sin mayor restricción, pues emplea materiales naturales que no agreden el medio ambiente y pueden obtenerse con facilidad, sin ningún costo.

Agradecimientos.

Nuestro agradecimiento a los pobladores de los anexos de Mayobamba y Santa Rosa del Valle Sondondo por la información brindada desinteresadamente para el presente estudio.

Bibliografía

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2017) INEI. Disponible en: www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/poblacion-y-vivienda/.

KAULICKE, Peter. (2014). Memoria y temporalidad en el Período Formativo centroandino. *Senri Ethnological Studies*. 21-50. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315761792_Memoria_y_temporalidad_en_el_Periodo_Formativo_centroandino

MINKE, Gernot. (2013). *Revoques de Barro: mezclas, aplicaciones y tratamientos* (1era Ed), (pp 22).

SHADY, Ruth. (1993) " Del Arcaico al Formativo en los Andes Centrales", *Revista Andina*, Año 11. Disponible en: <http://www.revistaandinacbc.com/wp-content/uploads/2016/ra21/ra-21-1993-04.pdf>. Última revisión 8/4/2019

VIVIENDA (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada*. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

PANELES XV CIATTI 2018



Desarrollo experimental de mezclas para la obtención de materiales compuestos de suelo cemento y residuos agroindustriales: una alternativa para la construcción sostenible.

Carmen Xiomara Díaz Fuentes, Johanna Andrea Navarro Camargo, Miguel Aurelio Niño Ramírez, Lina Katherine Hernández Díaz, Anderson López Aparicio, Arquitectura, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia
 XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

El propósito de esta revisión consiste en identificar la posibilidad de emplear residuos agroindustriales, granulados, particulados y/o fibrosos que permitan sustituir parcialmente los materiales áridos finos (tierra, arena, cemento) en el proceso de fabricación de bloques de suelo / cemento, obteniendo una mejora en sus propiedades estéticas y funcionales. Anualmente la industria colombiana arroja 71.943.813 toneladas de residuos los cuales o son incinerados o llevados a rellenos sanitarios, en la mayoría de los casos estos provienen de procesos productivos agrícolas y de los procesos industrializados, planteando una importante oportunidad para dar valor y destino útil a estos subproductos.

En este trabajo se revisaron artículos científicos publicados en bases de datos de prestigio académico, los cuales se ordenaron en una matriz de síntesis siendo categorizados a partir del aporte a la investigación, identificando la tipología de residuos que se generan en el territorio colombiano.

Los resultados preliminares en esta fase de la investigación permitirán iniciar la experimentación sobre mejores formulaciones para el diseño de mezclas que faciliten la obtención de un bloque de suelo cemento que propicie el desarrollo rural integral y sostenible por medio de la promoción de sistemas constructivos que mitiguen y se adapten al cambio climático, en consonancia con lo promulgado por el FCP Fondo Colombia en Paz, desde el cual se busca impulsar las iniciativas de desarrollo rural sostenible

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) anteriormente conocidos como escombros, se definen como los residuos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas (1). Estos se encuentran en los residuos sobrantes de las obras en general como: demoliciones de edificaciones y vías, reformas, reparaciones de edificaciones, nuevas vías y construcciones, tierra de excavaciones, entre otros .

A su vez, la industria de la construcción juega un papel fundamental en lo que respecta al consumo de recursos y generación de residuos. Es responsable del consumo del 40% de las materias primas en el mundo; equivalente a 3.000 millones de toneladas por año, el 17% del agua potable, el 70% del total de los recursos madereros, el 10% de la tierra cultivable, un 20% del total de la energía mundial es consumida durante el proceso de construcción, elaboración de materiales y demolición de las obras de construcción, y consume casi exclusivamente los materiales pétreos, los cuales pertenecen a la categoría de recursos no renovables (2).

aprovechables, empleando técnicas sustentablemente viables como el Suelo-cemento, todo esto con el fin de crear técnicas constructivas que se adapten al cambio climático (3).

Bibliografía

- (1) Seminario de Actualización en Manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), Universidad Santiago de Cali, (2017). VÁSQUEZ HERNÁNDEZ, Alejandro; BOTERO, Luis Fernando; CARVAJAL ARRANGO, David.
- (2) Fabrication of Compressed Earth Blocks with the Addition of Construction and Demolition Debris Instead of the Conventional Rocky Aggregate.
- (3)Revistas académicas EAFIT Vol. 11 No 21 Artículos (2015). Rolando A. Spañavello, Alejandra Suárez, Aniel M. Sarotti, Fuentes alternativas de materia prima, Science Direct, (2013).



Fig. 1 Desarrollo de mezcla, elaboración propia, fotografía: Raúl Serrano.

Objetivo de la investigación

Desarrollar un material compuesto de matriz suelo cemento y refuerzos de residuos de demolición y/o fibrosos para uso en la construcción por medio de prensado manual.

Objetivos específicos

- Seleccionar las materias primas a partir de la revisión de sus propiedades según la literatura científica.
- Proponer el diseño de mezclas para potenciar las propiedades del compuesto con respecto de sus componentes individuales.
- Evaluar el peso y resistencia a la flexión de las probetas obtenidas.
- Plantear una aplicación a partir del material obtenido para uso a partir de una solución constructiva.

Se empieza a seleccionar materiales en concordancia con el Decreto 838 de 2005, en donde se discriminan en base a los residuos aprovechables y no aprovechables, siendo escogidos una gran parte de los RCD Aprovechables entre ellos residuos cerámicos como la baldosa cerámica y el gres.

CATEGORIAS	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
RCD APROVECHABLE	I. RESIDUOS COMUNES INERTES MEZCLADOS	1.RESIDUOS PETREOS	Concreto, cerámica, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca ,baldosin, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
		1.RESIDUOS FINOS	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
	II. RESIDUOS COMUNES INERTES DE MATERIAL FINO	2.RESIDUOS FINOS EXPANSIVOS	Arcilla (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
	III. RESIDUOS COMUNES NO INERTES	1.RESIDUOS NO PETREOS	Plásticos, PVC , maderas , cartones , papel , siliconas , vidrios, cauchos.
	IV. RESIDUOS METALICOS	1.RESIDUOS DE CARACTER METALICO	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
RCD NO APROVECHABLE	VI. RESIDUOS CONTAMINANTES	1.RESIDUOS PEDONES	Residuos de tierra negra.
		2.RESIDUOS CESPEDONES	Residuo vegetal y otras especies bióticas .
		1.RESIDUOS PELIGROSOS	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitran, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, asfalto, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, canizas volantes, y luminarias convencionales y fluorescente, desechos explosivos y otros elementos peligrosos.
	2.RESIDUOS ESPECIALES	Poliestireno - icopor, cartones(drywall),lodos residuales de compuestos.	
3.RESIDUOS CONTAMINADOS	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos y especiales.		

Tabla. 1 Fuente: Decreto 838 de 2005 y Decreto 4741 de 2005 de la Secretaría Distrital de Ambiente.



Fig. 2 Desarrollo de mezcla, elaboración propia, fotografía: Raúl Serrano.



Fig. 3 Desarrollo de mezcla, elaboración propia, fotografía: Raúl Serrano.



Fig. 4 Desarrollo de mezcla, elaboración propia, fotografía: Raúl Serrano.



Fig. 5 Desarrollo de mezcla, elaboración propia, fotografía: Raúl Serrano.

Título

Desarrollo experimental de mezclas para la obtención de materiales compuestos de suelo cemento y residuos agroindustriales: una alternativa para la construcción sostenible.

Autor

Carmen Xiomara Díaz Fuentes,
Johanna Andrea Navarro Camargo,
Miguel Aurelio Niño Ramírez,
Lina Katherine Hernández Díaz,
Anderson López Aparicio.

Institución

Universidad Francisco de Paula Santander,
Cúcuta, Colombia.

RECUBRIMIENTOS DE TIERRA ESTABILIZADA Y SU COMPORTAMIENTO ANTE EFECTOS DEL AGUA

Esmeralda Avila Boyas, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México
 Luis Fernando Guerrero Baca, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, CDMX, México
 Blas Antonio Tepale Gamboa, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) Morelia, México
 XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia 0

Introducción

El tema central de este poster es mostrar los resultados obtenidos a través de una serie de análisis y experimentos realizados con una tierra de elevada plasticidad, la elección de este tipo de material se realizó con la intención de mejorar su granulometría agregando arena y ver su comportamiento para futuros ensayos. Cabe mencionar que una tierra arcillosa, aumenta el riesgo de fisurarse al secar, ya que este elemento se contrae al perder humedad; siendo la humedad uno de los parámetros que se exponen para este trabajo, así como, la acción que ejerce el agua sobre los recubrimientos de tierra sobre tres diferentes superficies.

Los recubrimientos de tierra son elementos transpirables al vapor de agua y permiten un intercambio de humedad por evaporación. Sin embargo un recubrimiento exterior esta sujeto a condiciones más desfavorables como lo es la acción del agua a través de lluvia o granizo; esa es una de las razones por las que los revestimientos requieren ser lo suficientemente resistentes como para controlar acciones mecánicas, así como, ataques de flora y fauna parásita. Estos recubrimientos deben tener al mismo tiempo la capacidad de permitir un adecuado tiempo de secado porque se sabe que los cambios bruscos de humedad son una potencia de fuertes deterioros.

Problemática

En la actualidad los recubrimientos a base de materiales industrializados como el cemento o las pinturas sintéticas, anulan la capacidad de extraer la humedad, dado que estos materiales sellan una superficie y su rigidez puede causar grietas que faciliten la penetración de agua, viento y humedad. Adicionalmente de generar problemas mecánicos, el cemento tiene un elevado impacto ecológico que debe ser reducido no solo en la parte de recubrimientos sino en la construcción en general.

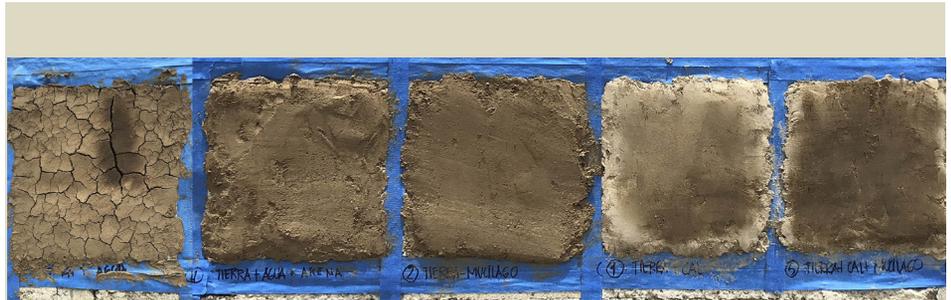
Es por esta razón que en este trabajo se fomenta el uso de recubrimientos de tierra para reducir el fuerte impacto ambiental. Se parte de la premisa de que los revocos para ser sostenibles deben contar con cierto nivel de permeabilidad a fin de que, aunque dejen ingresar cantidades discretas de agua en estado líquido a los sustratos sin perder su propia consistencia y adhesividad, también estén en condiciones de propiciar un secado uniforme de los muros por evapotranspiración.

Objetivo

Hacer una evaluación comparativa para determinar la capacidad que tienen los revocos de tierra estabilizada con mucllago de opuntia ficus e hidróxido de calcio, para resistir la acción del agua y a su vez permitir un adecuado tiempo de secado, esto con el fin de tener un equilibrio entre ambos procesos para garantizar una adecuada protección.

Bibliografía

GUERRERO, L. (2007). *Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva*. Apuntes 20 (2), 182-201, Bogotá.
 GUERRERO, L. F. (2016). *El papel de la humedad y la compactación en la elaboración de recubrimientos de tierra*. *Construcción con tierra CT7*, junio, 11-22.
 WEISSMAN, A. (2008). *Using natural finishes: Lime & earth based plasters, renders & paints*. United Kingdom: Green books.



Probetas de revoque sobre superficie a base de bloques de cemento, comportamiento de las muestras después de su aplicación



Probetas de revoque pasados 90 días, estas muestras estuvieron expuestas a la intemperie y fueron sometidas a constantes lluvias. En la imagen se muestra que la mezcla cinco es la que mejor se comporto ante factores atmosféricos.

Metodología

Para la experimentación se realizaron cinco mezclas con dosificaciones diferentes tomando como referente primario la tierra en su estado natural sin estabilizar. Una vez definidas las dosificaciones más eficaces se pusieron a prueba para evaluar su resistencia hídrica, absorción capilar con tubo karsten y liberación de humedad.

Al mismo tiempo, se realizaron dos tipos de probetas, a las primeras muestras se les nombro como "probetas de tableta" estas fueron utilizadas para los ensayos de absorción y liberación de humedad. Las segundas muestras se llamaron "probetas de revoque" y fueron aplicadas sobre tres diferentes superficies, tales como, bloques de cemento, ladrillo cocido y adobe, siendo expuestas a la intemperie y sometidas a constantes lluvias para evaluar el comportamiento de los recubrimientos aplicados sobre superficies exteriores.

La aplicación de los revocos en diferentes superficies se realizo para evaluar su eficacia y su posible impacto en la trabajabilidad, comportamiento, viabilidad, compatibilidad y respuesta de aplicación.

Ensayo de absorción y liberación de humedad

Los ensayos de absorción y liberación de humedad son de suma importancia ya que dependen tanto uno como del otro, estos ensayos ayudan a conocer que mezcla tiene un mejor comportamiento para absorber y liberar la humedad, lo que es fundamental para desarrollar componentes compatibles y resistentes al contacto con el agua y vapor de agua. En estas pruebas la mezcla que arrojó resultados más favorables fue aquella cuya combinación era: tierra, arena, mucllago de opuntia e hidróxido de calcio (10%), nombrada como mezcla 5, dicha mezcla libero la humedad de una manera uniforme y constante y presento una absorción que permitió tener una mezcla más estable.

Recubrimientos al exterior

La aplicación de mezclas a las tres diferentes superficies nos ayuda a conocer y analizar si los recubrimientos son compatibles y qué respuestas presentan al estar en contacto a condiciones climatológicas reales como; viento, lluvia, y rayos solares. Dicho comportamiento ha sido documentado para las tres diferentes superficies (ya mencionadas). Esta prueba se realizo para complementar las dos anteriores y para verificar la trabajabilidad de la primera mezcla que tentativamente resulto favorable. Como conclusión a los ensayos realizados se determino que la mezcla con mejor comportamiento fue la combinación de: tierra, arena, mucllago e hidróxido de calcio (10%), para el caso de los recubrimientos al exterior esta mezcla presento una buena adherencia y maleabilidad aceptable, sobre todo a pesar de estar expuesta a condiciones atmosféricas severas, se mantuvo intacta y sin daño perceptible en las tres superficies.

Los componentes constructivos de origen natural como el caso de la tierra requieren un intercambio constante de aire y agua con el entorno circundante. De lo contrario su estabilidad se ve fuertemente condicionada porque una excesiva acumulación de agua los conduce a procesos de deterioro que a la larga los destruyen.



Probetas de tableta en prueba de absorción, en donde se observa el área de contacto de la muestra con el tubo karsten después de ser retirado.

Probetas de tableta en prueba de liberación de humedad, en donde se observan las muestras después de liberar el agua contenida.



Gráfico en donde se muestra el comportamiento de la mezcla cinco en la prueba de absorción con tubo karsten, resultando esta mezcla como la más favorable

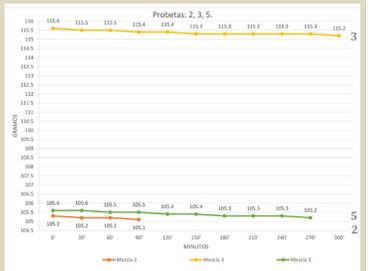


Gráfico del comportamiento de la mezcla cinco en prueba de liberación de humedad.

Título

Recubrimientos de tierra estabilizada y su comportamiento ante efectos del agua.

Autor

Esmeralda Avila Boyas,
Luis Fernando Guerrero Baca,
Blas Antonio Tepale Gamboa.

Institución

Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX,
México,
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco,
CDMX, México,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) Morelia, México.

Sistemas prefabricados de bahareque y cubierta en la técnica de adobitos recostados mexicanos como alternativa constructiva para Pelaya – Cesar

Innias Miguel Cadena Gonzalez, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Colombia. - Astrid Matilde Portillo Rodríguez, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Colombia

XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

DESARROLLO DEL TRABAJO.

En la investigación se analizan los sistemas constructivos del pueblo de Pelaya basados en arquitectura en tierra, y se comparan con otros a nivel mundial que pueden equipararse con sistemas como el prefabricado de bahareque y las cubiertas en adobitos recostados mexicanos, siendo estas soluciones constructivas homologables en el municipio, para implementar así arquitectura contemporánea en tierra amigable con el medio ambiente y que reduzca la sensación térmica en el interior de los espacios utilizando materiales propios de la región.

METODOLOGÍA Y DATOS GENERALES.

El tipo de metodología de investigación empleada es de revisión documental, en el que se analizan resultados de las publicaciones científicas concluyentes de los procesos constructivos y de la importancia de utilizar arquitectura en tierra que como lo menciona Beatriz Yuste, "actualmente la tendencia empieza a cambiar, y la tierra está recuperando su valor como material de construcción debido, en parte, a un redescubrimiento de sus cualidades plásticas, excelente comportamiento térmico y acústico." Además de presentar cualidades positivas como lo expresa María Auxiliadora Alfonso Alvarenga: "La tierra, por ser un material universalmente disponible, sus propiedades termales, bajo costo y consideraciones ecológicas, parece ser uno de los mejores materiales para la construcción de hogares. Sin embargo, las personas abandonan este método debido a malas interpretaciones" que en el pueblo al tomar varios casos particulares se asimila como arquitectura de bajo estrato social, o de poca estética fig. 1.



Fig. 1 Casa de bahareque con cubierta en palma barrio El Tucero. Fuente: elaboración propia. Es notorio el caso de algunas viviendas en tierra en el área del municipio, las cuales presentan poca calidad en sus acabados pero brindan buen confort térmico para sus habitantes, lo cual evidencia la existencia aun de esta tipología de edificaciones. La presencia de arcilla es latente en la zona de las Vegas al presentarse suelo "francoarcilloso" en su conformación, como se expone en el plan de desarrollo municipal de Pelaya en el 2008, esto posiciona a la tierra como material óptimo para fortalecer la identidad de esta arquitectura en la región y una finalidad estética articulada con resistencia estructural, para lo cual se toman las mejores características de las técnicas como los prefabricados de bahareque ya que "El sistema es sísmico resistente por ser la estructura madera técnicamente ensamblada y la piel es la tierra" como lo argumenta Lucía Esperanza Garzón en su artículo, además de soluciones como las cubiertas en adobes recostados que solucionan así las la utilización de materiales poco resistentes al fuego, e implementando así mayor cantidad de tierra en la construcción final.

Conclusiones

- Utilizar estos sistemas constructivos en el municipio de Pelaya es perfectamente viable para generar viviendas que brinden buen confort térmico y de bajo impacto ambiental.
- La arquitectura en tierra puede brindar resultados importantes en lo estético, en el confort térmico e incluso de identidad regional si son aplicados en el municipio.
- Articular sistemas constructivos ajenos con los de la región, pero que sean compatibles posibilita la solución en temas de confort térmico.
- El uso de los materiales que se tienen a la mano, propios de la región, permiten ejecutar arquitectura mediante sistema de autoconstrucción y por consiguiente con bajo costo, muy pertinente para las condiciones sociales y económicas de la región



Vivienda de bahareque, periferia del pueblo de Pelaya (Vía San Bernardo). Fuente: elaboración propia

Arquitectura en tierra en el municipio de Pelaya

Ubicación.

el municipio de Pelaya se haya ubicado al sur del departamento del Cesar, junto al valle del Magdalena Medio; y tiene una extensión de 371,3 kilómetros cuadrados. El casco urbano se encuentra a 70mts sobre el nivel del mar y con clima cálido. El pueblo presentan altas temperaturas en promedio de 34° centígrados, pero actualmente en las épocas de sequía se han logrado registrar temperaturas superiores a 40° lo que genera problemáticas de incomformidad térmica y que los actuales sistemas constructivos utilizados no generan un aporte de soluciones bioclimáticas pasivas para este contexto Fig.2 .

Sistemas prefabricados de bahareque y cubiertas de adobitos recostados.

La importancia de generar conciencia en los procesos constructivos empleados en el municipio de Pelaya, Cesar - Colombia, enfoca una idea de investigación que se enmarca como el tema central de este póster, que es identificar la arquitectura en tierra generada en el municipio, la cual ha sido constantemente remplazada por sistemas constructivos basados en cemento, concreto, materiales pétreos, zinc, hierro y de más, que acarrear un alto consumo energético. Esto permite presentar la posibilidad de recuperar la arquitectura en tierra que se generó desde el inicio pueblo (fig.3), basado es sistemas como el adobe, bahareque y la tapia pisada, o cubiertas como los tejidos de la hoja de palma de vino, propia en la región que protegen de altas temperaturas, pero con problemáticas de inminente incendio en espacios urbanos, por lo que homologar sistemas constructivos se convierte en algo viable. Para esto se presenta una clara perspectiva general que permite articular los sistemas prefabricados de bahareque (fig.4) y cubiertas en la técnica de adobitos recostados mexicanos (fig.5), que hacen cumplir con el objetivo de utilizar la tierra como materia prima en un alto porcentaje de la edificación, recuperando técnicas más amigables con el medio ambiente y que generan confort térmico y acústicos es los usuarios del espacio arquitectónico.

Bibliografía resumida

- Auxiliadora, María. Alvarenga, Alfonso: "Adobe: constructive method and thermic characteristics", 6th international conference on the conservation of earthen architecture, 1990, p.361
- Garzón, Lucía Esperanza: *Prototipo de vivienda social sostenible. bahareque prefabricado con tierra. una alternativa técnica, cultural y ecológica*. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra 15o SIACOT. Ecuador, 2015
- Martínez Fernández, Raquel: *Sistemas económicos de techados con bóvedas de fábrica: Bóveda nubia y bóveda recargada mexicana*. VII congreso de tierra en cuenca de campos, Valladolid, 2010
- Yuste, Beatriz: *Arquitectura de tierra caracterización de los tipos edificatorios*. Universidad Politécnica de Cataluña. p. 07
- Plan de desarrollo del municipio de Pelaya 2008 – 2011
- En internet:
<https://es.weatherspark.com/y/24404/Clima-promedio-en-Pelaya-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>



Fig. 2 Casa tradicional con cubierta de zinc y de poco aislamiento térmico ubicada en el barrio El Tucero – Pelaya Fuente: elaboración propia



Fig. 3 Vivienda de bahareque situada en el barrio mata de bijao municipio de Pelaya (elaboración propia)



Fig. 4 Cubiertas en técnicas de adobitos recostados mexicanos Puebla, México (elaboración propia)

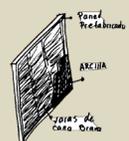


Fig. 5 Prototipo, Panel prefabricado de bahareque para Ensamblar. Fuente: Elaboración propia

Título

Sistemas prefabricados de baharaque y cubierta en la técnica de adobitos recostados mexicanos como alternativa constructiva para Pelaya - Cesar

Autor

Innias Miguel Cadenas,
Astrid Matilde Portillo Rodríguez.

Institución

Universidad Francisco de Paula Santander
Universidad Francisco de Paul a Santander
Cúcuta Colombia.

MUCILAGO DEL CACTUS SAN PEDRO COMO ADITIVO EN EL ENLUCIDO

María Teresa Méndez Landa, Dario Huashuayo Tito, Luisa Fernanda Cardenas More, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú
XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

Introducción

Según datos del INEI 2017, en el Perú el 47% de viviendas son construidas a base de tierra piedra y/o madera.

En el departamento de Ayacucho, ubicado en la sierra del Perú, se siguen construyendo viviendas de tierra por herencia cultural. Los pobladores del valle de Sondondo tienen por costumbre usar el mucilago del cactus llamado San Pedro, en la preparación de argamasa, actuando como aglutinante.

El uso de este mucilago es empleado por los pobladores del lugar para la mezcla de enlucidos, de manera empírica, por lo que el presente trabajo busca sistematizar su empleo analizando diferentes proporciones, hasta encontrar la idónea.

Metodología

Se empleó una metodología experimental basada en pruebas de laboratorio e in situ.

Como primer paso, se recolectó información oral in-situ, a los pobladores de Chipao, quienes saben del uso y las propiedades del mucilago del San Pedro. Debido a la falta de data en otras fuentes, se optó por realizar las pruebas en laboratorio, basadas en los conocimientos brindados por los pobladores.

Para hacer un enlucido se debe contar con tierra, arena, agua y cactus San Pedro. Estos materiales fueron extraídos de la zona de Chipao, poblado Mayobamba y zonas aledañas, los que fueron trasladados a la ciudad de Lima para iniciar las pruebas de enlucido.

Desarrollo del trabajo

El trabajo se inició preparando el mucilago de San Pedro, mediante una mezcla de agua con los trozos de cactus cortados lo más pequeño posible, dejándose remojar 24 horas. Pasando estas horas, se filtra el líquido. Luego, se mezclaron dos litros de agua por cada kilogramo de San Pedro. Luego, se combinó dicha mezcla con tierra y arena a fin de obtener una pasta para enlucido de muros de tierra.

Se realizaron varias mezclas tomando diferentes medidas de tierra, agua, arena y aditivo, hasta encontrar la proporción óptima para evitar fisuras.

Asimismo se hizo un estudio granulométrico en laboratorio de la muestra para conocer su composición.

Conclusiones

Se ha recuperado una técnica ancestral de enlucido de tierra con mucilago de San Pedro, muy importante en la sierra sur del país, al hallarse la proporción óptima de mezcla.

Es una técnica recomendable pues los productos se pueden encontrar con facilidad y sin ningún costo, en la zona sur andina del Perú. Además, son materiales naturales y ayudan a la conservación del medio ambiente.

Bibliografía

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) INEI. www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/.

Gernot, M. (2013). Revoques de Barro: mezclas, aplicaciones y tratamientos (1era Ed), (pp 22).

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>



Vivienda de Mayobamba, Chipao, Ayacucho, Perú. Fuente: Cecos (2018).

MUCILAGO DEL CACTUS SAN PEDRO COMO ADITIVO EN EL ENLUCIDO

El mucilago de San Pedro es utilizado en el enlucido de viviendas en la zona sur de la ciudad de Ayacucho-Chipao, donde todavía no se ha perdido la costumbre de su empleo como parte de la mezcla para el revoque de las casas de adobe, esto debido a que es una planta que se encuentra en los alrededores de las zonas rurales de dicho lugar.

Enlucido en la iglesia de Chipao

Como podemos observar esta estructura mantiene su acabado en condiciones óptimas, pese haber sido construida hace más de 30 años. Se considera un ejemplo de enlucidos en el cual se evidencia el efecto del mucilago del San Pedro.

Objetivos:

- Encontrar las proporciones óptimas de agua y San Pedro para obtener el mucilago.
- Encontrar las proporciones óptimas de la mezcla de mucilago, tierra y arena para su empleo en revoques sin que se produzcan grietas.
- Recuperar y promover esta técnica ancestral que se está dejando de lado.
- Mejorar el acabado de las construcciones en tierra.

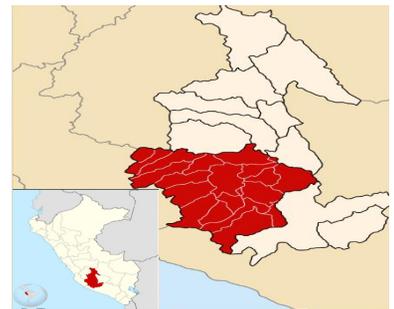
Evaluaciones

Tabla N° 1
Proporción de mezclas analizadas en porcentaje

Mezcla	San Pedro	Agua	Tierra	Arena	Total
1	4%	9%	87%	0%	100%
2	4%	9%	44%	44%	100%
3	3%	10%	44%	44%	100%
4	4%	9%	29%	58%	100%
5	4%	9%	35%	52%	100%
6	4%	9%	22%	65%	100%
7	4%	9%	17%	70%	100%
8	3%	10%	22%	65%	100%
9	3%	10%	17%	70%	100%

De acuerdo al análisis de la tabla 1, la mezcla 6 nos proporciona el óptimo resultado debido a que no presenta grietas a diferencia de las demás.

Colaboradores: Guillen Hervay Luis Ángel, Palomino Márquez Carlos José



Prov. Lucanas, Ayacucho, Perú. Fuente: Wikipedia.



Nueva Iglesia, Chipao, Ayacucho. Fuente: Cecos (2018)



Imágenes de la tabla N°1 Fuente: Cecos (2018).

Título

Mucílago del cactus San Pedro como aditivo en el enlucido

Autor

María Teresa Méndez Landa,
Dario Huashuayo Tito,
Luisa Fernanda Cardenas More.

Institución

Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú

FACHADA VENTILADA DE ARCILLA COCIDA. CRITERIOS DE DISEÑO SOSTENIBLE.

Carmen Xiomara Díaz Fuentes, Johanna Andrea Navarro Camargo, Miguel Aurelio Niño Ramírez, Adriana Marcela Hernández, Adriana Yasmin Ortega – UFPS – Colombia
 XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

En climas tan calientes, las viviendas presentan problemas de habitabilidad y confort térmico por la baja ventilación que ofrece los sistemas constructivos tradicionales y los materiales empleados en ellos. Generalmente el usuario resuelve este problema con el uso de electrodomésticos de refrigeración eléctrica, la cual agudiza la crisis energética y aumenta el costo de vida. Este incremento trae consigo efectos negativos para el medio ambiente, puesto que la producción y distribución de la energía eléctrica produce emisiones atmosféricas y residuos que pasan a contaminar el agua y suelos de uso humano.

Siendo conscientes de la importancia que tiene el comportamiento del viento en el proceso de enfriamiento, se hace necesario implementar estrategias pasivas de ventilación, y de esta manera lograr que en el interior se den las condiciones de comodidad térmica para el usuario, recurriendo con menor frecuencia al uso de los equipos convencionales de climatización.

En Este trabajo se presentan los criterios de diseño que inciden en el aprovechamiento de los sistemas naturales de climatización, para construcciones de clima cálido tropical, con el propósito que los sistemas constructivos empleados puedan reducir al máximo el consumo energético, y, por ende, minimizar el impacto ambiental sobre el planeta. Para este caso se han revisado antecedentes sobre el principio funcional y de desempeño de la fachada ventilada.

METODOLOGÍA

El desarrollo del presente proyecto busca establecer un precedente para el diseño de un sistema de ventilación con soluciones constructivas innovadoras que garanticen el desarrollo integral de cada uno de sus usuarios, cumpliendo unos estándares mínimos de sostenibilidad y habitabilidad, a través de la implementación de criterios para un bienestar térmico.

A continuación, se presenta la metodología para el desarrollo de los objetivos del proyecto:

ETAPA I. Fundamentos de Investigación

- **Revisión bibliográfica.** En esta etapa se pretende describir las estrategias arquitectónicas implementadas en proyectos de soluciones constructivas ventiladas de enfoques académicos, los propuestos por el gremio de Arquitectura, científico y con aportes a la innovación. para el desarrollo de la investigación.
- **Criterios sobre hábitat sostenible.** Durante la ejecución de la investigación se pretende reconocer el concepto de Hábitat sostenible y analizar los criterios específicos planteados a partir de enfoques académicos y los propuestos por el gremio de Arquitectura. En base a lo analizado se busca establecer criterios específicos (funcionales-formales, ambientales, tecnológicos y sociales) para unas condiciones térmicas con principios sostenibles que brinde una ayuda al ciudadano en la ciudad de Cúcuta.

CONCEPTOS DE DISEÑO

EFFECTO BERNOULLI

La presión ejercida por fluido es inversamente proporcional a su velocidad de flujo. (1)

EFFECTO VENTURI

Un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. (2)

VENTILACIÓN CRUZADA

La ventilación cruzada ocurre cuando se crea un espacio mediante aberturas situadas en fachadas opuestas. Las aberturas han de situarse en fachadas que comuniquen con espacios exteriores de diferentes condiciones de radiación y/o de exposición al viento. Lo más útil, en cualquier caso, orientadas en el sentido de un viento dominante de características favorables. (3)

BIOMIMÉTICA

En la naturaleza la forma es consecuencia de la necesidad de adaptación de la especie en el entorno que ella esta inserida. Es el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales. Con ella se pretende imitarlos para poder encontrar soluciones prácticas a las necesidades humanas. (4)

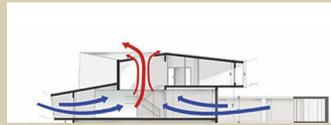


FIG 1. Efecto stack en la vivienda. Fuente: Rojas, D. Y. (s.f). Efecto chimenea. [Ilustración]

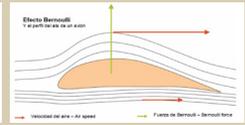


FIG 2. Efecto Bernoulli. Fuente: Hernán, L. (s.f). Principio Bernoulli

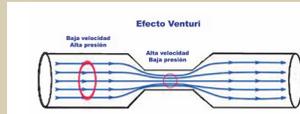


FIG 3. Efecto Venturi. Fuente: Uribe, E. (s.f). Principios básicos de la termodinámica.

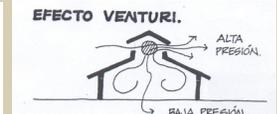


FIG 4. Efecto Venturi en la vivienda. Fuente: Tomado del portal: <http://fzbtzhebolledoeasach2015.blogspot.com/2015/10/laboratorio-ventilando-la-batata.html>

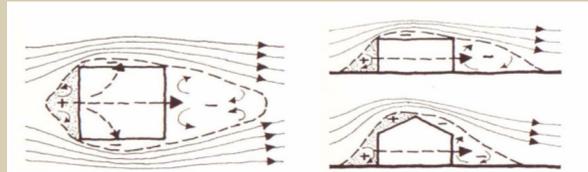


FIG 4. Áreas de presión proporcionadas por la incidencia del viento en las diferentes caras del edificio. Fuente: Guimaraes, M. (2008) Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo. [Ilustración]



FIG 5. Las hojas de los árboles en cada tipo de clima: frío, templado, cálido-árido y cálido-húmedo. Fuente: Guimaraes, M. (2008) Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo. [Ilustración]

RESUMEN

La presente investigación parte del análisis del comportamiento del viento y cómo influye este en el diseño de un edificio, ya que para lograr una adecuada ventilación en la arquitectura, es necesario comprender cómo se comporta el viento y de qué manera pueden aprovecharse los patrones que sigue en su recorrido. La acción del viento sobre los edificios tiene efectos directos e indirectos sobre las condiciones del ambiente interior es por esto que entender el flujo del aire es básico para diseñar un sistema de ventilación que pueda brindar una espacialidad basada en el confort.

A partir de la revisión de literatura en proyectos contemporáneos y resultados de investigación socializados ante la comunidad científica internacional, se extraen las características que debe poseer el producto, la edificación y el entorno inmediato a fin de garantizar el beneficio bioclimático del sistema constructivo. Los resultados de esta revisión permiten establecer criterios de diseño viables para configurar fachadas ventiladas cerámicas empleando productos cerámicos tradicionalmente fabricados en la ciudad de Cúcuta, norte de Santander

OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL**
- Diseñar un producto fabricado en suelo-cemento prensado para la configuración de una solución constructiva ventilada con beneficios bioclimáticos para climas tropicales.
- OBJETIVOS ESPECIFICOS**
- Establecer los criterios de diseño para favorecer la conducción del viento a través de un producto/sistema constructivo, a partir de la revisión literatura científica.
- Plantear nuevas formas de instalación y colocación de producto fabricado en suelo-cemento prensado.
- Diseñar y prototipar por medio de impresión 3D un producto fabricado en suelo-cemento prensado que configure una solución constructiva ventilada.
- Simular la circulación del viento en la solución constructiva a fin de determinar su beneficio.

CRITERIOS DE DISEÑO

MATERIALIDAD

- Uso eficiente de la energía
- Uso de materiales locales que refuerzan la identidad de la ciudad
- Durabilidad y adaptabilidad a las necesidades del usuario.
- Uso de materiales renovables en la construcción.
- Bajo impacto en sus procesos constructivos relacionados con la producción y distribución.

MEDIO AMBIENTE

- Entropía
- Requerimientos de calidad y estándares ambientales.
- Consumo mínimo de energía en su vida útil.
- Implementar un diseño que aproveche el material y reduzca los residuos de construcción.
- Respetuosa con su alrededor, con el menor impacto en el ecosistema y que evite la contaminación.

FUNCIÓN

- Mejoramiento de la calidad del aire interior.
- Implementación de un sistema desmontable y reutilizable.
- Mejoramiento del confort interno y la habitabilidad.
- Diseño de un sistema que reduzca al máximo los puentes térmicos que transmiten el calor del exterior al interior.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) El principio de Bernoulli. Recuperado de: <http://theory.uwinnipeg.ca/flow/bern.html>
- (2) PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA, efecto Ventu Recuperado de: <https://sites.google.com/site/investigacionaeronautica2015/pizarra-digi>
- (3) Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido Húmedo. Recuperado de: <https://www.waie.webs.upc.edu/maema/w-content/uploads/2016/06/Guimaraes-Mercon-Mariana-Confort-termico-tipologia-en-clima-calido-humedo-TC.pdf>
- (4) Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido Húmedo. Recuperado de: <https://www.waie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/06/Guimaraes-Mercon-Mariana-Confort-termico-tipologia-en-clima-calido-humedo-TC.pdf>

Título

Fachada ventilada de arcilla cocida. Criterios de diseño sostenible.

Autor

Carmen Xiomara Díaz Fuentes,
Johanna Andrea Navarro Camargo,
Miguel Aurelio Niño Ramírez,
Adriana Marcela Hernández,
Adriana Yasmín Ortega.

Institución

UFPS – Colombia

ALIANZA ENTRE LA EMPRESA ARCILLERA TEJAR DE PESCADERO Y LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER EN LA CIUDAD DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER.

María Esperanza Ramírez Muñoz, Juan José Quintero Quintero, Bierman Suárez Martínez, Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia
XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

INTRODUCCIÓN

La arcilla como materia prima para la arquitectura en tierra, también constituye una parte fundamental de nuestra cultura y tradición que ha ido perdiendo su valor a través de las generaciones, y más allá del uso constructivo del material, el proyecto se enfoca en su valor estético y funcional, con el fin de innovar por medio del diseño de piezas cerámicas no esmaltadas, la industria regional de la arcilla cocida. Se aborda de manera general la historia y evolución de la arcilla como material vernáculo de la civilización desde sus inicios hasta la actualidad, destacando sus características, usos y transformaciones.

El proyecto se desarrolló bajo la modalidad pasantía de la Universidad Francisco de Paula Santander y la electiva Ciencia de los materiales junto con la empresa arcillera Tejar de Pescadero de la ciudad de San José de Cúcuta (Fig. 8), donde, por medio del desarrollo e innovación de producto, se busca revalorizar la industria de la arcilla en el mercado actual y, por medio de estrategias de promoción de producto en color, forma y dimensiones, alcanzar una mayor competitividad en el sector cerámico de Cúcuta, a través de los procesos en investigación, desarrollo e innovación, aplicados a productos de arcilla.

TEJAR DE PESCADERO

Es una de las empresas más grandes de la Industria Cerámica de Norte de Santander. Nace en 1945 a las afueras de la ciudad de San José de Cúcuta, supliendo las necesidades de una ciudad en crecimiento. En los años 90 y por las tendencias arquitectónicas del momento, Pescadero cambió su estrategia y se convirtió en una empresa dedicada a los acabados arquitectónicos en gres.

CARACTERÍSTICA DE LOS PRODUCTOS DE ARCILLA			
GAMAS	ABSORCIÓN	USO	TRAFICO
ARENA	6.3 - 7.5%	Interior	Peatonal moderado tipo residencial
ALMENDRO	5.7 - 7.0%	Interior - Exterior	Peatonal media tipo residencial e institucional
MATIZADO	4.1 - 6.0%	Interior - Exterior	Peatonal intenso
TABACO	2.8 - 4.6%	Interior - Exterior	Peatonal muy intenso

Tabla 1. Característica de los productos Pescadero. Fuente: Propia.

DISEÑO DE PRODUCTO CERÁMICO Y NUEVAS CONFIGURACIONES CON VALOR AGREGADO EN I+D+i.

En Norte de Santander el Clúster de empresas que dominan la industria de la cerámica a nivel regional mantienen una competencia en sus mercados específicos cada vez mayor, llevando a la necesidad de innovar para lograr una diferenciación en sus productos. Esta innovación no solo se logra en materia de tecnología, sino también por medio de los vínculos entre las empresas y otras organizaciones como medio de adquirir conocimientos especializados.

El desarrollo de nuevos productos se da a la par con una breve descripción de la Historia de la Arquitectura y la arcilla, donde exponentes tan destacados como los árabes que a través de las matemáticas dejan un gran aporte en el campo de la geometría. Este es el punto de partida hacia la interpretación geométrica en las propuestas de diseño de nuevos productos (Fig. 5), con el fin de lograr una composición armoniosa y regular sobre una superficie plana (Fig. 6).

BIBLIOGRAFÍA

- ASCER; Red de Cátedras de Cerámica. El tamaño importa. CERAESPAÑA #28. 2012. España.
- ARCILLAS COMPETITIVAS. Documento Del Clúster de Cerámica de Norte de Santander. 2012. San José de Cúcuta, Colombia.

El stand se desarrolló bajo la premisa de mostrar qué son los productos Pescadero, sus gamas, calidad, al igual que la generación de ambientes, con el fin de transmitir a arquitectos diseñadores, personas relacionadas con el área de la construcción y en general, a todo público, sensaciones que se pueden generar en espacios con tendencia tradicional o con nuevas formas de configuración de producto.



Figura 1. Resultado final de diseño stand Tejar de Pescadero para presentación en la Feria Expocamacol 2016, Medellín, Colombia; como muestra del trabajo desarrollado durante el proyecto: nuevas propuestas de producto y nuevas configuraciones con productos existentes. Fuente propia.

Teniendo en cuenta el proceso productivo de la empresa, se determina que el mejor medio para la creación de nuevos productos es por la técnica del troquelado, brindando mayores posibilidades en formas, dimensiones y configuraciones, y en segundo lugar por medio de la extrusión. El sistema de troquelado consiste en la fabricación de piezas por medio de un molde metálico sobre una lámina previamente extruida, con el fin de lograr una producción industrial de piezas por medio de un proceso sencillo y de baja complejidad. Puede realizarse de manera manual o neumática.

Las piezas resultantes del troquelado son de dimensiones pequeñas, oscilando desde tres centímetros hasta formatos no superiores a 25cm, configurándose así mallas de 30x30cm para una mejor manipulación, posterior instalación y modulación con los productos existentes, pudiéndose ésta dividir en tacos de 15x15cm, y listelos de 15x60cm, ampliando así su uso y diseño, destacando la importancia del uso de los colores Pescadero y buscando siempre una armonía visual, haciendo uso de uno, dos o las cuatro gamas según cada caso.

En el marco de la innovación y la competitividad, las ferias son los escenarios propicios para conocer qué se hace y cómo se muestran las empresas, convirtiéndose en un foco de captación de nuevos clientes, con el fin de promover la oferta y la demanda de sus productos, calidad y servicios. La Feria EXPOCAMACOL, es la feria internacional de la Construcción, la Arquitectura y el Diseño, donde cada empresa expone su imagen, productos e innovaciones, logrando crear relaciones, negocios y opiniones.

El diseño de un stand constituye un nuevo tipo de reto para arquitectos y diseñadores, exige transmitir la esencia e innovación de una compañía en una escala y espacio de tiempo mucho más reducida que en la arquitectura tradicional.

Como resultado de ello se consolidaron diferentes espacios con nuevos productos y configuraciones con piezas ya existentes, estas que, a través del juego de multiplicidad y movimiento, crean un mosaico tridimensional con el producto en sus diversas gamas. Se trata de un ejercicio óptico de forma, luz y sombra, y geométrico con el fin de crear volumetría con un producto de superficie plana y sin ninguna característica en especial. Las diferentes configuraciones que se pueden llevar a cabo partiendo de esta idea son infinitas. Este tipo de revestimiento o decoración puede llevarse a cabo en interiores o exteriores, haciendo uso de distintas formas de iluminación, resaltando y destacando el acabado natural del producto. La afectación del espacio donde se disponga creará efectos únicos con detalles sencillos.

El generar un nuevo concepto de los productos derivados de la arcilla, mediante la innovación en su proceso de producción y diseño, los lleva a nuevos escenarios, propiciando y rescatando su uso y tradición en la arquitectura.



Figura 2. Proceso de diseño de piezas cerámicas no esmaltadas a partir patrones geométricos.



Figura 3. Configuración geométrica nuevo producto.



Figura 4. Uso de las formas curvas y el contraste en las gamas que la componen como principal característica diferenciadora.



Figura 5. Detalle nuevo producto.



Figura 6. Muro Terralú. Visualización de fachada ventilada con alternat muro verde.

Título

Alianza entre la empresa arcillera tejar de pescadero y la Universidad Francisco de Paula Santander en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

Autor

María Esperanza Ramírez Muñoz,
Juan José Quintero Quintero,
Bierman Suárez Martínez.

Institución

Universidad Francisco de Paula Santander,
Colombia

INCIDENCIA DE LA TIERRA EN EL DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE LA CIUDAD DE CÚCUTA

Autores: Ery Mayely Contreras - Daniela Rivera Durán - Astrid Portillo Rodríguez- UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTADER- COLOMBIA
XVI CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Colombia

CONTEXTO

La ciudad de Cúcuta se ha caracterizado por poseer suelos arcillosos de óptima calidad en gran parte de su territorio y desde 1733 año de su fundación se ha posicionado este valioso material como parte de su historia con las raíces de sus primeras edificaciones, viviendas tradicionales de tierra cruda y paja [1], que han ido evolucionando a sus derivados como lo son la tapia, el adobe, bahareque, y lo que hoy conocemos como la actual producción de piezas en arcilla cocida y cerámicas.



Fig. 1 Vivienda antes del terremoto Cúcuta 1875
Fuente: Cúcuta a través de la fotografía

Pero varios hechos han influido en su semblanza y por consiguiente en la forma de edificar, como el terremoto acontecido en 1875 que destruyó prácticamente toda la ciudad y que partiría la historia en dos.



Fig. 2 Cúcuta destruida por el terremoto 1875
Fuente: Cúcuta a través de la fotografía

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Cúcuta es hoy en día una ciudad sumergida en diferentes problemas sociales, económicos y culturales, por lo cual presenta la necesidad de una identidad y el reconocimiento de su tradición, por ello se propone destacar la influencia de la tierra en la historia y el desarrollo arquitectónico, mediante la observación de las diferentes edificaciones hechas a partir de materiales en tierra que aun se pueden evidenciar en las calles de la ciudad.



Fig. 3 Industria arcillera, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia

CONCLUSIONES

–Gran parte de la población de la ciudad de Cúcuta no reconoce la importancia que representa para la región la presencia de la industria de arcilla, que con su amplia gama de productos de alta calidad, son determinantes en el posicionamiento de la economía y la arquitectura local y en gran medida esto puede ser porque dicho elemento son utilizados en mampostería que luego por recibir un acabado no evidencia su presencia.

–Es importante para la memoria local, que se empodere la cultura del reconocimiento y valoración de la arcilla, como elemento determinante del patrimonio, con el propósito de afianzar la identidad como un eje que permita el desarrollo de la ciudad.



Fig. 4 Vivienda Av. primera con calle décima y once, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia



Fig. 5 Av. Guaimaral con calle primera norte, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia

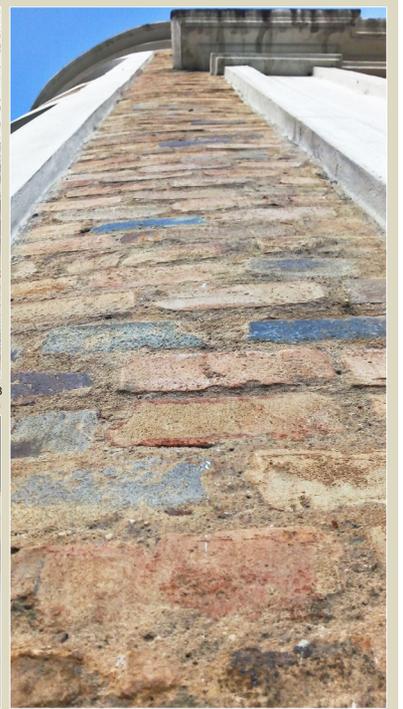


Fig. 6 Detalle biblioteca Julio Pérez Ferrero, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia

ANÁLISIS HISTÓRICO

En sus inicios, las viviendas, construcciones gubernamentales y comerciales de aquella época eran edificadas en tierra cruda como el barro y la tapia pisada (Se trata de la construcción de muros mediante la compactación de tierra con un pisón entre unos tabloncillos de madera, llamados tapieras). Y adobe (bloque macizo de barro, obtenido de la mezcla maleable de tierra arcillosa, arena, gravas de diferentes tamaños y fibras vegetales como la paja) [2]. Debido a la influencia de tendencias de lo que se generaba en gran parte del país en el siglo XIX [3].

Ocurrido el terremoto, Cúcuta se vio totalmente destruida, pero esto no fue razón para que detuviera su desarrollo, ya que gracias a diferentes donaciones la ciudad pudo reconstruirse, y con el uso elemento tierra como principal material, teniendo en cuenta el reforzamiento se extiende el uso del bahareque (que consiste en una estructura de postes de madera clavados en el suelo, cruzados por un trenzado de ramas recubierto en una o ambas caras por un relleno de barro con fibra) [2], con el auge de este empeño y la inversión de recursos, es así como las más destacadas edificaciones se construyen en la época de 1900 a 1960, el progreso del momento se fortaleció con la llegada del ferrocarril, y de las recordadas ESTACIONES que permitirían la conexión al interior y exterior del país.

Aumentando las actividades y movimientos productivos de la región, lo que impulsó además a que nacieran algunas de las diferentes empresas cerámicas que nos representan actualmente a nivel nacional e internacional, las cuales iniciaron su ciclo de producción con elementos en arcilla cocida como ladrillos, tejas, adoquines y tabletas [4], que se implementaron en las edificaciones y que actualmente se evidencian en algunas viviendas la diferente relación de materiales utilizados.

En la década de los 80 la ciudad ya poseía más de 175 mil habitantes [5], con lo cual se dio la necesidad de demoler edificaciones y dar paso a nuevas construcciones, las empresas cerámicas estaban en su mayor récord de producción y para esta década se crearon las principales que hoy son reconocidas a nivel internacional como Cerámica Italia, Cerámica Andina, ladrillera Cúcuta, entre otras [4]. Actualmente el gremio cuenta con más de 100 empresas, entre pequeñas, medianas y grandes, que son gran fuente de empleo a nivel regional [6], las cuales han proporcionado gran parte de los materiales con los cuales se erigió la ciudad, implementado de diferentes formas, en fachadas, muros, mampostería y en todo tipo de edificaciones.

Bibliografía resumida

1. Cúcuta a través de la fotografía –Cámara de comercio de Cúcuta
2. Arquitectura de tierra, caracterización de tipos edificatorios –Beatriz Yuste, dir. Gabriel Barbeta Universidad de Cataluña.
3. El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda –Juan Carlos Rivera
4. Análisis desarrollo Histórico empresarial –Cámara de comercio Cúcuta
5. “La Cúcuta que el terremoto boro del mapa” –Diario la opinión
6. “Arcillas competitivas de Norte de Santander” –Cámara de comercio Cúcuta

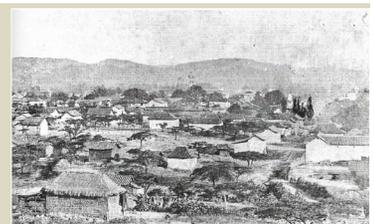


Fig. 7 Cúcuta antes del terremoto 1875
Fuente: Cúcuta a través de la fotografía



Fig. 8 Estación del ferrocarril Km 2 Puerto Santander
Septiembre 2018
Cortesía: Mayerly Rolón



Fig. 9 Biblioteca Julio Pérez Ferrero, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia



Fig. 10 Vivienda Av. quinta este con calle novena, Septiembre 2018
Fotografía: Elaboración propia

Título

Incidencia de la tierra en el desarrollo de la arquitectura de la ciudad de Cúcuta.

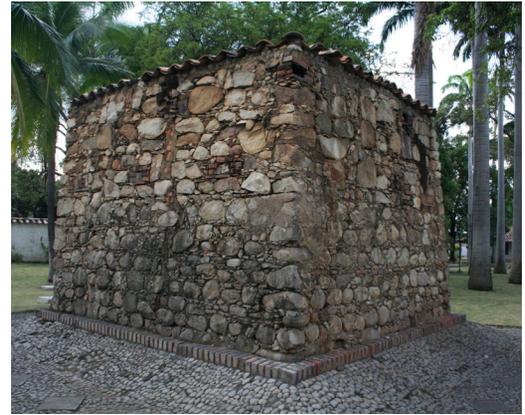
Autor

Erly Mayely Contreras,
Daniela Rivera Durán,
Astrid Portillo Rodríguez.

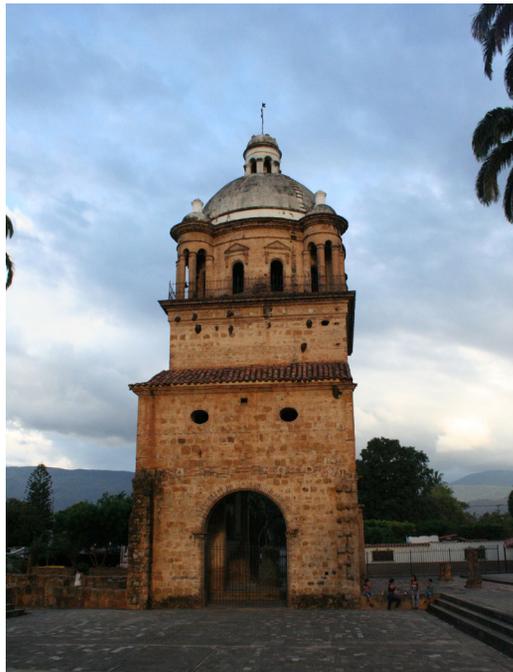
Institución

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.





CONSTRUCCIÓN CON TIERRA



El legado que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras, describe claramente el concepto de patrimonio suscitado por la UNESCO enmarcando una visión general de la identificación cultural que acompaña a todos los seres humanos sin diferenciación alguna. Esta apreciación, que indica notoriamente la herencia patrimonial dejada como consigna entre los relevos generacionales, refleja la huella ancestral de las culturas pasadas evocando su revitalización como estrategia para su preservación a fin de conservar recuerdos tangibles a través del tiempo.

Por consiguiente, Colombia, país multicultural ubicado al norte de América del sur, cuyo patrimonio edificado evidencia la diversidad en sus raíces ancestrales, promueve las manifestaciones culturales y científicas donde su convergencia enmarca el instinto de salvaguardar la identidad común de sus habitantes con el fin de enriquecer el interés de locales y extranjeros en las muestras autóctonas que enseñan sus tipologías patrimoniales como incidencia positiva convertida en experiencias significativas e inolvidables.

De este modo, el “Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación” CIATTI, cuyo tema de interés enfoca el patrimonio edificado mediante técnicas constructivas ancestrales en las que la tierra y los materiales locales forman parte de la composición de este tipo de edificaciones, en las que su longevidad podría referirse como un denominador común a todas ellas, genera un espacio relevante cuyo soporte logístico facilita la puesta en evidencia de trabajos exploratorios e investigativos de talla internacional. Con los trabajos publicados en el presente libro se pone en evidencia, entre otras cuestiones, una sinergia constante entre lo rural y lo urbano con el fin de postular conceptos y enfoques constructivos milenarios como alternativa sostenible para su aplicabilidad en proyectos arquitectónicos modernos.

