

Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la
Candelaria

Jorge Luis Pinzón Orjuela

Angie Katherine Benítez Urrego



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Tecnología En construcciones Arquitectónicas

5 de Diciembre de 2018

Bogotá D.C.

Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la
Candelaria

Presentado para optar al título de
Tecnólogo en construcciones arquitectónicas

Jorge Luis Pinzón Orjuela

1033683568

Angie Katherine Benítez Urrego

1020770479

Docente del proyecto

Arq. José Alcides Ruiz



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Tecnología En construcciones Arquitectónicas

5 de Diciembre de 2018

Bogotá D.C.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C. Diciembre de 2018

Tabla de contenido

Tabla de contenido	4
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Planteamiento del problema	12
Justificación.....	13
Objetivos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Marco teórico	15
La candelaria.....	15
Climatología	19
Elementos composición del adobe	20
Patologías.....	22
Mucilago	25
Nopal impermeabilizante.....	27
Marco conceptual	28
Revestimiento	29
Patologías.....	30
Construcción	31
Impermeabilizante	33
Marco normativo	34
Metodología de investigación	40
Patología	41
Elaboración de prototipos	45
Curado del nopal.....	47
Resultados	49

Referentes.....54

Anexos.....56

Lista de Figuras

Figura 1 Localización barrios de la candelaria.....	17
Figura 2 Mapa lugares culturales	18
Figura 3 Humedad relativa.....	19
Figura 4 Boletín censo General.....	21
Figura 5 Patologías por Humedad.....	22
Figura 6 Cultivo de Nopal.....	25
Figura 7 curado del nopal para adobes.....	27
Figura 8 Impermeabilizante de pintura	28
Figura 9 Muro apisonado	29
Figura 10 Falla Material.....	30
Figura 11 Falla material	31
Figura 12 Falla material	32
Figura 13 Falla material	32
Figura 14 Falla lateral vivienda en adobe	33
Figura 15 Muro de adobe	34
Figura 16 Daños en viviendas en tierra.....	37
Figura 17 Daños por humedad	38
Figura 18 Recubrimiento.....	39
Figura 19 Rehabilitación fachada en adobe	40
Figura 20 viviendas en adobe de la candelaria.....	41
Figura 21 Daños físicos.....	43
Figura 22 Desprendimiento de material	44

Figura 23 Afectación en vivienda	44
Figura 24 Prototipos	45
Figura 25 Utilización de Nopal Curado	47
Figura 26 Mezcla de Agregado Orgánico	47
Figura 27 Prueba de goteo.....	48
Figura 28 Resultado Humedad.....	49
Figura 29 Resultado de Humedad	50
Figura 30 Resultado Humedad.....	51
Figura 31 Resultado general.....	52

Lista De Tablas

Tabla 1 extracción mucilago	26
Tabla 2 Tipo de deterior	42
Tabla 3 Proporción dosificación general.....	46
Tabla 4 Dosificación	46

Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la
Candelaria

Resumen

La investigación de la humedad en fachadas en construcciones en tierra, es un determinante que se ha explorado en otros países como lo son Chile, Perú y México dado que su observación y exploración de material natural como (Nopal) es utilizado como impermeabilizante; de acuerdo a esto el Ministerio De Medio Ambiente de la ciudad de México contempla unas dosificaciones para la revitalización de fachadas o reparaciones en las construcciones en tierra. En la ciudad de Bogotá, ubicado en la localidad la Candelaria algunas de estas viviendas vernáculas han presentado patologías que se evidencian en sus fachadas puesto que los elementos que la componen son en tapia pisada, adobes y bahareque, cabe resaltar que la importancia metodológica y de análisis en nuevas técnicas de restauración y desarrollo de material que modere la humedad presente.

Palabras Claves: Recubrimiento, Restauración, Patología, Humedad, Muro, Adobe, impermeabilizante, Nopal.

Abstract

The investigation of moisture in facades in buildings on land, is a determinant that has been explored in other countries such as Chile, Peru and Mexico since their observation and exploration of natural material such as (Nopal) is used as waterproofing; According to this the Ministry of the Environment of Mexico City contemplates some dosages for the revitalization of facades or repairs in the constructions on land. In the city of Bogotá, in the town of La Candelaria some of its vernacular dwellings have presented pathologies that are evident in their facades since the elements that compose it are in treads, adobes and bahareque, it should be noted that the methodological and analytical importance in new techniques of restoration and development of material that moderates the present humidity.

Introducción

La ciudad de Bogotá es capital de Colombia y su historia tiene sus inicios en la candelaria el cual se fundó en 1538, conocido como el chorro de Quevedo. En este ámbito de la historia se expone la implementación de viviendas que fueron construcciones elaboradas en tierra con materiales nativos; eran categorizadas dependiendo del estrato social que se encontraba en aquella época, dado que las familias más pudientes podían construir sus viviendas con sistemas constructivos como el adobe, tapia pisada; bloque de tierra, entre otros esto relacionado con la conservación de la candelaria; la corporación de la candelaria tenía como objetivo:

Como objetivos fundamentales, esta nueva entidad tenía la promoción, coordinación y control urbanístico y de inversión, con la intención de llevar a cabo múltiples programas para la recuperación del espacio público y la restauración de inmuebles dedicados a usos culturales y vivienda, primordialmente (Escovar, s.f., p.102)

Por lo anterior, este trabajo investigativo propone la viabilidad en desarrollar un recubrimiento para moderar la humedad en las fachadas construidas en tierra de la Candelaria en Bogotá. Continuo a esto se realiza un estudio de cada material empleado desde sus propiedades físicas y químicas para luego realizar diversas mezclas y construcción de varios prototipos en los mampuestos para así verificaren que proporciones estos elementos actúan mejor, y cómo se comportan de acuerdo al sistema constructivo. Estas pruebas se realizarán en un laboratorio los cuales darán muestra del alcance esperado.

Planteamiento del problema

En la actualidad se construye en este tipo de construcciones vernáculas, las cuales se caracterizan en Colombia como viviendas de interés social; este tipo de edificaciones se encuentran a nivel nacional en diferentes regiones del país en Barichara su arquitectura y construcción es a base de materiales en tierra como el adobe y la tapia pisada, normalmente estas viviendas por ser emblemáticas les surge un determinante en su conservación basada en la restauración de sus fachadas en un adecuado mantenimiento, el cual es realizado con materiales inorgánicos lo cual genera una serie de falencias a largo plazo generando problemas a futuro, ya que este tipo de construcciones por ser de un sistema tradicional como lo es la tierra no es compatible con otros materiales industrializados como lo son el cemento, el acronal y otros materiales que se encuentran en el mercado. Derivado de esto radica una serie de problemas tanto en costo como en el tiempo de preservación y su permeabilidad en su entorno.

Con base a esto el planteamiento problema del proyecto va dirigido a ¿Cómo evitar que la edificación sea vulnerable a la humedad en las construcciones en adobe de la Candelaria?, siendo referenciado directamente a los tipos de revestimientos actualmente utilizados para la protección durabilidad y utilización en la técnica usada en la preservación de estas fachadas. Los revestimientos actualmente utilizados para estas adecuaciones generan diversidad de causantes a largo plazo como lo son erosiones, desmoronamientos y alteraciones en su aspecto físico.

Justificación

Inicialmente la idea surge a partir de la diversidad de patologías presentadas por humedad que generan afectación en los acabados que actualmente sufren las construcciones en tierra desde allí la idea evoluciona en crear este tipo de recubrimiento orgánico para mitigar las patologías de las construcciones en tierra de la candelaria en Bogotá.

El objeto de estudio del proyecto tiene como propósito implementar un pañete el cual modere las causas de humedad presentadas por patologías generadas por lluvia; y contribuir al mantenimiento preventivo y a la terminación en los acabados; Al igual que la preservación de las viviendas en Bogotá; durante el periodo del año 2011 La Candelaria tuvo un incremento significativo en la demanda turística a esta zona; al igual que sus habitantes modificaron sus casas para prestar servicio de hotelería a visitantes de otras regiones o a extranjeros.

De acuerdo al estudio realizado por Instituto Distrital de Turismo (2011) indica un porcentaje turístico de la zona:

La localidad de La Candelaria; en esta área el número de hoteles ascendió un 82%, lo cual permite identificar al centro histórico de la ciudad como un ícono del turismo bogotano y al cual se dirige una parte importante de la demanda turística.
(p.41)

Por lo tanto, el llevar a cabo la preservación de estas viviendas seguirá contribuyendo a la economía colectiva del turismo, a una mejor calidad de vida y servicio hotelero de la zona de la Candelaria.

Objetivos

Objetivo general

Mejorar las condiciones del pañete para contrarrestar la humedad en las viviendas en adobe de la candelaria a partir de la utilización del nopal.

Objetivos específicos

- Identificar la patología de humedad por lluvia que sufren las viviendas construidas en adobe de la Candelaria.
- Analizar las propiedades del nopal como agregado impermeable para la realización de pañete.
- Proponer un diseño de mezcla con material orgánico Nopal que evite que la edificación sea vulnerable a la patología por humedad en las construcciones de adobe de la Candelaria.

Estos objetivos fueron planteados de acuerdo a los conceptos generados por humedad (lluvia), patología de las viviendas del sector de la candelaria, propiedades del nopal, pañete con material orgánico; de acuerdo a esto; se llevó a cabo por la metodología hipotética deductiva de forma cuantitativo y cualitativo, se aplicó el método de recopilación y análisis de la información, definiendo la diversidad de tipos de recubrimientos utilizados en adobe, permitiendo la recopilación de datos estadísticos, tipos de impermeabilizantes, factores de daños patológicos del sector para su respectivo análisis.

Marco teórico

Los antecedentes basados del proyecto proponen un origen e ideas al planteamiento para así poder identificar factores que hacen posible resolver el problema La Caracterización de las patologías de afectación que se estiman en viviendas en la candelaria. En el inicio del proyecto se desea contemplar las afectaciones y la dimensión de viviendas coloniales existentes las cuales fueron desarrolladas con materiales predominantes como lo es la tierra a mediados de los años 1538 y cuyas técnicas empleadas para la conservación de sus fachadas, en este tipo de sistema, actualmente es usado para embellecimiento estético simbólico, físico-visual y representativo.

No obstante, este tipo de construcciones sufren afectaciones las cuales no tienen un dominio práctico para su entorno. Y la cual es el propósito del estudio a intervenir. El objeto de análisis son las viviendas en adobe de la candelaria en la ciudad de Bogotá y la cual se caracteriza en que sus fachadas más allá de su colorido cumple un ciclo de vida estético reflejando irregularidades en el desmoronamiento, desprendimiento del material constructivo usado, de allí surge la investigación y la viabilidad para generar un estudio en el que se implemente un aporte al desarrollo, protección y recuperación ante el desgaste de las fachada en situaciones de afectación de su entorno , la cual es generada por la causas patológicas directamente por humedad.

La candelaria

Bogotá cuenta con una actividad turística que se ha venido desarrollando, gracias a sus recorridos culturales con el que contamos; muchos de estos son museos, hoteles, centros administrativos, entre otros mecanismos de aporte económico, en el cual se ve beneficiada

nuestra ciudad. Por lo tanto es una de las localidades que cuenta con estas características de recorridos que motiva a los viajeros a conocer sobre nuestra cultura, historia, creencias y demás aspectos que se relacionan con nuestra sociedad Colombiana; es la Candelaria dado que cuenta con museos como lo son: el museo del oro, el de la moneda, el de botero entre otros, al igual que estos la hotelería, casas culturales, centros religiosos de impacto turístico como el de Monserrate hacen que no solo únicamente los extranjeros quieran conocer estos parajes, sino que los Colombianos de otras regiones lleguen a Bogotá a disfrutar de esta ciudad.

Antecediendo a esto, la investigación se enfoca en el estudio realizado por la Universidad De Los Andes el cual indica lo siguientes datos estadísticos de turismo en Bogotá;

En el periodo enero-diciembre del 2012, Bogotá tuvo 826.590 llegadas de viajeros extranjeros no residentes en el país (52% del total nacional), con lo cual se ubica por encima de ciudades como Cartagena (203.149 llegadas, 12,8% del total), Medellín (159.314, 10,0%) y Cali (107.485, 6,8%), donde el principal motivo de visita de los viajeros fueron vacaciones, recreación y ocio (65% del total). (Sandoval, 2015, p.45).

Este sondeo turístico, relacionado en Bogotá y otras regiones nos indica que los viajeros prefieren la ciudad principal de Colombia para conocer su cultura e historia que en ella se encuentra.

Conforme a esto también se indica el atractivo con el que cuenta la candelaria para atraer a los turistas:

Según el Instituto Distrital de Turismo (idt, 2011), la mayoría de los atractivos turísticos de Bogotá son de carácter histórico y cultural, muestran una clara concentración geográfica en el centro histórico de la ciudad. Esta entidad encontró que el 70% de los atractivos turísticos analizados de la ciudad (63 de un total de 90) se encuentran localizados en las upz3 La Candelaria y Las Nieves. (Sandoval, 2015, p.50).

Ya que esto es solo nos indica un periodo de ingresos turísticos de Bogotá, la alcaldía de la candelaria ha creado estrategias, y concursos que llevan a un aumento turístico más significativo.

Figura 1 Localización barrios de la candelaria



Figura 1. La grafica indica los barrios en la cual se divide la localidad de la candelaria. Tomado de Secretaria de Cultura Recreación y Deporte (2007) <http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co>

La localidad de la candelaria es una de los lugares en el cual el comercio es una de las fuentes de ingreso más predominantes y cuyo organismo administrativo se encuentra alrededor de estas viviendas antiguas y patrimoniales, al igual que se menciona a continuación:

Figura 2. Nuevas Rutas Turísticas para Bogotá la candelaria. Tomado de Instituto Distrital de Turismo (s.f).

Climatología

En Bogotá se genera un cambio climatológico significativo en el cual anualmente se generan lluvias por un total de 797 mm. En los cuales el IDEAM afirma: “las temperaturas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre” (s.f, p.4). De acuerdo a esto se puede observar la siguiente figura:

Figura 3 Humedad relativa

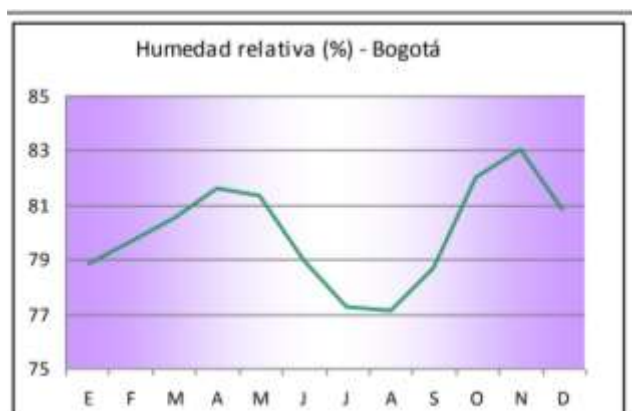


Figura 3.; De acuerdo a esto, la gráfica ilustra las variaciones de humedad dictaminada por el IDEAM en un porcentaje de 77% y 83% entre los meses de abril y menor en julio. Tomada de IDEAM.

<http://www.ideam.gov.co>

Elementos composición del adobe

Según Caranza (2002) define los siguientes conceptos:

Arcilla: compuesto natural Elemento natura que su composición es de silicatos de aluminio hidratado, el cual por su componente al entrar en contacto con agua cambia su estado natural a un estado de plasticidad, lo cual favorece para la unión de las partículas en las unidades de adobe y mejora su permeabilidad.

Paja: Se puede decir de la paja que es un tallo el cual se desprende de los cereales y Dejarlo secar al sol, en la construcción del adobe se utiliza para mejorar la resistencia del Adobe.

Arena: Elemento natural el cual es producido por el desprendimiento de partículas de las Piedras para luego reposarse en una capa del suelo.

De acuerdo a la información relacionada con la composición del bloque de adobe se pueden realizar los procesos constructivos de viviendas u edificaciones contempladas en este sistema constructivo, consecuente a esto y a la caracterización realizada al sector de la candelaria se dedujo que gran parte de estas viviendas cuentan con este tipo de sistema constructivo el cual se basa en la elaboración de bloques en tierra con agregados naturales los cuales al mezclarse se compactan permitiendo una plasticidad al momento de verterse en el molde dependiendo de las medidas de este. Este tipo de bloque no se considera cosido puesto que su proceso de secado es realizado bajo sombra en espacios que no sean húmedos, girándolo por cada una de sus caras. Dándonos a priorizar en un revestimiento que ayude en la prevención y protección de estos.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS] afirma:

El uso de pañetes de cemento o materiales no tradicionales, genera un bloqueo del frente de evaporación del muro, lo cual disminuye la cohesión entre las partículas de suelo que conforman el muro. Esto induce pérdida en la capacidad portante y disminución de la vida útil de las edificaciones de adobe y tapia pisada. (S.F.p.46).

Figura 4 Boletín censo General

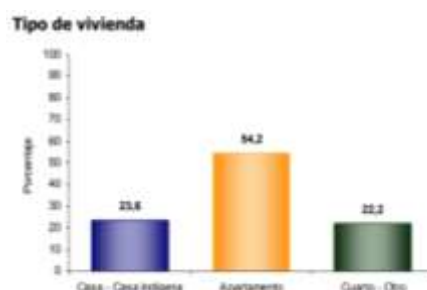


Figura 4.: el 23% de las viviendas de la candelaria son casas; tomada del DANE

<http://www.dane.gov.co>

En esta tabla se identifica que la localidad de Candelaria cuenta con un 23,6% de viviendas consideradas indígenas lo cual podemos deducir que se refiere a sistemas constructivos vernáculos (adobe, tapia pisada y bahareque); el siguiente porcentaje es de un 54,2% de viviendas construidas como lo son conjuntos residenciales de apartamentos o puedan que estas sean de interés social o no; y un 22,2% en el cual la habitabilidad de las personas son en habitaciones o aparta-estudios de alquileres universitario o de alojamiento a extranjeros

Patologías

Las patologías son los análisis ya sean físicos o mecánicos que se evalúan en las viviendas, estas pueden presentarse como fisuras, grietas, moho entre otros; dado que este proyecto se enfoca en la humedad que es un daño físico en el cual las construcciones en tierra sufren a consecuencia de lluvia, condensación, capilaridad, construcción etc.

Figura 5 Patologías por Humedad



Figura 5.; en la figura se observa Daños por Humedad, ocasionando Desmoronamiento; y pérdida del material constructivo. Elaboración propia.

Estos daños como se expresa en el libro de Introducción a la patología de edificios de Angulo (1995) indican y se clasifican los daños que sufren las viviendas en su cubierta, estructura en madera. Fachadas, materiales, entre otras características que afectan de forma significativa los tipos de viviendas en adobe, tapia pisada o bahareque.; estas características se manifiestan por el ingreso de agua ya sea por lluvia o por un goteo constante en la misma zona.

Humedad

Es considerada un daño que predomina en las edificaciones, en la cual la afectación se puede reflejar en el diseño, mantenimiento o construcción, al igual puede producir implicaciones de salud y daños en el exterior e interior de las viviendas en donde esta se manifiesta, por ende, los materiales de las edificaciones sufren alteraciones por la excesiva prolongación de la humedad reaccionando a desgaste del material y a su durabilidad.

De acuerdo a la Guía para el control de humedad en el diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones; Herrera (2016) afirma los daños que son más recurrentes en la edificación son:

- Humedad prolongada que puede causar la aparición de moho, hongos entre otros.
- Daños por filtración de humedad que pueden producir corrosión y fallas en los materiales constructivos.
- Daños en materiales como la madera que puede llegar a pudrirse o pudrir

Estas son algunos de los ejemplos que encontramos en esta guía al igual que los daños producidos por la humedad no solo afecta a la estructura si no también la integración de los que en ella se encuentran contrayendo enfermedades respiratorias y otras posibles afectaciones en la salud; por lo tanto, al generar los arreglos y o mantenimientos correctivos en estos tipos de agentes de humedad, se puede prevenir a tiempo estas enfermedades.

Nopal

Sáenz (2006) define las siguientes características:

1. Los nopales son originarios de América tropical y subtropical, por ende, se pueden encontrar fácilmente en cantidades y o condiciones climatológicas diversas, ya sea en un entorno global

realizado por cultivos y en una forma silvestre que es como se ha expandido en los demás continentes del mundo.

2. Se reproducen en forma sexual o asexual
3. Se puede cultivar en zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura.
4. Los nopales son plantas las cuales son consideradas comúnmente como arbustivas, rastreras o erectas que pueden llegar a tener una altura máxima de 3,5 a 5 m
5. Los tallos de la planta Presentan una tipología en forma de raqueta ovoide o un estiramiento que puede llegar a alcanzar unos 60-70 cm de longitud.
6. Cuando los tallos tienen una medida de 10-12 cm son blandos, tiernos y frescos lo cual indica que pueden consumirse como verdura.
7. La diversidad de especies de nopal que existe, y las características con las cuales cuenta son llamativas por su alta capacidad que este tiene para soportar temperaturas muy altas y en períodos extensos de sequía lo que generalmente las hace especialmente interesantes para las zonas áridas y semiáridas en la parte de su comercialización y en el mercado.
8. Es de gran importancia extraer su cosecha en la madurez, ya que por lo general es beneficioso ya que tiene un punto óptimo para su consumo, y en ocasiones es donde se encuentra mejor preservado.

Ahora bien, la preparación del nopal se realiza de la siguiente manera según lo estipulado por Sáenz (2016):

Para la cosecha se procede de diversas maneras; la más común es tomando el fruto con guantes haciendo presión para desprender con una suave torsión; En todos los

casos hay que tener la precaución de no dañar la fruta ni la penca; Las tunas se recogen en baldes o bandejas y se curan al sol para que se sequen las heridas y se suelten las espinas; La fruta, una vez despinada debe embalsarse a la brevedad posible y llevarse a un lugar fresco o refrigerado para un almacenaje más prolongado, evitando la deshidratación y el inicio de un posible desarrollo de hongos. (p.26).

Figura 6 Cultivo de Nopal



Figura 6. Tomado de utilización agroindustrial <http://www.fao.org>

Mucilago

El mucilago es la característica del Nopal, esto se refiere a la viscosidad con la que cuenta esta vegetal, al igual que otros tipos de polímeros naturales este se extrae de acuerdo al tratamiento que se quiera realizar, dado que en el área de la construcción este se implementa como Vargas et al. (2016) “construcción y pinturas, la adición del mucílago como adhesivo natural en la cal, con la finalidad de restaurar y proteger Edificios históricos” (p.8)

Tabla 1 extracción mucilago

Edad del cladodio/ Opuntia	Extracción %
2 meses/ O. ficus indica	0.35
2 años/ O. ficus indica	0.92
2 años/ spinulifera	4.4

Nota. La anterior tabla representa el resultado de la viscosidad del mucilago. “Tomada de Propiedades físicas del mucílago de nopal” por Vargas, et al. (2016) recuperado de <http://www.actauniversitaria.ugto>.

Dado que el adobe es uno de los materiales que reside en la zona y el cual lleva un proceso de elaboración tradicional requiere materiales que cumplan con la manejabilidad y capacidad sísmica de pendiendo de la zona en donde se lleve a cabo la construcción de la vivienda, aunque este sistema constructivo no se encuentre reglamentado por la normas colombianas en algunas regiones se siguen efectuado este tipo de construcción: por lo tanto en Perú según Blondet (2010) la elaboración de los adobes contiene una dosificación de Nopal la cual es intervenida en el curado por 15 días para para la extracción de su baba. Para una mayor impermeabilidad.

Figura 7 curado del nopal para adobes

Si vives cerca de una zona donde crezca la tuna o cactus, prepara una goma que hará a tus adobes más resistentes a las lluvias. La goma se prepara así:

1. Recoge la penca de la tuna o cactus. Sácale las espinas y córtala en trozos. Remoja los trozos de penca en un recipiente con agua por 15 días, hasta que suelte la goma.



2. Retira los trozos de penca del recipiente y guarda la goma hasta la preparación del barro. Hecha la goma durante el batido final.

Figura 7. Tratamiento del Nopal en su curado Para la extracción de la baba en elaboración de adobes; tomada de Blondet, E.t Manual de Construcción con adobe reforzado; <http://www.world-housing.net>

Nopal impermeabilizante

En otros países la utilización de esta planta es utilizada generalmente para consumo alimenticio; salud o para otros mecanismos de uso; puesto que cuenta con una gran cantidad de beneficios que pueden dar solución o ser parte de agregados como material constructivo como lo es adobe. En México en la Universidad Nacional Autónoma de México (s.f) en el área de química realizaron la utilización del material nopal como uso impermeabilizante como base de pintura para las construcciones en adobe.

De acuerdo a esto La Universidad Autónoma de México (s.f) realizaron el siguiente análisis para la impermeabilización de los adobes “El nopal tiene un material conocido como “mucílago”, lo que a nivel de nuestra población se llama “baba de nopal”, la cual tiene una composición semejante a la de las gomas, esto nos indica que puede funcionar para impermeabilizar” (p.15).

Figura 8 Impermeabilizante de pintura



Figura 8.: Proceso de extracción del mucilago o baba de nopal como impermeabilizante de pintura tomado de Universidad Autónoma de México (s.f) <https://feriadelasciencias.unam.mx>

Marco conceptual

El marco conceptual permite estructurar la planeación en este trabajo investigativo, dado a que se verá referenciado en el problema, proyectándose hacia la mejora de humedad ante las propuestas de intervención y el mantenimiento que actual mente se desarrollan en las viviendas construidas en tierra, directamente en la localidad de la candelaria en la ciudad de Bogotá.

La perspectiva de investigación es la organización en el planteamiento que tendrá como finalidad una serie de tareas en el problema identificándose de acuerdo en la mitigación de humedad ante las propuestas de intervención y el mantenimiento que actual mente se desarrollan en las viviendas construidas en tierra.

Revestimiento

En la construcción los revestimientos o pañetes son parte fundamental en lo cual se realiza el terminado de las viviendas, para luego continuar con los acabados que sean requeridos, este tipo de proceso se realiza de forma que solo cubra 1cm en el muro para su protección; ya en las intervenciones de viviendas en tierra (adobe, tapia pisada y bahareque) se debe verificar que las características de los materiales que se empleen cumplan con lo requerido en su capacidad de adherencia a este sistema constructivo.

Según Castilla (2011) “Por revestimiento se entiende cualquier tratamiento o elemento aplicado durante o después de la construcción del muro con la finalidad de mejorar alguna de sus propiedades o con intención de aportar un determinado aspecto a la superficie del paramento” (p.145). De esto se antecede que tiene las siguientes características de clasificación como lo es la consolidación de la superficie, revoques y estas subdivididas en varias características que permite la identificación en la cual se realiza el trabajo.

Figura 9 Muro apisonado



Figura 9.; Muro de tierra Apisonada 70 cm de espesor Tomada de Revestimiento y Acabados Superficiales en Construcción con tierra Contemporánea Castilla

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Patologías

La patología es el análisis que se desarrolla para dar un diagnóstico de los daños sufridos en las edificaciones.

Figura 10 Falla Material



Figura 10. Daño por humedad desprendimiento del Material; Elaboración propia

Humedad

En esta se pueden encontrar los siguientes daños por humedad: Capilaridad, condensación, accidentalidad, lluvia entre otros. Esta clasificación realizada por Fernández (2008).

Por otra parte, es importante tratar este tema ya que, por lo general, los problemas de humedad no son plenamente considerados al momento de construir una vivienda lo que claramente perjudica al usuario ya que estos inconvenientes aparecen con el paso del tiempo y no en forma inmediata. (p.7)

Con lo mencionado por el autor este fenómeno contribuye a que se clasifique en el proyecto la humedad por lluvia por cambio climático, en este caso en Bogotá cuenta con un promedio de lluvia de 797.mm anualmente, por lo tanto, este incremento puede variar dependiendo de los meses con mayor flujo de lluvia.

Figura 11 Falla material



Figura 11. Daño por humedad (Falla del Material); Elaboración propia

Construcción

- Manchas oscuras humedad en las fachadas,
- Desprendimiento de pintura,
- Enlucido de las paredes,
- Aparición de eflorescencias,
- Olor a humedad,
- Problemas respiratorios de los usuarios del espacio

Figura 12 Falla material



Figura 12. Iglesia de la Candelaria Daños por Humedad; Elaboración propia

Recubrimiento

Se puede encontrar en el recubrimiento las siguientes afectaciones: fisuras, resquebrajamientos, erosiones, desprendimientos, La información recolectada nos ha permitido visualizar a fondo los componentes en los cuales las técnicas usadas para el mantenimiento de las fachadas tradicionales son empleadas; al igual el estudio demográfico de la zona y la caracterización local.

Figura 13 Falla material



Figura 13. Daño desprendimiento de material; Elaboración propia

Impermeabilizante

Los impermeabilizantes son de uso continuo para las afectaciones que sufren las viviendas constantemente debido a que estas se encuentran enfrentadas a la lluvia o a los rayos solares esto acarrea daños significativos que se deben prevenir, puesto que la filtración de agua puede producir moho, hongos, y fallas de los materiales empleados; por lo tanto, el uso de impermeabilizante exterior o interior contribuye a solucionar estas causas.

Figura 14 Falla lateral vivienda en adobe



Figura 14. Desgaste fachado lateral por filtración de agua, elaboración propia

Figura 15 Muro de adobe



Figura 15. Muro de adobe para impermeabilizante, tomado de manual de autoconstrucción de unidades habitacionales con adobe; república de Bolivia, <https://vivienda.oopp.gob.bo>

De acuerdo al tomado de Manual de autoconstrucción de unidades habitacionales con adobe; Ministerio de Desarrollo Económico (s.f) nos indica lo siguiente con respecto a la impermeabilización en adobes:

- Tiene por objeto, evitar el ascenso capilar del agua a través de los sobre cimientos y que deteriore el muro de adobe, revoques y/o revestimientos.
- Una vez terminada y nivelada la última hilada se procederá con brocha a vaciar una capa de alquitran líquido y luego al tendido del polietileno (Nylon) con huecos a todo lo largo y ancho del sobre cimiento. (p.22)

Marco normativo

El marco referencial indicará la norma que permita los tipos de recubrimiento de las fachadas de las viviendas de la candelaria básicas del proyecto; dado que no se establece una

norma legal colombiana con referente al sistema constructivo en adobe, este proyecto se basa en la norma:

Norma E.080.Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; Diseño Y Construcción Con Tierra Reforzada Perú

- En la norma se especifica el proceso constructivo del adobe, dimensiones, recomendaciones, morteros, diseños, mampuestos entre otros aspectos que contribuyen a la construcción de las viviendas con este sistema.
- De acuerdo a la norma el proyecto contempla la norma E-080 en el Capítulo 3. Definiciones y en el; Capítulo 5. requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada.
- Capítulo 7.3 muros (2017, p.4-13)

Conforme a lo implícito en la norma E- 080 (2017), se pretende dar a conocer las características normativas del adobe con la técnica desde su procedimiento constructivo hasta la terminación de la vivienda en adobe.

- Capítulo 3. definiciones
- Artículo 3.1 Adobe: se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin coser, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Artículo 3.2 Adobe estabilizado: Adobe en que ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.

- Artículo 3.3 mortero: material de unión de adobes. Puede ser de barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc. (p.4)

Teniendo en cuenta que el sistema constructivo es en tierra se debe comprender su definición concerniente a la norma.

E-080:

- Capítulo 5 comportamiento sísmico de las construcciones en adobe
 - Artículo 5.2 Protección de construcciones en adobe
 - a) Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
 - b) Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
 - c) El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión (2017, p7)

Por ser un material artesanal su comportamiento sísmico responde ante los movimientos direccionales o bidireccionales, pero a la vez este puede llegar a sufrir daños como agrietamientos, fisuras o posiblemente colapso del muro.E-080:

- artículo 19 calidad, preparación y espesor del mortero
- El espesor de los morteros pueden variar de 5 mm a 20 mm. Solo para el tipo de muro indicado en el Esquema 1
- de la Figura 4 puede utilizarse un espesor de 40 mm según se muestra en el aparejo correspondiente. Para muros

- curvos, ver numeral 7.3 del artículo 7 de la presente Norma.

. (2017, p. 19)

De acuerdo a la diversidad de morteros que se utiliza, independientemente de los sistemas constructivos existentes, en este caso en el cual el material esta en tierra podemos tener dos tipos de mortero que contribuyen a la protección de estos muros

Dado que el anterior referente es de Perú, en Colombia de acuerdo a la AIS (s.f) nos abarca una serie de características con respecto a este sistema nos indica lo siguiente:

Figura 16 Daños en viviendas en tierra



Figura 16. Daños sísmicos de las edificaciones en tierra; tomado de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (s.f) <https://upload.wikimedia.org>

Daños por Humedad: se relacionan con los daños causados por lluvia, además por el diseño de aleros cortos lo que hace que se filtre el agua y ocasionando erosión del material al igual que el desprendimiento de este entre otros.

Figura 17 Daños por humedad

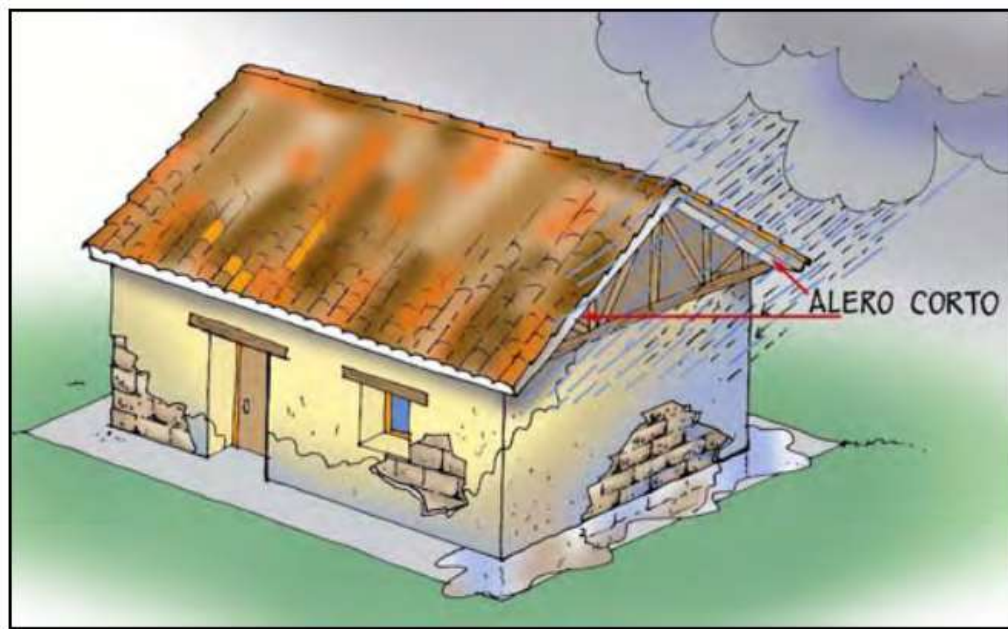


Figura 17. Daños por Humedad que afectan a las viviendas en adobe; tomado de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (s.f) <https://upload.wikimedia.org>

Recubrimiento: referente a los recubrimientos utilizados; en los cuales son realizados con cemento y material que no se compacta con la tierra el cual ocasiona pérdida de capacidad y vida útil de la vivienda.

Figura 18 Recubrimiento



Figura 18. Recubrimiento realizados con cemento y material que no se compacta con la tierra; tomado de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (s.f)

<https://upload.wikimedia.org>

Rehabilitación de Revoques en Muros: este contempla la malla de gallinero, arena y cal para así generar el mantenimiento a las viviendas en tierra que sufren las pérdidas de material.

Figura 19 Rehabilitación fachada en adobe



Figura 19. Rehabilitación de revoques de muros; tomado de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (s.f) <https://upload.wikimedia.org>

Metodología de investigación

La metodología hipotética deductiva de forma cuantitativo y cualitativo, se aplicó el método de recopilación y análisis de la información, definiendo diferentes tipos de recubrimientos utilizados en adobe, permitiendo la recopilación de datos estadísticos, tipos de impermeabilizantes, factores de daños patológicos del sector para su respectivo análisis.

Diseño de investigación

- La clasificación de las patologías que sufre la edificación en adobe del sector de la Candelaria.
- Los tipos de material que se emplean en el mantenimiento de las viviendas

Análisis de datos

Este análisis desarrollado está dirigido al sector de la candelaria debido a su construcción vernácula con la que cuenta una gran parte de este sector.

Figura 20 viviendas en adobe de la candelaria

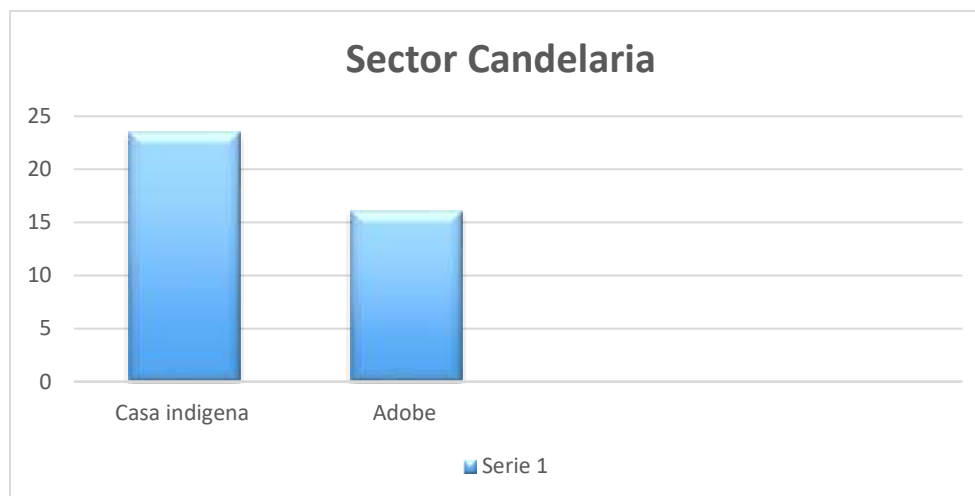


Figura 20. Caracterización viviendas en adobe sector la candelaria; Elaboración propia

En esta grafica podemos comparar de acuerdo al porcentaje arrojado por el DANE en 2005 en el cual nos indica que el tipo de vivienda (casa indígena) con un 23,5% son sistemas constructivos ya sean (Adobe, Bahareque y tapia pisada) y consecuente a la caracterización realizada el día 13 de octubre del 2018 se evidencio que un 16% son viviendas en adobe.

Patología

Las patologías son los análisis ya sean físicos o mecánicos que se evalúan en las viviendas, estas pueden presentarse como fisuras, grietas, moho entre otros; dado que este proyecto se

enfoca en la humedad que es un daño físico en el cual las construcciones en tierra sufren a consecuencia de lluvia, condensación, capilaridad, construcción entre otros.

A continuación, se muestra una ficha técnica que contempla las afectaciones que sufre las viviendas en adobe. Con base en la ilustración N° 9 se obtuvieron evidencias porcentuales de los daños más significativos con respecto al sistema constructivo evaluado.

Tabla 2 Tipo de deterioro

TIPO DE DETERIORO	DESCRIPCIÓN	%
Físico	Desprendimiento	14
	Desgaste	13
	Erosión	9
Mecánicas	Fisura	10
	Abombamiento de muro	9
	Grietas	5
Biológicos	Hongos	2
Otros	Manchas Negras	2
	Manchas Blancas	1
	Manchas de color	1

Nota.: Se destacan los daños más frecuentes que sufren las viviendas en adobe en el sector de la Candelaria; con su respectiva característica ya sea física, mecánica, biológica y otros. Elaboración Propia.

Figura 21 Daños físicos

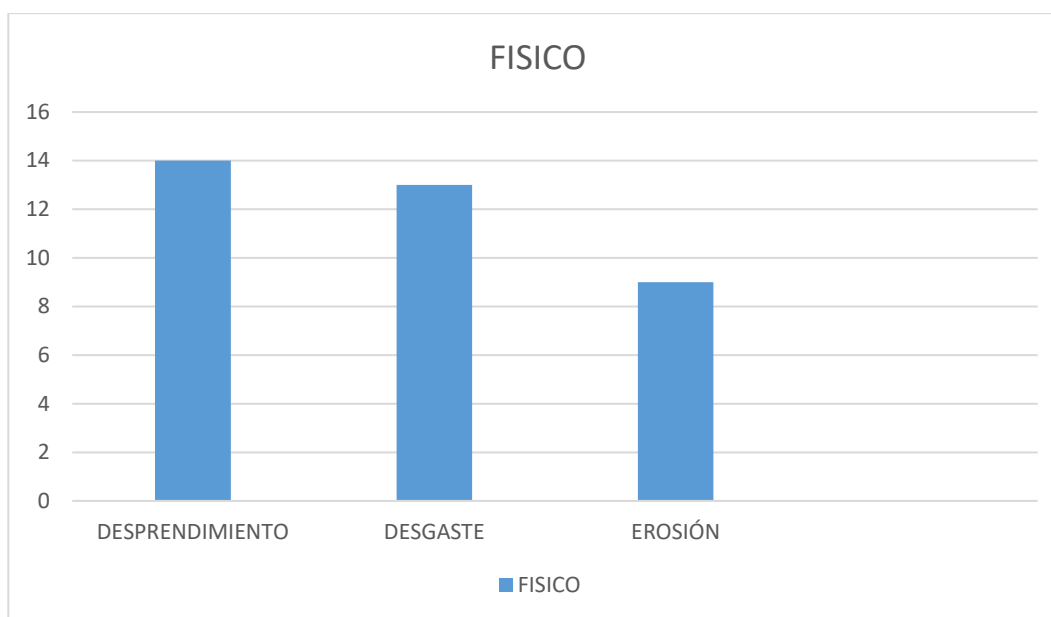


Figura 21. Daños físicos de viviendas en adobe en el cual el desprendimiento del material cuenta con un 14%; elaboración propia.

Con base a la tabla que se observa anteriormente podemos identificar en esta grafica los daños que resaltan en las viviendas de adobe el cual un 14% en daño físico (desprendimiento) daño producido por humedad filtrada por los altos índices de lluvia; otro de los factores que causan daños significativos es desgaste sufre a consecuencia de los cambios climáticos del sector.

En la fotografía 5 se observan las características que sufren las edificaciones construidas en adobe de la candelaria por daños de humedad por lluvia.

Figura 22 Desprendimiento de material



Figura 22. Erosión del material en fachada localidad la candelaria; elaboración propia.

Este tipo de desprendimiento del material es causado por los niveles de filtración de agua causada por la patología de humedad por lluvia.

Figura 23 Afectación en vivienda



Figura 23. Desprendimiento del material La Candelaria, Elaboración propia

Daños laterales de viviendas que cuentan con un alero corto; el cual por su diseño arquitectónico causa que sea propenso a las afectaciones por humedad.

Elaboración de prototipos

Figura 24 Prototipos



Figura 24 Elaboración de 9 muros de adobe de 40x40, Elaboración propia.

Para los ensayos requeridos se realizaron 9 muretes con dimensiones de 40 x 40; para la aplicación de pañetes en distintas dosificaciones correspondiendo a la variación de la cantidad de nopal a utilizar en la mezcla.

Tabla 3 Proporción dosificación general

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Arena	1k; 925 gr
Cal	1 k; 215 gr
Agua	1100 ml
Mucilago de Nopal	de 8; 3; sin curar

Nota.: Cantidad de para 40x40 cm del muro. Elaboración propia.

En la siguiente tabla ilustra las cantidades requeridas para la elaboración de mezcla para recubrimiento en los prototipos de 40'x 40 ; teniendo en cuenta el manejo de mezcla empleado común mente en el mantenimiento de fachadas de la candelaria.

Tabla 4 Dosificación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Arena	1k; 925 gr
Cal	1 k; 215 gr
Agua	1100 ml
Mucilago de Nopal	240ml sin curar

Nota Dosificación de agregado para mezcla de impermeabilizante, Elaboración propia

En esta tabla se encuentra la cantidad de nopal con mayor calificativo en cuanto a la absorción de la prueba realizada por goteo.

Curado del nopal

- Nopal curado 8 días
- Nopal curado 3 días
- Nopal sin curar

Figura 25 Utilización de Nopal Curado



Figura 25 nopales en dosificaciones según curado elaboración propia

Esto se realiza con el fin de saber cómo es el comportamiento del material natural con la mezcla y con la humedad.

Figura 26 Mezcla de Agregado Orgánico



Figura 26. Dosificación de acuerdo a la característica del nopal con diferentes días de curado elaboración propia

Ensayos de laboratorio

Figura 27 Prueba de goteo



Figura 27 Adaptación de elementos para ensayo de la prueba de goteo para muretes de 40x40

Resultados

Figura 28 Resultado Humedad

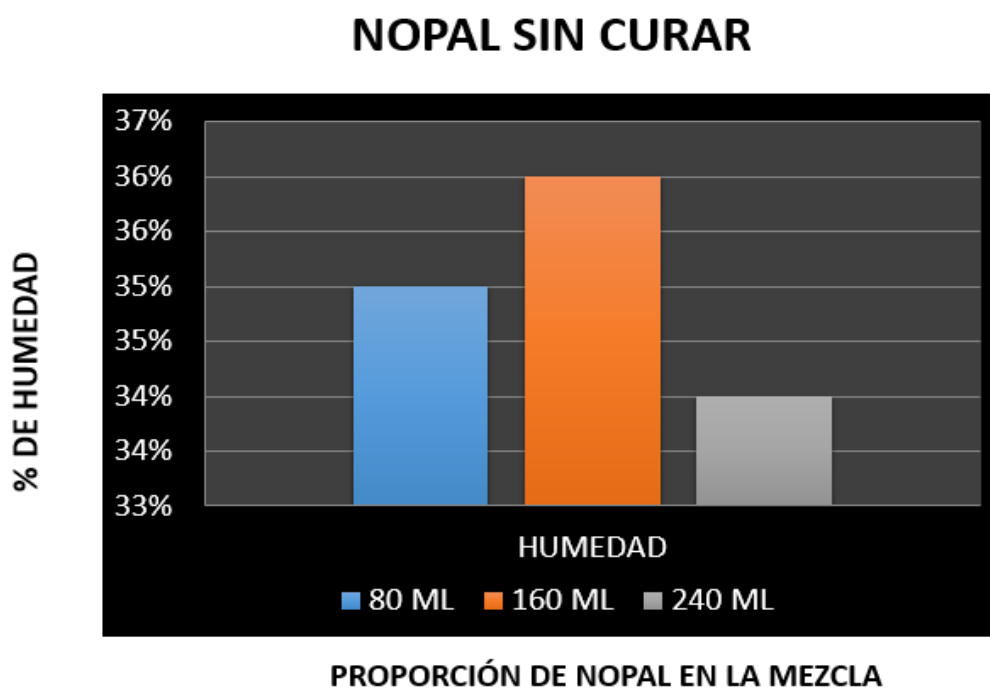


Figura 28. Resultados de absorción de humedad con el agregado de nopal sin curar.

La grafica indica que la proporción de nopal de 240 ml sin curar con una absorción de 34% , mostro mejor comportamiento ante la filtración de humedad; al agregar 160 ml de nopal este tiene una absorción de 36 % y al agregar 80 ml la absorción corresponde a un 35%.

Figura 29 Resultado de Humedad

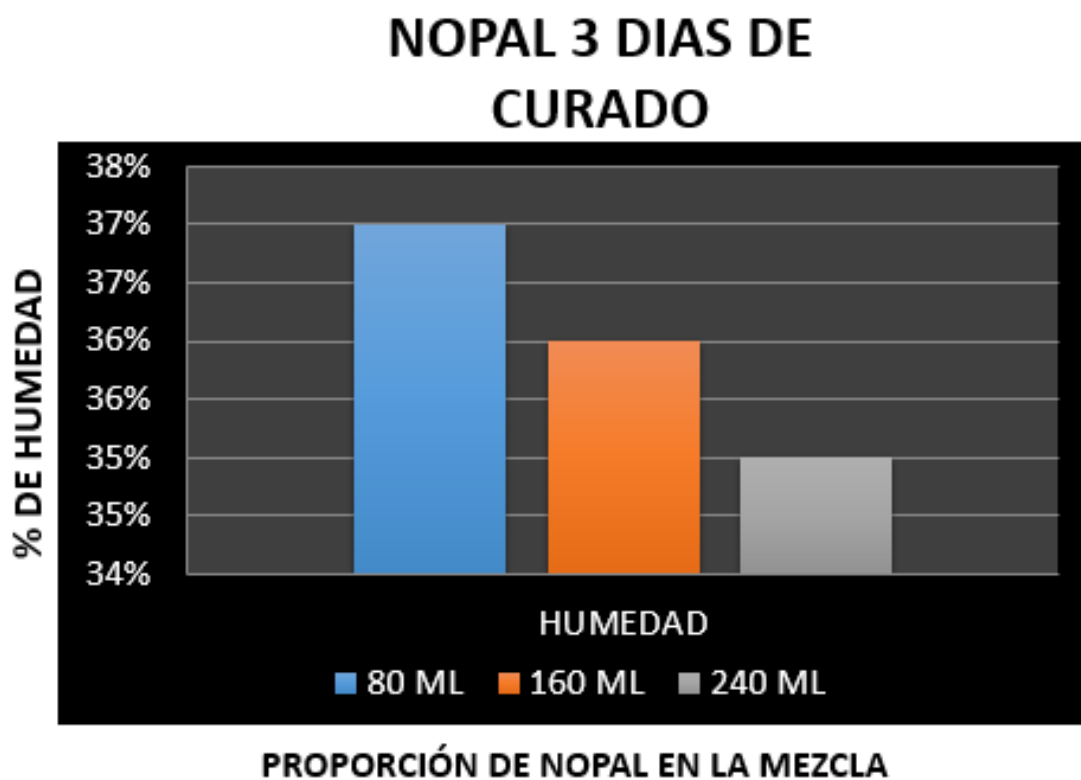


Figura 29. Resultado de absorción de humedad

En la gráfica representa el porcentaje de humedad de acuerdo a la proporción de nopal con un curado de tres días indicando que 80 ml tiene una absorción de 37%; con 160 ml Obtiene un 36% de humedad y con 240 ml 35% de absorción.

Figura 30 Resultado Humedad

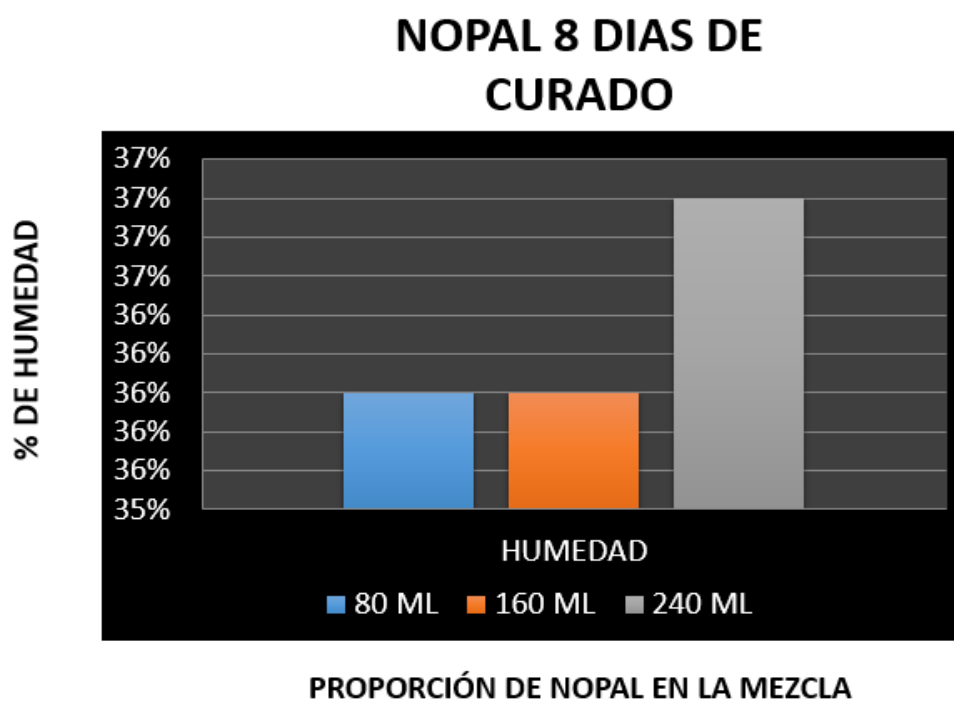


Figura 30 Resultado de absorción de humedad

La figura de muestra que la cantidad de nopal curado a 8 días con un agregado de 240 ml obtuvo un calificativo de absorción de 37% a comparación de las dosificaciones de 80 ml y 160 ml.

Figura 31 Resultado general

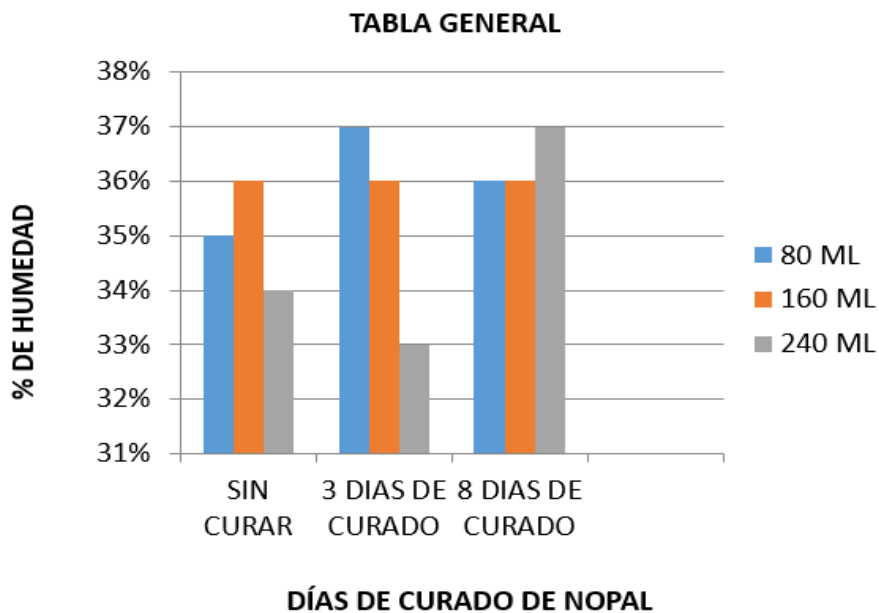


Figura 31 resultados de acuerdo al comparativo entre mezclas.

La figura indica que el de mejor grado de absorción que presento en las pruebas de goteo, fue el nopal sin curado puesto que su nivel de absorción osciló entre un 33% a un 34% en comparación con las demás dosificaciones y sus días de curado

Conclusiones

Se puede mejorar las condiciones del pañete en el adobe de las viviendas en la candelaria con la utilización de nopal aplicándose en estas proporciones

El 95% de viviendas en adobe de la candelaria sufren condiciones de deterioro por humedad a partir del estudio realizado

El nopal a mayor cantidad de tiempo de maduración pierde propiedades de impermeabilización por lo tanto se puede utilizar sin curar

Con la investigación del material (Nopal) concluimos que al ser un elemento natural lo podremos utilizar para el pañete de construcciones en adobe, ya que este material nos da una buena impermeabilidad y al ver que en Bogotá tenemos climas variados lo podremos establecer para el mejoramiento de las fachadas en viviendas de la candelaria.

Referentes

Angulo, A. (1998). *Introducción a la Patología de Edificios*. Bogotá: Icomos de Colombia

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (s.f.). *Manual Para la Rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Obtenido de <https://upload.wikimedia.org>

Blondet, E. (2010). *Manual de Construcción con adobe reforzado*. Obtenido de <http://www.world-housing.net>

Carazas Aedo, W. (2002). *Guía de la construcción parasísmica*. Obtenido de <http://www.misereor.org>

Castilla, F. (2011). *Revestimiento y Acabados Superficiales en Construcción con tierra Contemporánea*. Obtenido de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

DANE. (2005). *Perfil Localidad La Candelaria*. Obtenido de <http://www.dane.gov.co>

Escovar, A. (s.f.). Recuperación integral del centro Histórico. *La Tadeo*. 95 – 111.

Fernández Corotto, J. (2008). *Humedad Proveniente del suelo en Edificaciones*. Obtenido de <http://www.cybertesis.uchile.cl>

Herrera, A. (2016). *Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, construcción y Mantenimiento de edificaciones*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov>

IDEAM. (s.f.). *Índice de Humedad en Bogotá*. Obtenido de 1Sitios+turisticos2.pdf: <http://www.ideam.gov.co>

Instituto Distrital de turismo. (2011). *Observatorio Turismo de Bogotá*. Obtenido de www.bogotaturismo.gov.co

Instituto Distrital de Turismo. (s.f.). *Nuevas Rutas Turísticas para Bogotá*. Obtenido de <http://www.bogotaturismo.gov.co>

Norma E-080. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada <http://procurement-notices.undp.org>

República de Bolma. (s.f.). *Manual de autoconstrucción de Unidades Habitacionales con adobe*.
Obtenido de <https://vivienda.oopp.gob.bo>

Sáenz, C. (2006). *Utilización Agroindustrial del Nopal*. Obtenido de <http://www.fao.org>

Sandoval Mendieta, C. A. (2015). *Aglomeración Turística y Desarrollo Económico Local ; El caso de la localidad de la candelaria*. Obtenido de <http://cider.uniandes.edu.co>

Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte. (2007). *La candelaria Observatorio de Cultura*.
Obtenido de <http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co>

Secretaría de Cultura, Recreación Y Deporte. (2007). *La candelaria Observatorio de Cultura*.

Obtenido de

<http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/observatorio/documentos/localidades/LaCandelaria.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México . (S.F). *Impermeabilizante Natural* . Obtenido de
<https://feriadelasciencias.unam.mx>

Vargas Rodríguez , I. E. (2016). *Propiedades físicas del Mucílago de Nopal*. Obtenido de
<http://www.actauniversitaria.ugto>.

Anexos