

# IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RCD'S CON LA HERRAMIENTA TOOLKIT PARA SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN MIXTOS, BASADO EN TERRENOS CRUDOS, HIPERADOBOS Y ESTRUCTURA DE BAMBÚ EN CUBIERTA, EN EL ALBERGUE "EL LABRADÍO", EN QUERÉTARO, MÉXICO.

# IMPLEMENTATION AND ANALYSIS BY RCD'S WITH THE TOOLKIT TOOL FOR MIXED CONSTRUCTION SYSTEMS, BASED ON RAW LAND, AND, HIPERADOBE AND BAMBOO STRUCTURE ON DECK, IN THE "EL LABRADÍO" HOSTEL, IN QUERÉTARO, MEXICO.

Ramiro Rodriguez Perez<sup>1</sup>, Eduardo Alfonso Terrazas Bernal<sup>2</sup> Miriam Salomé Torres Lares<sup>1</sup> Juan Francisco Palomino Bernal<sup>1</sup>  
Tecnológico Nacional de México/TecNM/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzman<sup>1</sup>; Departamento de Ciencias de la Tierra; Bioconstructora Nativa<sup>2</sup>;

## INTRODUCCIÓN./INTRODUCTION.

El impacto en la construcción actualmente ha repercutido en materia ambiental significativamente, en términos estadísticos la construcción es responsable de 40% de la energía consumida y el 50% de residuos generados. Derivando en la búsqueda de alternativas para disminuir la huella de carbón, producida por la construcción (Pertuz, 2010), en el presente estudio, se implementa la combinación de dos sistemas constructivos tradicionales a base de tierra, siendo el hiperadobe y bambú (Ubidia, 2015), (Soler, 2017), tomando como base el superadobe (Zhao, 2015), mejorando y adaptando el sistema constructivo mixto a un proyecto específico, a partir de la bioarquitectura en la eco aldea "El Labradío" en el estado de Querétaro, México. Al implementar el sistema constructivo en mencionado, resultan edificaciones altamente sustentables y sostenibles, generando espacios confortables y asequibles, que proporcionan niveles de calidad de vida adecuados para las personas, abonando a la reducción en el uso de materiales industrializados e implementando materiales orgánicos (Baca, 2007), (Rotondaro, 2007), para futuramente, y utilizando la herramienta Toolkit, para analizar los RCD's y su clasificación, para la contribución en la reducción del impacto ambiental que pudiese producir la construcción o el reciclaje del material de este tipo de edificaciones, aportando a la economía circular de la construcción. (Fonseca, 2022). / The impact on construction has currently an impact on environmental matters significantly, in statistical terms, the construction is responsible for 40% of the energy consumed and 50% of waste generated. Deriving in the search for alternatives to reduce the coal footprint, produced by construction (Pertuz, 2010), in the present study, the combination of two traditional construction systems based on earth is implemented, being hyperadobe and bamboo (Ubidia, 2015), (Soler, 2017), based on the OVERADOBE (Zhao, 2015), improving and adapting the mixed construction system to a specific project, from the bioarchitecture in the Eco Aldea "El Labradío" in the state of Querétaro, Mexico. When implementing the constructive system in mentioned, highly sustainable and sustainable buildings are, generating comfortable and affordable spaces, which provide adequate levels of life for people, paying to the reduction in the use of industrialized materials and implementing organic materials (Baca, 2007), (Rotondaro, 2007), for futurely, and using the Toolkit tool, to analyze the RCDs and their classification, for the contribution in the reduction of the environmental impact that could produce the construction or recycling of the material of this type of buildings, contributing to the circular economy of construction (Fonseca, 2022).

## OBJETIVOS./OBJECTIVES.

Diseño e implementación de edificación, mediante el uso de materiales naturales en un sistema mixto de tierra cruda "hiperadobe" y bambú, valorado con la herramienta "Toolkit" para RCD's para contribuir a la reducción de impacto ambiental y a la economía circular en la construcción. / Design and implementation of building, through the use of natural materials in a mixed system of raw earth "hyperadobe" and bamboo, valued with the tool "Toolkit" for RCD's to contribute to the reduction of environmental impact and the circular economy in construction.

## PROCESO CONSTRUCTIVO.

Para la selección de tierra, según el Código LER 20 02 02 (Lista Europea de Residuos) tierras y piedras, es indispensable utilizarla para la fabricación del hiperadobe el material que encontramos entre los 30 a 50 cm y hasta 2 mts de profundidad, la primera capa se podrá utilizar como recubrimiento, debido a que contiene desechos orgánicos de origen animal y vegetal, a partir de los 2 m de profundidad puede contener granulometría con baja adherencia. Los materiales adecuados para esta implementación se recomienda que cuenten con diversas proporciones como lo son; arcillas, limo, arena, grava, aire y agua.

En la etapa de cimentación, es indispensable un terreno previamente estabilizado y nivelado adecuadamente a base de tierra, arena y cal, en proporciones de 4:3:1, sobre una capa de entre 5 y 7 cm de grava, como se puede apreciar en la Figura 1 y 2. Respecto a la impermeabilización de la cimentación, la primera línea de hiperadobe se construye a nivel de tierra y su función es de desplante, debiendo estar envuelto en plástico negro, para evitar la propagación de humedad del suelo o de la lluvia hacia la parte superior y erosionen el hiperadobe.

Posteriormente, se realizan los muros debiendo contar con un espesor de 40 centímetros, el método de elaboración se desarrolla mediante la preparación de la tierra y arena con poca humedad, después, se revuelve y se mantiene en proceso de secado a la intemperie por 3 días, estabilizando de esta manera la mezcla, contemplando siempre controlar la humedad, una vez realizado este proceso, se coloca en una malla plástica (malla Raschel de polipropileno) la mezcla de tierra en la superficie donde se formarán los muros, se apisona, dándole la forma adecuada quedando un espesor de entre 13 a 15 centímetros por capa y se deja secar al sol, como se muestra en las Figuras 3 y 4. Concerniente a vanos y puertas, se desarrolla mediante una estructura de madera como soporte de cerramiento anclada a la estructura. Como se puede apreciar en la Figura 5.

## INSTALACIONES Y ACABADOS.

Los acabados en muro se desarrollan en 3 capas, la primera, es una mezcla de arcilla, arena y paja larga, mostrado en la Figura 6, siendo esta capa la utilizada para las instalaciones eléctrica e hidráulica, relativo a los sanitarios, se instalan directamente al piso. La segunda capa, es muy similar a la primera, las secciones de paja son 50% menores a las primeras, y para una mayor cohesión y estabilizador químico, se agrega estiércol de caballo, la última capa consiste en una mezcla de cal y baba de nopal, en donde, existe la posibilidad de agregar pigmentos naturales o color en polvo, para esta etapa de muros.

En el recubrimiento del suelo, se desarrolla la técnica opus signium, desarrollada a base de cal y pedacera de cerámica cocida y polvo de tabique cocido con cal, para implementarla con espesor de 10 a 12 centímetros.



Figura 1: cimentación.  
Figure 1: Foundation.

## CONSTRUCTIVE PROCESS.

For the selection of Earth, according to the Ler 20 02 02 Code (European Waste List) lands and stones, it is essential Layer can be used as a coating, because it contains organic waste of animal and plant origin, from 2 m deep, it can contain granulometry with low adhesion. The appropriate materials for this implementation are recommended that they have various proportions such as: Clays, silt, sand, gravel, air and water.

Relating to the foundation stage, a previously stabilized and level land is indispensable based on land, sand and lime, in proportions of 4: 3: 1, on a layer of between 5 and 7 cm gravel, as can be seen In Figure 1 and 2. Regarding the waterproofing of the foundation, it is required that the first hyperadobe line will be developed at the ground level and that it executes the function as a displacement, and must be wrapped in black plastic, to avoid the propagation of moisture from the ground or the rain to the top and erosion the hyperadobe.

Subsequently, the walls must be carried out with a 40 centimeters thick, stabilizing the mixture, always contemplating the moisture for the purposes that the material will have, once this process is performed, a plastic mesh (polypropylene raschel mesh) is placed on the surface where the walls will be formed and the Mixed mixture giving shape to the wall to the same time that is picked up, giving it in this way, the proper shape with a thickness of between 13 and 15 centimeters and is allowed to dry in the sun, as shown in figures 3 and 4. concerning vain And doors, a wooden structure is developed as a enclosure support anchored to the structure. As can be seen in Figure 5.

## FACILITIES AND FINISHES.

The wall finishes are developed in 3 layers, the first, is a mixture of clay, sand and long straw, shown in Figure 6, this layer being the one used for electrical and hydraulic installations, related to the toilets, they are installed directly to the floor. The second layer, is very similar to the first, the straw sections are 50% smaller than the first, and for greater cohesion and chemical stabilizer, horse manure is added, the last layer consists of a mixture of lime and nopal slime, where, there is the possibility of adding natural pigments or powder color, for this stage of walls. In the floor covering, the opus signium technique is developed, developed based on lime and fired ceramic pedacera and partition powder cooked with lime, to implement it with a thickness of 10 to 12 centimeters.



Figura 2: mezcla para cimentación.  
Figure 2: Foundation mixture.



Figura 3. Extendido de material con malla.  
Figure 3. Extended material with mesh.



Figura 4 hiperadobe técnica./ hoyeradbe tecnica



Figura 5 hiperadobe y cerramientos  
Figure 5 Hyperadobe and enclosures



Figura 6 hiperadobe y revestimiento en la edificación.  
Figure 6 hyperadobe and lining in the building.

## REFERENCES.

Fonseca, F. C., Camarena, J. A. G., Bernardo, G., & Iglesias, L. P. (2022). Current situation and future outlook for construction waste in new buildings. In Libro de abstracts (pp. 39-44). 3 Ciencias.  
Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra: Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural- Journal of Cultural Heritage Studies, 20(2), 182-201.  
Mañas Romero, I. (2008). El pavimento mixto como elemento de la construcción del espacio doméstico. Anales de Prehistoria y Arqueología, 89-117. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/apa/article/view/17896>  
Maury Pertuz, A. (2010). CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE. MÓDULO ARQUITECTURA CUC. 9(1), 105-114. Recuperado a partir de <https://revistasdemedia.cuc.edu.co/moduloarquitectura/article/view/13>  
Morán Ubidia, J. (2015). Construir con bambú: manual de construcción. Red Internacional del Bambú y Ratán - INBAR  
Rotondaro, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. Apuntes: Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural, 20(2). Recuperado a partir de <https://revistas.laveriana.edu.co/index.php/revapuntosArq/article/view/8989>  
Soler, P. (2017). Uso del bambú en la arquitectura contemporánea. Valencia, España. (Trabajo de grado) <http://hdl.handle.net/10251/106203>  
Zhang, Zhao, Qi Lu, Xinbo Jiang. (2015) An Energy Efficient Building System Using Natural Resources—Superadobe System Research, Procedia Engineering, Volume 121, Pages 1179-1185, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.133>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815029616>)

## CUBIERTA DE ESTRUCTURA Y TECNICA EN BAMBÚ./STRUCTURE AND TECHNIQUE COVER IN BAMBOO.

Para realizar la cubierta de bambú, se fabrica un nodo principal, un anillo de compresión forjado con solera de acero con 1/4" de espesor, a partir de este elemento, serán fijadas las traves principales de la cubierta, apreciable en la Figura 7, mediante pernos de sujeción, conformando la estructura guía para la forma de la cubierta. Posteriormente, se colocan los soportes transversales, los cuales, son fijados con pernos a la trabe principal que recibirá la lámina chancada de bambú, para evitar filtraciones. En esta primera capa, se impermeabiliza con espuma de poliuretano, observable en la Figura 8. Continuando con el proceso, se coloca la segunda parte de lámina chancada, apreciable en la Figura 9, para concluir el proceso de la cubierta, se concluye como acabado, en impermeabilización mediante aceite de linaza y cera natural.

To make the bamboo cover, a main node is manufactured, a forged compression ring with steel screed with 1/4" thick, from this element, the main locks of the cover will be fixed, appreciable in Figure 7, by means of fastening bolts, forming the guide structure for the shape of the cover. Subsequently, the transverse supports are placed, which are fixed with bolts to the main lock that will receive the crushed bamboo sheet, to avoid leaks. In this first layer, it is waterproofed with polyurethane foam, observable in Figure 8. Continuing with the process, the second part of crushed sheet is placed, appreciable in Figure 9, to conclude the process of the cover, it is concluded as a finish, in waterproofing by linseed oil and natural wax.



Figura 7 estructura para cubierta segunda etapa  
Figure 7 Structure for Second Stage Cover



Figura 8 aplicación de poliuretano en cubierta.  
Figure 8 Application of polyurethane on deck.



Figura 9 segunda capa de lamina chancada para cubierta  
Figure 9 Second layer of rack sheet for roof

## HERRAMIENTA DE ANALISIS TOOLKIT / TOOLKIT ANALYSIS

En el análisis utilizando la herramienta toolkit, los ratios de los desperdicios que genera la construcción en sistema mixto hiperadobe y bambú, y en un futuro al término de su vida útil, podrá ser reciclada en los centros vertederos y los elementos de bambú y madera, resulta posible utilizarlos en Upcycling, y así incidir y contribuir a la economía circular, lo que nos da una visión clara del manejo de los RCD's en su construcción.

In the analysis using the toolkit tool, the ratios of the waste generated by the construction in mixed hyperadobe and bamboo system, and in the future at the end of its useful life, it can be recycled in the landfill centers and the elements of bamboo and wood, we can use them in the upcycling, and thus influence and contribute to the circular economy, which gives us a clear vision of the management of the RCD's in their construction.

## CONCLUSIONES.

El uso de la Tierra Cruda en la técnica del hiperadobe y bambú en un sistema mixto, reduce el costo de los edificios cuando se construyen en el sitio. Además por las propiedades de los materiales utilizados y el diseño circular se puede ahorrar energía, el uso de la herramienta Toolkit nos da una visión general de clasificación y manejo de RCD's obteniendo tras el análisis, un bajo porcentaje de desperdicio en su uso, y en técnicas de Up-Cycling y un alto nivel de integración al medio ambiente, en el contexto de vertederos apreciable en la Figura 10. Cabe destacar que se reduce la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, su revalorización y reciclaje dinamiza la economía circular en la construcción, minimizando la generación de residuos y preservando el valor de los productos y sus materiales durante el mayor tiempo posible a través de un cambio, reparación, reutilización y reciclaje (Fonseca 2022).

## CONCLUSIONS.

The use of raw land in the technique of hyperadobe and bamboo in a mixed system, reduces the cost of buildings when built on the site. In addition, due to the properties of the materials used and the circular design can be saved, the use of the Toolkit tool gives us an overview of RCD's classification and management obtaining after the analysis, a low percentage of waste in its use, and in UP-CyCling techniques and a high level of environment, in the context of landfills appreciable in Figure 10. It should be noted that the emission of polluting gases is reduced to the atmosphere, its revaluation and recycling energizes the circular economy in the construction, minimizing the generation of waste and preserving the value of the products and its materials during as long as possible through a change, repair, reuse and recycling (Fonseca 2022).



Figura 10 hiperadobe germinado. Adaptado al medio.  
Figure 10 germinated hyperadobe. Adapted to the environment