

Propuesta de normatividad aplicada a la construcción de tierra cruda en México

Pedro Cipriano Magaña Mendoza, José Ricardo Moreno Peña, José Fidel Navarro Arellano

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico #1, Villa de Álvarez, Colima. C.P. 28976

Resumen

La tierra es una materia prima existente en todo el planeta, ha sido uno de los primeros materiales constructivos del mundo; utilizada en distintas regiones y culturas; sin embargo, son muy pocos los países que cuentan con normatividad para la regulación de este tipo de arquitectura.

En México el encargado de la elaboración de las normas técnicas complementarias en el ámbito constructivo, es el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE), el cual carece de normatividad en materia de construcción con tierra cruda. A partir del análisis normativo de otros países, se logra desarrollar una propuesta de normatividad que permita regular este tipo de arquitectura en nuestro país, con la cual se establezca el cumplimiento de los estándares de calidad, resistencia, durabilidad y composición de los materiales empleados, garantizando tanto la seguridad estructural de las construcciones, como la de los habitantes de las mismas.

Abstract

The earth is a raw material existing all over the planet, it has been one of the first construction materials in the world; used in different regions and cultures; However, very few countries have regulations for the regulation of this type of architecture.

In Mexico, the person in charge of the elaboration of the complementary technical standards in the construction field is the National Agency for Normalization and Certification of Construction and Building, S.C. (ONNCCE), which lacks regulations regarding construction with raw earth. From the normative analysis of other countries, it is possible to develop a normative proposal that allows to regulate this type of architecture in our country, with which the compliance with the standards of quality, resistance, durability and composition of the materials used is established, guaranteeing both the structural safety of the constructions, as well as that of the inhabitants thereof.

Palabras clave: Normatividad, tierra cruda, adobe, construcción.

Keywords: Regulations, raw soil, adobe, construction.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el calentamiento global, consecuencia de los grandes daños que ha causado la humanidad a la naturaleza con el desarrollo de nuestros centros de población, así como la creciente industrialización de las empresas para garantizar el abasto de la demanda de mercancías y servicios que dichos centros generan, ha puesto en riesgo el equilibrio ecológico del planeta; lo que ha desarrollado una gran cantidad de fenómenos naturales atípicos en las distintas regiones que lo integran.

Dichos cambios e impactos medioambientales, en la actualidad son analizados por diversos activistas e investigadores, los cuales están tratando de determinar los daños, transgresiones al ambiente, las consecuencias y futuras amenazas que representa tal afectación, enfocados en el intento de buscar una solución y frenar de la mejor manera posible el impacto ecológico que generamos los seres humanos; uno de ellos es James Lovelock controversial investigador estadounidense, el cual cree que sólo cabe ahora una retirada sustentable; que más progreso, más desarrollo es una imposibilidad. En uno de sus trabajos de investigación "The Earth is about to catch a morbid fever that may last as long as 100,000 years", propone:

“Entonces, ¿qué debemos hacer? Primero, debemos tener en cuenta el increíble ritmo de cambio y darnos cuenta del poco tiempo que queda para actuar; y luego cada comunidad y nación debe encontrar el mejor uso de los recursos que tienen para sostener la civilización por el mayor tiempo posible. La civilización consume mucha energía y no podemos apagarla sin estrellarse, por lo que necesitamos la seguridad de un descenso motorizado”. Publicado en *The Independent*, 16 de enero de 2006. [8]

En la industria de la construcción y en los espacios urbanos el cemento está por todas partes; de hecho, solo el agua lo supera como recurso más consumido en el planeta. Si la industria del cemento fuera un país, sería el tercero más contaminante del mundo, solo por detrás de China y EE.UU. Por ello según los expertos en el tema de contaminación ambiental debemos abandonarlo de forma urgente, pues es responsable del 8% de las emisiones totales de CO₂ en el mundo, según el informe *Making Concrete Change* del instituto británico Chatham House. [20]

La producción de cemento Portland, el tipo más común en la industria de la construcción, no solo implica la extracción de piedra en canteras, lo que contamina el aire por la emisión de polvo, sino que también requiere el uso de enormes hornos para calcinar la piedra caliza, proceso mediante el cual se consumen grandes cantidades de energía y generan de igual manera emisiones de CO₂ hacia la atmósfera; esto explica la urgente necesidad de la búsqueda de alternativas de materiales y técnicas constructivas más amigables con el medio ambiente.

No es de extrañarse que todos los esfuerzos y enfoques actuales estén encaminados hacia la recuperación del equilibrio ecológico del planeta; aunque lo cierto es que muchas de estas alternativas no son comprendidas dentro del desarrollo sustentable, ya que en su mayoría son costosas o no impactan en gran escala en la sociedad; por tanto si tenemos una alternativa que no incluya de manera conjunta los tres ejes de la sustentabilidad: económico, social y ambiental, se estará hablando de una alternativa no sustentable y como consecuencia tendríamos otra opción más, que lejos de apoyar a solucionar el problema; estaríamos generando una problemática mayor.

Un tipo de arquitectura que integra a la perfección los ejes sustentables, es la arquitectura de tierra; la cual se extiende por regiones de climas y culturas muy diversas en todo el planeta. En un estudio realizado por el Departamento de la Energía de Estados Unidos, calcula que la mitad de la humanidad vive en hábitats construidos con tierra en todos los continentes habitados del planeta.

La tierra como material constructivo se adapta a las distintas regiones gracias a la diversidad de técnicas con las que ha sido empleada a través del tiempo, conocimientos que han existido desde la antigüedad por medio de los oficios y que han sido transmitidos empíricamente de generación en generación.

Podemos encontrar conjuntos históricos, monumentos, centros urbanos, templos o paisajes culturales en los que la arquitectura de tierra es protagonista. Para dar muestra de ello existen hasta 150 bienes construidos total o parcialmente con tierra inscritos en la lista de Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), dichos bienes se encuentran repartidos en continentes tan diversos como Europa, África, América o Asia (figura 1). [15]



Figura 1. Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo. Fuente: CRATerre-ENSAG.

El Centro Internacional de Arquitectura de Tierra (CRATerre) [1] es un laboratorio de investigación sobre arquitectura de tierra fundado en 1979, con sede en la Escuela Superior Nacional de Arquitectura en Grenoble, Francia, dicho centro ha realizado un estudio sobre técnicas de construcción de tierra cruda en el mundo, estableciendo una clasificación de 5 regiones, entre ellas la región de Latino América y el Caribe. (figura 2)

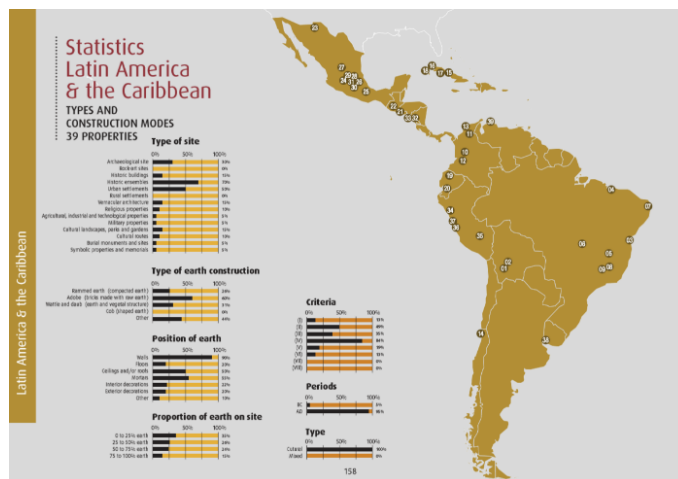


Figura 2. Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo. Fuente: CRATerre-ENSAG.

En México, existe una gran cantidad de sitios con arquitectura de tierra establecidos como patrimonio mundial por la UNESCO, dentro de esta forma de arquitectura se tiene la presencia de los siguientes tipos de sistemas constructivos: adobe con el 60% y tapial con el 26% de las construcciones.

La riqueza de arquitectura de tierra en nuestro continente es amplia, debido a que a lo largo del territorio americano se desarrollaron diversas culturas prehispánicas que desarrollaron sus centros poblacionales y de culto, utilizando técnicas rudimentarias y los materiales naturales existentes en la zona.

En nuestro país México, es común encontrarse con sistemas constructivos a base de tierra o materiales naturales, la mayoría de estas representaciones arquitectónicas las podemos observar dentro de los centros históricos de los centros de población urbanos y rurales, principalmente en iglesias y casa habitación, las cuales datan de la época de la colonia en la que tuvieron auge este tipo de construcciones.

El patrimonio arquitectónico de nuestro país catalogado dentro del patrimonio tangible de la arquitectura de tierra por la UNESCO, establece que México aporta 9 centros establecidos como patrimonio mundial a la región América Latina y el Caribe, lo que representa un 23%; los patrimonios registrados por parte de nuestro país son: Zonas arqueológicas de Paquimé, Casas Grandes y Monte Albán; la Ciudad prehispánica de Teotihuacán, los Centros históricos de Morelia, Oaxaca, Puebla, Zacatecas y Guanajuato; centros de protección de San Miguel y el santuario de Jesús Nazareno y por último la zona de monumentos históricos de Querétaro.

Actualmente la desaparición constante de patrimonio de arquitectura de tierra y la pérdida de conocimiento sobre estas técnicas y materiales, representa una problemática evidente; debido a que las tendencias de construcción en la República Mexicana, se están desarrollando con materiales industrializados; gracias a la globalización se tiene la introducción de nuevos materiales, los cuales provienen de tecnología y necesidades del extranjero, que no tienen nada que ver con nuestras costumbres, nuestro entorno social y nuestro medio ambiente; por lo que se siguen construyendo edificaciones con materiales que no responden en nada a las condicionantes del contexto donde están emplazadas y que muy poco abonan a la riqueza cultural de México.

La utilización de los diversos materiales de construcción empleados en las viviendas mexicanas, específicamente para la construcción de muros, de acuerdo a los resultados del XII Censo General de población y vivienda, 2000, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [6], se componen de la siguiente manera:

No.	TIPO DE MATERIAL USADO EN MUROS	CANT. DE VIVIENDAS
1	Materiales de desechos	52,989.00
2	Lámina de cartón	157,200.00
3	Lámina de asbesto y metal	147,250.00
4	Carrizo, bambú y palma	207,532.00
5	Embarro y bajareque	292,612.00
6	Madera	1'436,353.00
7	Adobe	2'135,694.00
8	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento y concreto	16'968,348.00
9	No especificado	115,255.00
Número total de viviendas en la República Mexicana		21'513,235.00

Tabla 1. Viviendas en México por material de construcción de sus muros. Fuente: INEGI.

Como se puede mostrar en la tabla 1, los materiales predominantes en la construcción de muros en México son el tabique, ladrillo, piedra, cantera, cemento y concreto; con un total de 16,968,348 viviendas, que representan el 79% del total de viviendas; mientras que las construcciones de muros a base de adobe se tienen un 10% que representa 2,135,694 viviendas, con esta información se puede deducir directamente que este sistema constructivo tiene gran importancia en nuestro País, además de notar una pérdida gradual de dicho patrimonio debido a los daños que sufren por las condiciones del contexto donde se ubican y también por el auge que están teniendo las construcciones con materiales industrializados globalmente; por ello la necesidad de estudiar las construcciones de adobe, pues aún representan una importante fuente de vivienda para nuestro País.

Con todo lo analizado hasta el momento, se puede deducir que en América Latina y en México la técnica más representativa y usada en la mayor parte de las construcciones antiguas, así como en las construcciones catalogadas por la UNESCO como patrimonio mundial, es la construcción con tierra a base de bloques de Adobe, además de la cantidad de viviendas que utilizan dicha técnica y que es importante mantener y restaurar, por lo que es indispensable que en nuestro país se comience a legislar acerca de la normatividad para la construcción con tierra cruda.

2. NORMATIVIDAD
2.1 INTERNACIONAL

Existen diferentes normatividades para el uso de la tierra cruda a nivel internacional; destacando los países de Perú, Nueva Zelanda y España, estas contienen distintas formas de utilización como son adobe, tapial, BTC (Bloque de Tierra Comprimida) y tierra vertida.

NORMATIVIDAD INTERNACIONAL			
PAÍS	NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
Nueva Zelanda	NZS 4297	Diseño de ingeniería de edificios de tierra.	20/02/2020
	NZS 4298	Materiales y construcción para edificios de tierra.	20/02/2020
	NZS 4299	Edificios de tierra que no requieren un diseño de ingeniería específico.	20/02/2020
	OBJETIVO		
Proporcionar un recurso central para las autoridades de consentimiento de construcción que determinan el cumplimiento del Código de construcción de Nueva Zelanda (NZBC) y ha brindado orientación a diseñadores, constructores, propietarios-constructores y otras personas involucradas en la construcción de edificios exitosos con paredes de tierra en Nueva Zelanda, y en otras partes del mundo. La construcción con paredes de tierra sigue siendo relevante en un momento en que la sostenibilidad y la descarbonización del entorno construido están bajo escrutinio. Los materiales de tierra se procesan mínimamente, tienen baja toxicidad y están disponibles localmente. [5]			
Perú	NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
	NTE E 080	Diseño y construcción con tierra reforzada (adobes).	2017
	OBJETIVOS		
	a) Establecer requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada. b) Conferir seguridad sísmica a la construcción de edificaciones de tierra reforzada, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado. c) Conceder durabilidad a las edificaciones de tierra reforzada frente a los fenómenos naturales y antrópicos. d) Promover las características de la construcción de edificaciones de tierra reforzada, su accesibilidad, bajo costo, virtudes ecológicas y medio ambientales, bajo consumo energético aislamiento térmico y acústico, sus formas tradicionales y texturas rústicas. [17]		
	NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
	NTP 331.201:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Requisitos).	Revisada el 2017
	OBJETIVO		
La presente Norma Técnica Peruana establece las definiciones, condiciones generales y requisitos de los adobes de suelo estabilizado con asfalto RC-250 que se utilizan en la construcción de muros. [18]			
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN	
NTP 331.202:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Métodos de ensayo).	Revisada el 2017	

OBJETIVO		
La presente Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, resistencia a la compresión, el módulo de rotura, el desgaste por humedecido y secado y el contenido de humedad de los adobes estabilizados con asfalto RC-250 que se utilizan para la construcción de muros. [19]		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NTP 331.203:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Muestreo y recepción).	Revisada el 2017
OBJETIVO		
La presente Norma Técnica Peruana establece el muestreo y recepción de los adobes estabilizados con asfalto, que se utilizan en la construcción de muros.		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
Norma UNE 41410	AENOR: Bloques de tierra comprimida (BTC) para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.	2008
OBJETIVO		
Permite el uso de cemento/cal/yeso como estabilizantes o aditivos en un porcentaje de la masa en seco menor o igual al 15%, así mismo el contenido en arcilla de la propia tierra tiene que ser mayor al 10%. [12]		

Tabla 1. Normatividad internacional para construcción con tierra.

De lo observado en las diferentes normatividades internacionales, podemos destacar que en la normatividad Peruana se contempla una legislación con mayor diversidad de consideraciones como el reforzamiento de la mezcla de tierra por medio de la integración de aglutinantes químicos como el asfalto y naturales como fibras, mientras que en la de Nueva Zelanda se presenta una trilogía donde, primero se exponen las características que deben de cumplir la materia prima, después los aspectos que deberán cumplir los diseños que requieren ingeniería estructural y por último aquellos diseños que no requieren de dicha ingeniería; en el caso de España se norman los materiales agregados posibles para mejorar en los BTC su grado de aglutinamiento, especificando diseño, elaboración y ensayos de los mismos.

2.2 NACIONAL

En nuestro país el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) [10] que es el encargado de la acreditación y certificación de las normas técnicas complementarias, tiene un catálogo de normas mexicanas comprendido por 326 normas, divididas en diferentes áreas de estudio, la siguiente gráfica muestra las normas técnicas complementarias existentes para el caso de elementos de mampostería, dicha norma no contempla elementos de tierra cruda.

NORMATIVIDAD MEXICANA		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NMX-C-036-0NNCCE-2013	Industria de la Construcción – Mampostería – Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines – Método de ensayo.	03/07/2013
OBJETIVO		
Esta norma determina la resistencia a la compresión de las piezas, a través de su ensayo con una máquina de tipo a compresión o universal; el material auxiliar y el equipo a utilizar, la forma de preparar y acondicionar las muestras, las condiciones ambientales y el procedimiento del ensayo; y el cálculo y expresión de resultados.		

NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NMX-C-404-ONNCCE-2012	Industria de la Construcción – Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de ensayo.	13/12/2012
OBJETIVO		
Esta norma mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la contracción por secado. Esta norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones de concreto, bajo condiciones específicas de secado. Este método de ensayo no aplica para bloques, tabiques o ladrillos de arcilla cocida debido a que en este material no se presenta contracción por secado superior al límite especificado en la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE.		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NMX-C-441-ONNCCE-2013	Industria de la construcción – Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural – Especificaciones y métodos de ensayo.	31/01/2014
OBJETIVO		
Esta norma establece la clasificación de las piezas conforme a sus dimensiones y material; especifica el área neta mínima, las dimensiones y tolerancias, la resistencia a la compresión, la absorción inicial y absorción total de agua de acuerdo con su clasificación; y establece los métodos de ensayo para evaluar estas propiedades.		

Tabla 2. Normatividad nacional para mampostería.

Observamos dentro de la normatividad nacional mexicana que destacan tres normas para elementos de mampostería, como: bloques, tabiques, tabicones y adoquines, la primera se refiere a la resistencia a la compresión, la segunda a su uso en mampostería estructural y la tercera para uso no estructural; como se observa la mayoría de los productos utilizados requieren de un proceso de fabricación semi-industrializado o industrializado, dentro de su composición físico-química, se integran principalmente por materiales aglutinantes como: arcillas, cal, cemento; y aglomerantes como: tierra, arenas, grava; Sin embargo, no existe normatividad para productos elaborados con tierra cruda, de ahí surge la necesidad de que, a partir del análisis en dicho ámbito de los documentos existentes en otros países, proponer y desarrollar una normatividad enfocada a los conceptos de resistencia a la compresión y capacidad de absorción de humedad, que sea aplicable a la elaboración de adobes con este material, ya sean simples o estabilizados.

3. PROPUESTA DE NORMATIVIDAD ANTECEDENTES

Esta propuesta de normativa establece los requisitos y criterios técnicos necesarios para desarrollar un buen diseño de las mezclas, y su elaboración para elementos constructivos compuestos de tierra cruda (adobe) ya sea simple o estabilizado; todo está basado en el análisis de los instrumentos normativos expuestos en el apartado anterior, integrándose con la normatividad mexicana existente para elementos de mampostería.

Artículo 1.- ALCANCES

Definir los criterios de selección del suelo a utilizar en la fabricación del adobe, aplicables a nivel nacional.

Artículo 2.- OBJETO

Establecer los porcentajes óptimos en los componentes de la mezcla, con la finalidad de garantizar el funcionamiento de la misma.

Determinar la metodología de elaboración del adobe, de manera que pueda ser replicada en cualquier parte del país.

Definir la metodología para la elaboración de las probetas, las cuales serán sometidas a distintos esfuerzos, con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas del adobe, mediante la elaboración de pruebas específicas.

Artículo 3.- REQUISITOS GENERALES

La altura total del muro de tierra, desde la parte superior hasta la base de desplante en la cimentación no deberá exceder los 6,5 m.

Las cubiertas de las viviendas deberán hacerse de materiales livianos siempre y cuando no sean diseñadas, de manera tal que no agreguen demasiado peso a la estructura de los muros.

Se evitará el contacto directo del adobe con el suelo, deberán de ir desplantados en una cimentación de mampostería de piedra, concreto, etc.

Artículo 4.- DEFINICIONES.

4.1 Adobe

Bloque macizo de tierra sin cocer, puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

4.2 Adobe Estabilizado.

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la intemperie.

4.3 Tierra como material para la construcción.

Subsuelo natural compuesto por diferentes porcentajes de arcilla, limo, arena y grava, sin cocer.

4.4 Arena.

Fragmentos de roca o minerales individuales que varían en diámetro de 0.06 mm a 2.0 mm.

4.5 Limo.

Partículas minerales individuales en un suelo que varían en tamaño desde el límite superior de arcilla (0.002 mm) hasta el límite inferior de arena fina (0,06 mm).

4.6 Arcilla.

Partículas minerales individuales en el suelo, cuyo tamaño es inferior a los 0.002 mm.

4.7 Cal.

Óxido de calcio (CaO), se obtiene como resultado de la combustión de las rocas calizas y se ha usado desde la antigüedad como aglutinante en la construcción.

4.8 Mampostería.

Sistema constructivo que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de sus componentes denominados mampuestos, piedra, bloque, tabique, tabicón, etc.

4.9 Cimentación.

Sistema estructural que transmite las cargas de los elementos apoyados en ella, hacia el suelo donde está situada.

4.10 Estabilización.

Mejoramiento de las propiedades de los materiales de construcción, al adicionar otros, que unan sus partículas con mayor eficiencia, disminuyendo el daño causado por la humedad, reduciendo los cambios de volumen, mejorando su resistencia y durabilidad.

4.11 Suelo.

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, está compuesto por varios estratos, los cuales se diferencian entre sí por su aspecto, textura y los materiales que lo componen (fiura 3), a cada una de estas capas se les conoce con el nombre de horizonte.

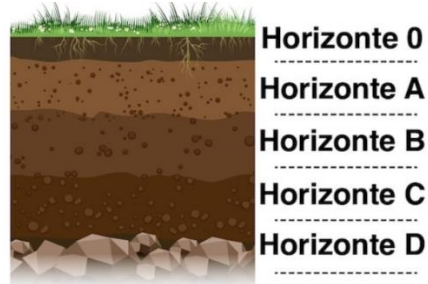


Figura 3. Estratos del suelo.

Artículo 5.- MATERIA PRIMA.

5.1 El suelo.

Si bien casi cualquier tipo de tierra es utilizable para la elaboración de adobe, ya que se puede por medio de estudios de suelo determinar su composición y con ello establecer el tipo de agregados que se le pondrá a la mezcla para mejorarla; sin embargo, se establece que la capa ideal del subsuelo que garantiza la mejor composición para la utilización del material dentro de la construcción y elaboración de adobe, es el horizonte B, la cual por lo general se encuentra a partir de 50 centímetros de profundidad.

5.2 Componentes del suelo.

La composición de los suelos es una mezcla de los siguientes materiales:

- 0-15 % Grava
- 40-50 % Arena
- 20-35 % Limos
- 15-25 % Arcilla

5.3 Suelos no utilizables.

Los suelos a emplearse en la elaboración de los adobes no tendrán que estar catalogados dentro de los siguientes tipos:

- Granulados sueltos.
- Cohesivos blandos.
- Arcillas expansivas.

Artículo 6.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ADOBE.

6.1.- LA MEZCLA.

La mezcla para la elaboración de los adobes simples está integrada por la tierra (Arcilla, Limo y arena), fibra y agua; para el caso de adobes estabilizados se le agrega un aglutinante a la mezcla.

6.1.1 Materiales de la mezcla.

6.1.1.1 Tierra.

La proporción ideal para la composición de la tierra de acuerdo a lo establecido, es la siguiente:

- 62 % Arena
- 18 % Limos
- 20 % Arcilla

Entendiéndose por tanto que el suelo empleado deberá de llevar un proceso de purificación, donde se elimine de su composición la grava, piedras o materia orgánica que contenga y sean mayores a 5 milímetros.

6.1.1.2 Fibra.

La adición de este material en la mezcla se hace para mejorar la calidad del adobe, ya que con esto se tiene mejor control de las fisuras o agrietamientos en los bloques al momento del secado.

La fibra debe cortarse en longitudes que no excedan la mitad del espesor de la pared terminada.

La proporción entre fibra natural cortada y tierra en volumen puede variar entre 1:1 y 1:2.

6.1.3 Agua.

Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado.

La cantidad de agua requerida para la elaboración de la mezcla de los adobes, no deberá de rebasar el 20% respecto del contenido en seco de la misma. Esta cantidad de agua asegura una correcta humidificación de los componentes de la mezcla para lograr la cohesión necesaria de los materiales y aglutinantes para el caso del adobe mejorado.

6.1.4 Estabilizante. (adobe estabilizado).

El material a emplearse como estabilizante de la mezcla puede ser asfalto, cemento, cal, yeso, etc. Dependiendo del tipo de material utilizado se obtendrá una mayor o menor resistencia mecánica, así como a los fenómenos naturales y antrópicos.

En el caso de emplear cualquiera de los estabilizantes antes mencionados, el contenido total de estos deberá ser menor o igual al 15% de la masa en seco de la mezcla.

6.2 Elaboración de la mezcla.

- Cernir la tierra por medio de una malla para limpiarla de impurezas y materia orgánica, que pueda contener y llegar a contaminar la mezcla.
- Para el caso de adobe simple se somete la tierra a un proceso de hidratación de por lo menos 48 horas.
- Para el caso de adobe estabilizado se comienza mezclando la tierra y el material aglutinante, hasta lograr integrar los materiales y tener una mezcla completamente homogénea.
- Se comienza a integrar agua de manera gradual a la mezcla, para hidratar los materiales.

- Para aumentar la estructuración de la mezcla, se integra la fibra natural en la mezcla realizada previamente con la tierra y agua (estabilizante en el caso de ser adobe estabilizado), se agrega en esta etapa debido a que, por sus condiciones físicas de bajo peso, integrarla al inicio puede ocasionar sedimentación de fondos y no se integraría de manera homogénea a la mezcla.
- Se deja reposar la mezcla por 48 horas, para que los materiales absorban la humedad que necesitan y puedan desintegrarse algunas partículas gruesas que hayan quedado, con esto se garantizaría la homogeneidad de la mezcla.

Artículo 7.- EL BLOQUE DE ADOBE.

7.1 Dimensionamiento.

- El bloque de adobe debe ser rectangular o cuadrado, los moldes deberán elaborarse a base de madera o metal, con medidas interiores del tamaño del bloque a elaborar.
- El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, el rectangular no debe tener un largo mayor a dos veces su ancho, por razones de peso.
- La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

7.2 Elaboración del bloque.

- El lugar de elaboración deberá ser en un espacio sombreado y con ventilación indirecta.
- Como base se utiliza un hule o plástico como superficie, donde se colocarán los blocks para su primera etapa de secado, el cual deberá tener una capa fina de tierra o arena para evitar que el bloque se adhiera al plástico.
- Lavar con agua el molde, para que este limpio de impurezas y a su vez humidificarlo, garantizando con ello que la mezcla no se adhiera a él y tenga un desmontaje perfecto, evitando dañar las caras externas del bloque o sus características físicas.
- Colocar el molde sobre el plástico y rellenar poco a poco con la mezcla del adobe, apisonando la mezcla con herramientas o bien de manera manual, de manera que quede lo mejor compactada posible, asegurando con ello que no queden huecos en el bloque que puedan afectar la resistencia y calidad del mismo.
- Con agua se humedece y se talla la cara superior del bloque, para dejar una superficie uniforme.
- Se desmonta el bloque de la base de madera y se repite el proceso para la elaboración de cada uno.

7.3 Secado del bloque.

- Sin cambiar el bloque de la posición en la que se generó, se dejan secar por 4 días a la sombra y con ventilación natural controlada, evitando las corrientes de aire en el espacio, para disminuir la aparición de grietas en los mismos.
- Posteriormente se coloca de canto el bloque en el sol por 28 días más, para generar exposición a la ventilación y radiación solar en la mayor área posible y garantizar un secado uniforme del bloque.
- Una vez transcurrido el tiempo el bloque de adobe ha alcanzado su capacidad de carga máximo y puede usarse para los fines que fue creado.

Artículo 8.- ENSAYOS DE LABORATORIO.

8.1 Reporte de ensayos.

Los apartados que deberá de contener el informe del ensayo, estarán dispuestos de la siguiente manera: Identificación, tipo y procedencia de la muestra; edad nominal, dimensiones (con aproximación a un milímetro), área de la sección transversal (en cm^2), carga máxima admisible en N (kg), los esfuerzos resistentes a la compresión calculado y en promedio con aproximación de 0.01 MPa (0.1 kg/cm^2) de cada una de las probetas, así como los defectos observados en los especímenes y la fecha del ensayo.

8.2 Características de los ensayos.

La resistencia a la compresión se realizará ensayando cubos elaborados con el material que se esté utilizando (batida) para la producción de los adobes. Se deberán de ensayar un mínimo de 6 cubos por batida, definiendo la resistencia última (f_o) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

El valor de esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal. Los ensayos deberán estar completamente secos para que puedan realizarse las pruebas de compresión.

Artículo 9.- PRUEBAS DE LABORATORIO

9.1 Compresión.

Se deberá de refrentar las probetas, para garantizar la nivelación y con ello la repartición equitativa de la carga al momento de someterla a los esfuerzos de compresión.

Se somete la probeta al esfuerzo de compresión, por medio de una prensa universal, la cual nos arroja la capacidad máxima del material y su comportamiento a lo largo de la prueba.

9.1.1 Valores mínimos admisibles.

Los parámetros que se contemplan para el cumplimiento de la norma mediante los esfuerzos mínimos admisibles de los ensayos a probar son los siguientes:

Resistencia a la compresión de la unidad

$$f_o = 12 \text{ kg/cm}^2$$

9.2 Absorción de humedad.

Realizar el secado de la probeta, por medio de un horno el cual logrará retirar completamente cualquier grado de humedad contenido en su interior.

Una vez realizado el proceso de secado se extrae la probeta del horno y se pesa, para registrar el valor.

La hidratación se hace por medio de la inmersión de la probeta completamente en agua por un lapso de 24 horas.

Se pesa la probeta para calcular la diferencia en pesos y conocer el valor de retención de humedad.

9.3 Retención de humedad.

Después de haber pesado la probeta en el apartado anterior, se deja fuera del agua y se pesa en intervalos de tiempo, para determinar la capacidad de retención del material; entre mas cercanos sean los intervalos de tiempo con el que se lleven a cabo las mediciones, mas confiable serán los resultados.

4. CONCLUSIÓN.

La industria de la construcción, es una de las principales responsables del cambio climático, tanto por el proceso de producción de materiales y obras arquitectónicas, como por el cambio de uso de suelo que al no ser regulado correctamente por parte de la legislación y las instituciones públicas, produce un gran impacto para el medio

ambiente a nivel mundial; por lo que con el empleo de materiales constructivos que aprovechen las condicionantes del contexto, como lo son los materiales existentes en la zona, se podría generar alternativas constructivas que sean integrales y sobre todo sustentables, que tengan injerencia directa en los tres ejes fundamentales de la sustentabilidad que son económico, social y ambiental.

El adobe como material constructivo, funciona de manera amigable con el medio ambiente, no solo porque utiliza materiales existentes en la región, que son accesibles y de bajo costo para su obtención y proceso; si no por que al momento en el que se decida remover una construcción realizada con esta técnica, todos los desechos pueden ser reintegrados inmediatamente al medio ambiente, no tiene un proceso de desintegración elevado como lo es la mayoría de los materiales empleados actualmente en la industria de la construcción.

Si bien la construcción con tierra cruda es una alternativa que promete una gran cantidad de soluciones ambientales, sociales y de confort para las viviendas; y además en la actualidad se está tratando de retomar este tipo de construcción; sin embargo, existe la problemática de la carencia de la regulación de este tipo de materiales y construcciones en la República Mexicana, por tanto con esta normatividad propuesta se genera un instrumento que de ser implementado en la construcción con tierra cruda, pretende asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad, resistencia y durabilidad; de manera tal como se percibe que sucede en los países que cuentan con dicha norma.

REFERENCIAS

- [1] Centro Intercacional de Construcción con Tierra (Craterre), Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble, Francia (ENSAG), (1979). *Catálogos de construcciones con tierra cruda*. Fecha de consulta: 15-oct-2020. Sitio web: <http://www.craterre.org/terre.grenoble.archi.fr/livresPUBLI.php> 4
- [2] Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C.. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. 09-oct-2020, de Camino sostenible. Sitio web: <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Manual%20para%20a%20Construccion%20de%20Viviendas%20Adobe.pdf>
- [3] Viñuales, G., MArtins, C., Flores, M., & Ríos, L. (1994). *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. 06-oct-2020, de PROTERRA Sitio web: <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Arquitectura%20de%20Tierra%20en%20Iberoamerica.pdf>
- [4] Gernot, Mike. 1994, *Lehmbau-Handbuch*, Alemania. (Primera edición), edición en castellano: Gernot, Mike. (septiembre 2005). *Manual de construcción en tierra*. Uruguay: Fin del siglo. ISBN 9974-49-347-1.
- [5] Standards New Zealand, Ministerio de Empresa, Innovación y Empleo. (1998). NZMP 4212: 1998, Glosario de terminología de construcción, NZS 4297: 1998 Diseño de ingeniería de edificios de tierra, NZS 4299: 1998 Edificios de tierra que no requieren un diseño específico. Fecha de consulta: 12-oct-2020. Sitio web: <http://www.standards.govt.nz/sponsored-standards/building-standards/nzs4298/>. 6
- [6] INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. Fecha de consulta: 16-nov-2020, de INEGI. Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/#Publicaciones>
- [7] Gernot Mike. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Fecha de consulta: 13-oct-2020, de Universidad de Kassel, Alemania. Sitio web: http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/manual_de_construccion_para_viviendas_antisismicas_de_tierra.pdf
- [8] Lovelock, James. (16 de enero del 2006). La tierra está a punto de contraer una fiebre mórbida que puede durar hasta 100.000 años. Fecha de consulta: 10-oct-2020, Sitio web: <http://www.jameslovelock.org/the-earth-is-about-to-catch-a-morbid-fever-that-may-last-as-long-as-100000-years/>. 1
- [9] Lovelock, James. (2 de julio de 2007). *The Revenge of Gaia*. USA: Penguin eBooks. ISBN: 9780141900810.
- [10] Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal. (2008). *Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones*. Fecha de consulta: 06-nov-2020, de cdmx.gob. Sitio web: <https://www.isc.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/590/149/e58/590149e58c09c534300411.pdf>
- [11] Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal. (2008). *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*. Fecha de consulta: 06-nov-2020, de cdmx.gob Sitio web: <https://www.isc.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/590/148/cd3/590148cd3e718185711014.pdf>
- [12] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2008). *UNE 41410, Bloques de tierra comprimidos para muros y tabiques*. Fecha de consulta: 12-oct-2020. Sitio web: http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une_414102008.pdf. 10
- [13] Casado, Daniel. (2011). *La construcción con tierra cruda: el adobe y la tapia*. Fecha de consulta: 03-nov-2020, de Sitio Solar. Sitio web: <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>
- [14] Mannise, Raul. (2012), *El adobe (ladrillos de barro y paja)*, Fecha de consulta: 25-oct-2020, de Ecocosas. Sitio web: <https://ecocosas.com/construccion/el-adobe/>. Extraído de “Soluções Sustentáveis. Construções Naturais” de André Soares (Ecocentro IPEC).

- [15] Gandreau, David, Delboy, Leticia (Colaboración de CRATerre-ENSAG (France) y UNESCO. (2012). *World heritage inventory of earthen architecture*. Fecha de consulta: 11-oct-2020. ISBN: 978-2-906901-70-4. Sitio web: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217020>. 3
- [16] Medina, Edgar. (2014) *Construcción con adobe sismo resistente*. Fecha de consulta: 01-nov-2020. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=HTkmZvXbFso>.
- [17] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Gobierno de Perú. (2017) *NTE E 080, Diseño y construcción con tierra reforzada (adobes)*. Fecha de consulta: 10- oct-2020. Sitio web: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376. 7
- [18] Centro de Información y Documentación (CID) del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (18- dic-2017). *NTP 331.201:1979, Adobe estabilizado con asfalto para muros (Requisitos)*. Sitio web: <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/er/alertainformativa/files/E-ALERTA%20RD%20047.pdf>. 8
- [19] Centro de Información y Documentación (CID) del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (18- dic-2017). *NTP 331.202:1979, Adobe estabilizado con asfalto para muros (Métodos de ensayo)*. Sitio web: http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/TITULO_III_EDIFICACIONES/III.2%20ESTRUCTURAS/E.080%20AOBE.pdf. 9
- [20] Chatham house. (13 de junio de 2018). *Haciendo cambios concretos: innovación en cemento y hormigón con bajo contenido de carbono*. Fecha de consulta: 07-oct-2020. ISBN: 978 1 78413 272 9. Sitio web: <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete>. 2
- [21] Sader, Marta. (2019). *Por qué es urgente abandonar el cemento en la arquitectura*. Fecha de consulta: 25-oct-2020, de Revista AD. Sitio web: <https://www.revistaad.es/arquitectura/articulos/urgente-abandonar-cemento-arquitectura/24021?fbclid=IwARosh5nK63bYmhl1t8yNxIzSddmrfmhLg6VZMKNZCcltIAKdRm-vjAlt7o>
- [22] Catalán, P., Moreno, J., Galván, A., & Arroyo, R. (2019). *Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio*. 10-nov-2020, de Scielo.org Sitio web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100118&lng=es&nrm=iso versión On-line ISSN 2007-9621versión impresa ISSN 0188-6266.
- [23] Autoría del artículo: Equipo de redactores de Arkiplus.com. “*Bloques de adobe*”. Fecha de consulta: 03-nov-2020, Sitio web: <https://www.arkiplus.com/bloques-de-adobe/>

Correo autor: g1946012@colima.tecnm.mx