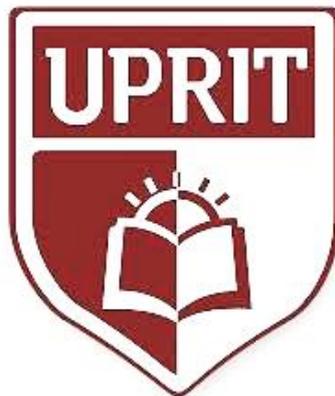


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**BASES TEORICAS PARA REALIZAR LA INVESTIGACION
ALTERNATIVAS DE PROTECCION EN CONSTRUCCIONES DE
ADOBE A PARTIR DEL ANALISIS DE VULNERABILIDAD ANTE
INUNDACIONES DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO, PROVINCIA
DE TRUJILLO**

**TRABAJO DE INVESTIGACION PARA
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

**AUTOR:
Walter Manuel Arroyo Vasquez**

**TRUJILLO - PERU
2019**

I. INDICE

I. INTRODUCCION	5
1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte	4
1.1.1. Campo Temático	7
1.1.2. Espacio	7
1.1.3. Tiempo	7
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	7
1.3. Justificación del Tema	8
1.3.1. Realidad Problemática	8
1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación	9
1.4. OBJETIVOS	11
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
1.5. PROCEDIMIENTOS METODOLIGOS SEGUIDOS	11
1.5.1. Técnica de recolección	11
1.5.2. Instrumentos de recolección	12
1.5.3. Fuentes de Información	12
II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION	13
2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. BASES TEORICAS	19
2.2.1. Adobe	19
2.2.2. Construcciones de adobe	21
2.2.2.1 Construcciones de tierra en la antigüedad	22
2.2.2.2 Construcciones de tierra en el Perú	23
2.2.3. Tipos de Vulnerabilidad	25
2.2.4. Precipitaciones pluviales frecuentes y eventuales en la provincia de Trujillo	28
2.2.5. El revestimiento como alternativa de protección	30



2.2.6. Inundaciones	33
2.2.6.1. Vulnerabilidad ante inundaciones	34
2.2.6.2. Método de estudio de las vulnerabilidades ante Inundaciones	35
2.2.7. Zonas de alto riesgo en Trujillo	37
III. CONCLUSION	37
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38
V. ANEXOS	41

II. RESUMEN

La presente monografía busca obtener información técnica necesaria para elaborar la investigación alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo, Provincia de Trujillo, se tomó como punto de partida la problemática más marcada en Perú, donde un porcentaje importante de la construcción de viviendas se realizan en forma espontánea e informal, las familias más necesitadas tienden a usar el adobe como principal material para la construcción de sus hogares. Así mismo, éstas construcciones se realizan de manera precaria y con material no durable, los cuales al ser expuesto a la intemperie y a los efectos erosivos del agua; tienden a colapsar peligrando así la vida de sus usuarios al hacerlos más vulnerables ante fenómenos como las inundaciones. Ante esta problemática, la presente investigación brinda alternativas de protección para las construcciones de adobe que procuren disminuir la vulnerabilidad de las mismas. Para lograrlo, primero se llevó a cabo el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones, bajo el método cualitativo, de las Zonas con mayor incidencia de riesgo y construcciones de adobe en la localidad de Trujillo, de esta manera se determinó al distrito de La Esperanza con el mayor índice de vulnerabilidad, próximamente, se buscó una adobera de la zona para la elaboración de los adobes a usar en la recreación de los muretes de ensayo (MEs).

PALABRAS CLAVES

- Alternativas de protección
- Construcciones de adobe.
- Análisis de vulnerabilidad.
- Inundaciones de alto riesgo.

III. ABSTRAC

This monograph seeks to obtain technical information necessary to develop the research alternatives of protection in adobe buildings from the analysis of vulnerability to flooding of high-risk areas, Province of Trujillo, was taken as a starting point the most marked problems in Peru where a significant percentage of housing construction is carried out spontaneously and informally, the families most in need tend to use adobe as the main material for the construction of their homes. Likewise, these constructions are carried out precariously and with non-durable material, which when exposed to the weather and the erosive effects of water; they tend to collapse, thus endangering the lives of their users by making them more vulnerable to phenomena such as floods. Faced with this problem, the present investigation offers alternatives for the protection of adobe buildings that seek to reduce their vulnerability. To achieve this, the flood vulnerability analysis was carried out, under the qualitative method, of the areas with the highest incidence of risk and adobe buildings in the town of Trujillo, thus determining the district of La Esperanza with the greater vulnerability index, soon, an adobera of the area was sought for the elaboration of the adobes to be used in the recreation of the test walls (MEs).

KEYWORDS

- Protection alternatives
- Adobe buildings.
- Vulnerability analysis.
- High risk floods.

I. INTRODUCCION

En los países en vías de desarrollo, un porcentaje importante de la construcción de viviendas se realiza en forma espontánea e informal, debido a esto, proliferan en sectores rurales y en barrios marginales de sectores urbanos. Esto ha traído como consecuencia que las construcciones de adobe se vuelvan vulnerables ante los fenómenos naturales por no reunir adecuadas condiciones de seguridad estructural (Astroza Inostroza, 1990).

La inadecuación de los alojamientos afecta especialmente a las personas con bajos ingresos. A consecuencia de ello, las actividades constructivas realizadas por la propia población, con o sin apoyo institucional, se han convertido en una de las principales respuestas a la necesidad material de vivienda. El sector constructivo informal es común y representa más del 50 % del total en los países latinoamericanos, llegando a alcanzar en algunos casos hasta el 70 % (Cytel, 2005).

Actualmente aún se construyen viviendas con unidades de albañilería de adobe y barro generalmente en las provincias alejadas a las capitales, zonas urbanas marginales y chacras o lugares donde se dedican al cultivo de plantas. A veces, tales construcciones se realizan sin tener en cuenta la ubicación, el comportamiento del suelo, el porcentaje de humedad y los sulfatos que son degradantes de los materiales usados en la construcción (Vicente Padilla, Tardillo Sato, Ramírez Sanguinetti, Rajo Vilches, & Lucas Araujo, 2010).

1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte

El análisis de las bases teórica de la investigación alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo, Provincia de Trujillo, El adobe en la construcción es uno de los materiales más antiguos y más usados. Es muy común en muchas regiones del mundo, más aún en regiones propensas a desastres naturales. Además de ser una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la construcción de adobe tiene otras ventajas, tales como excelentes propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. Por tal motivo, se impulsan y promocionan nuevas tecnologías constructivas, no muy lejanas de las prácticas tradicionales, pero con la implementación de elementos estructurales y constructivos que ayudan a mejorar el sistema constructivo como tal, brindando mayor seguridad y confort. (Pocasangre, Navarro, & López, 2015).

Las construcciones de tierra deben protegerse frente a los efectos de la humedad del terreno, así como de las precipitaciones. La colocación de barreras anti-humedad en el detalle de las cimentaciones previene de la ascensión por capilaridad. La penetración de filtraciones debido a las precipitaciones está limitada por el grado de absorción y disipación de los paramentos. En las épocas secas la humedad absorbida por los muros es devuelta a la atmósfera gracias a la capacidad transpirable de los muros de tierra. Aun así, generalmente el nivel de exposición de las paredes a las inclemencias se reduce mediante aleros y zócalos para disminuir su erosión. Otra opción es la protección directa mediante revestimientos permeables al

vapor que reduzcan la exposición directa del muro. Sin embargo, no se recomienda la aplicación de revestimientos impermeables que afecten a la transpirabilidad del muro. Los proyectos están guiados a atender la vulnerabilidad de las construcciones de adobe respecto al efecto erosivo del agua. La transferencia de tecnología se consigue con la participación directa de la población local en la ejecución del edificio. (Bestraten, Homrías, & Altemir, 2011)

La creciente expansión poblacional es una preocupación latente en el país y en nuestra región, las cifras demuestran que la expansión urbana de manera horizontal se da a lo largo del litoral focalizándose en zonas como La Esperanza, El Porvenir, El Milagro, y los asentamientos urbanos. Estos, al no contar con los recursos necesarios para optar por construcciones de material noble, se ven en la disyuntiva de construir con un material mucho más económico como lo es el adobe. De esto se puede inferir que las construcciones de adobe representan un alto porcentaje del universo de las viviendas.

1.1.1. Campo Temático

- Hidrología

1.1.2. Espacio

Distrito : Trujillo
Provincia : Trujillo.
Región : La Libertad

1.1.3. Tiempo

Septiembre 2018 y enero del 2019

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál son las bases teóricas que permitirán realizar la investigación alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo, Provincia de Trujillo?

1.3. Justificación del Tema

1.3.1. Realidad Problemática

La creciente expansión poblacional es una preocupación latente en el país y en nuestra región, las cifras demuestran que la expansión urbana de manera horizontal se da a lo largo del litoral focalizándose en zonas como La Esperanza, El Porvenir, El Milagro, y los asentamientos urbanos. Estos, al no contar con los recursos necesarios para optar por construcciones de material noble, se ven en la disyuntiva de construir con un material mucho más económico como lo es el adobe. De esto se puede inferir que las construcciones de adobe representan un alto porcentaje del universo de las viviendas.

El adobe por ser un material no cocido y con un alto contenido de arena, arcilla y tierra propia de la zona, sumado a sí; muchas veces, improvisado método de fabricación lo hace carente de las propiedades de impermeabilidad que necesita para contrastar los fenómenos de erosión ocasionada principalmente por la humedad de la infiltración de agua. Así, muchas investigaciones han abocado su interés por solucionar este problema que se presenta en los adobes; adicionándoles emulsiones asfálticas, estabilizando con cemento, estabilizando con ceniza volante, entre otros.

El estudio llevado a cabo Universidad Pontificia Católica del Perú, desarrollado por 2 investigadores bajo la orientación del Ing. Ángel San Bartolomé, los llevo a estudiar las propiedades de capilaridad, absorción y succión en construcciones de adobe al aplicar técnicas para mejorar las propiedades de las construcciones del adobe ante exposiciones prolongadas de agua. El objetivo principal contribuir al diseño de viviendas de adobe con la capacidad de resistir el impacto erosivo de inundaciones que tienen una alta ocurrencia estacional en nuestro país. Con tal fin se elaboraron tres soluciones para mitigar la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales

ante la exposición al agua. La primera solución (MC), se basó en un sobrecimiento de concreto simple. La segunda solución (ME), utilizando adiciones de cemento para fabricar unidades de adobe estabilizado. Por último, la tercera solución (MT), plantea una capa de tarrajeo en base a cemento Portland Tipo I como elemento protector, con la finalidad de aislar el contacto directo del agua sobre la estructura de adobe convencional. (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010).

En el Manual de Construcciones de adobe se recomienda el revestimiento de los muros para protegerlos de la humedad, dependiendo del material que se use y de la forma como se dije al muro. Para el caso, la tierra o el yeso se adhieren fácilmente, mientras que el cemento necesita un sistema de fijación. El material del revestimiento debe ser semejante al material del muro para que se adhiera y no se desprenda. El conjunto de Ingenieros que llevó a cabo la realización de este manual recomienda a los revestimientos como la alternativa que brindará mayor resistencia a las construcciones de adobe. (Ing. Morales Morales, Dr. Torres Cabrejos, Ing. Rengijo, & Ing. Irala Candiotti, 1993).

1.3.2 Aspectos diferenciados de justificación

La búsqueda de información general, permitirá establecer La creciente expansión poblacional es una preocupación latente en el país y en nuestra región, las cifras demuestran que la expansión urbana de manera horizontal se da a lo largo del litoral focalizándose en zonas como La Esperanza, El Porvenir, El Milagro, y los asentamientos urbanos. Estos, al no contar con los recursos necesarios para optar por construcciones de material noble, se ven en la disyuntiva de construir con un material mucho más económico como lo es el adobe. De esto se puede inferir que las construcciones de adobe representan un alto porcentaje del universo de las viviendas.

El adobe por ser un material no cocido y con un alto contenido de arena, arcilla y tierra propia de la zona, sumado a sí; muchas veces,

improvisado método de fabricación lo hace carente de las propiedades de impermeabilidad que necesita para contrastar los fenómenos de erosión ocasionada principalmente por la humedad de la infiltración de agua. Así, muchas investigaciones han abocado su interés por solucionar este problema que se presenta en los adobes; adicionándoles emulsiones asfálticas, estabilizando con cemento, estabilizando con ceniza volante, entre otros.

El estudio llevado a cabo Universidad Pontificia Católica del Perú, desarrollado por 2 investigadores bajo la orientación del Ing. Ángel San Bartolomé, los llevo a estudiar las propiedades de capilaridad, absorción y succión en construcciones de adobe al aplicar técnicas para mejorar las propiedades de las construcciones del adobe ante exposiciones prolongadas de agua. El objetivo principal contribuir al diseño de viviendas de adobe con la capacidad de resistir el impacto erosivo de inundaciones que tienen una alta ocurrencia estacional en nuestro país. Con tal fin se elaboraron tres soluciones para mitigar la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales ante la exposición al agua. La primera solución (MC), se basó en un sobrecimiento de concreto simple. La segunda solución (ME), utilizando adiciones de cemento para fabricar unidades de adobe estabilizado. Por último, la tercera solución (MT), plantea una capa de tarrajeo en base a cemento Portland Tipo I como elemento protector, con la finalidad de aislar el contacto directo del agua sobre la estructura de adobe convencional. (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010)

En el Manual de Construcciones de adobe se recomienda el revestimiento de los muros para protegerlos de la humedad, dependiendo del material que se use y de la forma como se dije al muro. Para el caso, la tierra o el yeso se adhieren fácilmente, mientras que el cemento necesita un sistema de fijación. El material del revestimiento debe ser semejante al material del muro para que se adhiera y no se desprenda. El conjunto de Ingenieros que llevó a cabo la realización de este manual recomienda a los revestimientos como la alternativa que brindará mayor resistencia a las construcciones de

adobe. (Ing. Morales Morales, Dr. Torres Cabrejos, Ing. Rengijo, & Ing. Irala Candiotti, 1993)

Los alcances de referencias técnicas permitirán realizar un análisis que incidan en aspectos concluyentes en la recopilación de información, cómo la optimización, relación y secuencias de la información obtenida.

Desde la perspectiva de otorgar soluciones basadas en la obtención de información valorativa, se pretende demostrar que la búsqueda de información geotécnica corresponde al sustento que generan soluciones técnicas y normativas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Redactar bases teóricas para realizar la investigación de alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo, Provincia de Trujillo,

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Redactas los antecedentes necesarios que sirvan como referencias para la elaboración de la tesis.
- Definir información acerca de adobe y las principales construcciones de adobe en la zona.
- Revisar la teoría acerca de la vulnerabilidad y tipos de vulnerabilidad con sus métodos de estudio frente a inundaciones.

1.5. PROCEDIMIENTOS METODOLIGOS SEGUIDOS

1.5.1. Técnica de recolección

Revisión documental y análisis al contenido de la búsqueda de información, clasificación y selección de información de Bases Teóricas, con la consiguiente toma de lectura de las condiciones,

procesos y consecuencias observables, servirán de aporte importante a una solución al problema detectado.

1.5.2. Instrumentos de recolección

El instrumento utilizado en la investigación es la Matriz de datos que representa el modo y forma que utiliza el investigador para recolectar la información adecuada para su tema, utilizando:

- Ver Anexo 01°, Anexo N° 02.

1.5.3. Fuentes de Información

Corresponde a los instrumentos diferenciados para la toma de conocimientos, búsqueda y acceso a información necesaria.

- **Fuente de datos primaria:**

- Normas y reglamentos.
- Investigaciones de artículos científicos en revistas indexadas acerca de las alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo.
- Tesis que contengan alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION

2.1. ANTECEDENTES

a) “MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES”

(Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010), Contribuir al diseño de viviendas de adobe para que sean capaces de resistir el impacto de una inundación, Se construirán cuatro muros de adobe de 1.50 x 1.50 m ubicados en cada uno de los lados de un anillo de cimentación, que permite someter a los muros a los efectos de una inundación simulada, cada uno de los especímenes tendrá características diferentes en sus bases: Muro 1 Patrón, Muro 2 con zócalo de cemento pulido, Muro 3 con sobrecimiento de concreto ciclópeo y Muro 4 con adobes estabilizados con cemento; una vez culminada la construcción de los cuatro especímenes, se procederá a inundar con agua los espacios vacíos de la cimentación, reponiéndose el agua que haya sido succionada por los muros, lo cual simulará la exposición prolongada de agua en una inundación. Una vez iniciado el proceso de inundación, se dejará reposar los muros, realizando observaciones periódicas para documentar la evolución del deterioro de los especímenes en el tiempo, en paralelo se efectuarán pruebas de absorción en 24 horas en 3 unidades de adobe tradicional, estabilizado y tarrajado con cemento pulido, las soluciones de adobe estabilizado y tarrajeo de la base respectivamente, se logra evitar el colapso del adobe convencional ante las inundaciones.

Los ensayos demostraron la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales ante la acción erosiva del agua, registrándose un tiempo estimado de colapso de la estructura de 20 minutos, con un tipo de falla frágil, entonces el método con mejores resultados contra el colapso por

inundación prolongada fue la utilización de un sobrecimiento de concreto simple en la base de los muros de adobe convencional.

Este estudio nos aporta mejoras que se deben considerar al momento de empezar una construcción con adobes, ya que en dentro de las propuestas que se plantean hablan sobre proporcionarle un sobrecimiento y a la vez también un recubrimiento antes de asentar los muros de adobe tradicionales, esto disminuirá la vulnerabilidad ante el colapso de dichas construcciones expuestas a inundaciones prolongadas.

b) "TÉCNICAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE CON UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROPIOS DE LA ZONA, ANTE LA EXPOSICIÓN DE LLUVIAS, EN EL DISTRITO DE LIRCAY"

(De la Cruz Molina & Guerrero Chupayo, 2012), Determinar si las técnicas de protección en construcciones de adobe son capaces de mitigar el impacto de lluvias con utilización de materiales propios del distrito de Lircay, Se elaboraron dos muros por cada técnica a evaluar: 2 muros patrón (M0), 2 muros con zócalo de arcilla con goma de penca y paja (M1), 2 muros con zócalo de arcilla con cal y paja (M2) y 2 muros con zócalo de arcilla con bagazo y fibra de cabuya (M3), se realizaron las pruebas de succión y absorción a cada muestra como unidad de albañilería para medir el ascenso capilar y el ensayo a altas cantidades de agua para los 4 muros.

Las técnicas de protección realizadas son capaces de resistir el impacto de lluvias, ya que los muros se evalúan a altas cantidades de agua (inundación), resultando que la técnica utilizada en el muro M2 resulto ser más favorable durando un promedio de 55:38 horas y mostrando un mejor comportamiento ante la exposición al agua.

Este proyecto aporta, que en algunas localidades se pueden encontrar materiales que son utilizados como alternativas de protección en

construcciones de adobes, vulnerables a algunos fenómenos naturales en este caso las lluvias a las que pueden estar expuestas, dichos materiales brindan propiedades de impermeabilización, así como también la reducción de la absorción y de la capilaridad frente al agua que debilitan los muros.

c) “INFLUENCIA DEL ESTABILIZANTE DE CEMENTO Y TIPOS DE SUELOS SOBRE LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE UN ADOBE CONSTRUCTIVO, TRUJILLO”

(Nureña Zavaleta, 2017), Evaluar el porcentaje de estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia a compresión y durabilidad de un adobe constructivo, Para la evaluación de los resultados de la tesis se tomará como unidad el adobe artesanal por moldeo manual, debido a que cada adobe otorgará una única información, conjuntamente con los resultados de los demás adobes se llevará un procedimiento estadístico proporcionando una respuesta más confiable, cada adobe será ensayado bajo las normas, que nos aseguren de poder tener resultados confiables.

Se evaluó el porcentaje de estabilizante de cemento en adobes sobre su resistencia a compresión y durabilidad, al ser agregado en la mezcla al 0%, 3%, 6%, 9% y 12%; al mismo tiempo el tipo de suelo fue evaluado con los mismos criterios haciendo variaciones en su textura, siendo estas combinaciones la primera, denominada Tierra 1, de 50% de arena y 50% de limos – arcilla; la segunda, Tierra 2, entre 55-70% de arena y entre 30-45% de limos – arcilla y por último la Tierra 3 con 75% de arena y 25% de limos – arcilla.

Este estudio nos aporta que, el adobe como unidad de albañilería posee mayor resistencia y durabilidad cuando se mejoran sus propiedades, pero se debe comprobar si dichas propiedades se mantienen o incluso aumentan

cuando su uso se convierte en un sistema constructivo, ya que esto permitiría una reducción en la vulnerabilidad, pues estas se puedan encontrar expuestas ante distintos eventos naturales.

d) “MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES - PARTE 2”

(Romero Bolívar & Pereyra Marín, 2012), Establecer niveles de deterioro de los especímenes de adobe inundados con agua para analizar la factibilidad económica y constructiva de las 3 alternativas para aportar soluciones a las construcciones de adobe frente a las inundaciones, Se sometió a 4 especímenes a la misma prueba de inundación simulada, para cuantificar el grado de mejora mediante la comparación de los resultados parciales y finales, estos especímenes son: un espécimen convencional o muro patrón (MP), la utilización de un sobrecimiento de concreto ciclópeo previo a la construcción del adobe (muro MC), la utilización de 6 hiladas de ladrillos de arcilla industrial tipo King Kong de 18 huecos, en la base de los muros de adobe (muro ML), la protección de la base de los muros de adobe con un enlucido o tarrajeo de cemento pulido aplicado sobre una malla de alambre electrosoldada galvanizada conectada a la base(muro MT), Para interpretar los resultados del ensayo de inundación, se elaboraron las siguientes gráficas comparativas: capilaridad durante el Periodo Corto y Largo de Inundación, volumen de agua absorbida durante el Periodo Corto y Largo de Inundación.

La propuesta cuyos resultados indicaron mayor capacidad de resistencia ante una inundación prolongada fue el muro de adobe con sobrecimiento de ladrillos King Kong 18 huecos (ML), con un peralte que sea 30 cm mayor que la altura de agua esperada como parte de un factor de seguridad. Su capilaridad alcanzó un promedio de 5cm. durante el periodo corto de inundación y se mantuvo invariable en el periodo largo. Esta opción llegó

a ser más conveniente que la del proyecto anterior, debido a que la construcción con ladrillos es más económica que con concreto puro.

e) “SYNTHESIS OF SOL-GEL TITANIA BACTERICIDE COATING ON ADOBE BRICK”

(Calabria A., Vasconcelos, Daniel, Chater, & Boccaccini, 2009) Este estudio presenta el desarrollo y caracterización de transparente de sol-gel de TiO_2 revestimientos a base de titanio IV isopropóxido (Tip4), formadas sobre un material de ladrillo de arcilla sostenible (Adobe). Las capas de sol-gel modificaron la superficie de adobe, lo que puede conducir a nuevas funcionalidades que mejoran el rendimiento de adobe, por ejemplo, una mayor resistencia al agua y un comportamiento bactericida. Resultados de difracción de rayos X en sintetizados TiO_2 capas a base de Tip4 mostró que la película tiene picos característicos de la fase anatasa. Se utilizó el análisis SIMS estático para detectar la presencia de TiO_2 en superficies de adobe, que también fueron observadas por TEM confirmando su espesor para estar en el intervalo de 20-50 nm. Sol-gel doble SiO_2 - TiO_2 las capas también se depositaron en sustratos de adobe. Estos revestimientos no mostraron grietas ni signos de desprendimiento del sustrato. Los ladrillos de adobe modificados en superficie desarrollados son atractivos materiales de construcción sostenibles.

En conclusión, El método sol-gel desarrollado en este trabajo representa una excelente alternativa para mejorar las propiedades de los materiales de construcción a base de arcilla sin cocer (Adobe) por revestimiento con TiO_2 capas de sol-gel. Una ventaja adicional proporcionada por el recubrimiento de sol-gel es la mayor durabilidad esperada de los bloques de adobe tratados para la construcción sin escayola y el posible requisito de menor mantenimiento para las paredes de adobe. El procesamiento Sol-gel se produce a temperatura ambiente, por lo que, en general, es una técnica económica y respetuosa con el medio ambiente.

Respecto a ello, se puede llegar a pensar en posibles revestimientos que brinden una interfase vidriosa que actúe como impermeabilizante a nivel manométrico en los adobes. Por ser un tratamiento que necesita de la temperatura ambiente, se convierte en una tecnología adaptable y potencialmente utilizable en cualquier construcción de adobe.

f) “TEXTURE OF NOPAL TRATED AODE: RESTORING NUESTRA SEÑORA DEL PILAR MISSION”

(Martínez Camacho & Vazquez Negrete, 2008) Se comparan los materiales erosionados, no erosionados y tratados con el adobe de mucílago nopal local, de la misión Nuestra Señora del Pilar, ubicada en Sonora, México. El tratamiento de ladrillos de adobe con una solución de agua con alcohol antes de la aplicación de nopal se propone para aumentar su resistencia a la erosión. Usando difracción de rayos X, dispersión de rayos X de ángulo pequeño, microscopía electrónica de barrido y técnicas de adsorción de nitrógeno, comparamos las propiedades estructurales y de textura de los materiales de adobe erosionados y no erosionados. En las muestras tratadas con nopal se muestra cómo el nopal recubre las pequeñas partículas de adobe. El material impregnado de nopal es estable hasta 200 ° C. Una distinción no convencional entre estos materiales se realiza a través de la geometría fractal y la adsorción de nitrógeno. También demostramos a través de mediciones de XRD que la erosión es homogénea y no selectiva.

Los revestimientos de adobe aplicando sustancias químicas que permitan rellenar los espacios o vacíos suelen ser usados con fines de restauración de edificaciones arqueológicas, así como para monumentos. De allí que la importancia de llevar a cabo más investigaciones que permitan el conocimiento de nuevas tecnologías para brindar alternativas de

protección de construcciones de adobe, que por ende mejore la calidad de en dichas viviendas.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Adobe

La Norma Técnica peruana E.80 señala al adobe simple o estabilizado como una unidad para la construcción de albañilería con este material, este se define como un bloque macizo de tierra sin coser, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

Cuando el adobe simple presenta la incorporación de otros materiales tales como asfalto, cemento, cal, etc., con el fin de mejorar o incrementar las condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de la humedad, recibe el nombre de Adobe Estabilizado.

Los componentes principales del adobe comprenden desde la correcta gradación del suelo de fabricación, el cual debe aproximarse a los porcentajes de: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiendo utilizarse suelos con presencia de materia orgánica que pueda alterar el comportamiento del adobe, los porcentajes antes establecidos estarían sujetos a variaciones al ser estabilizados. De existir material granular en la tierra de elaboración, se deberá retirar aquellas que superen los 5 mm, así como la remoción de elementos extraños.

De acuerdo a su formas y dimensiones los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular siendo recomendable adobes rectangulares cuyo largo sea aproximadamente el doble del ancho establecido, la relación largo-altura debe conservar un orden de 4 a 1; finalmente, se sugiere que

la altura mínima sea de 8 cm. Al finalizar su elaboración, los adobes deben ser secados bajo sombra.

Ventajas:

- **Bajo costo:** A diferencia de los materiales industriales el adobe es significativamente más económico, porque la materia prima puede obtenerse del mismo lugar y debido a que su elaboración no implica altos costos.
- **Regula la humedad del ambiente:** El adobe al estar conformado por barro seco, tiene la capacidad de absorber y expulsar humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción.
- **El adobe almacena calor:** Al igual que otros materiales, el adobe almacena calor, en especial en lugares donde existe altos cambios de temperatura, siendo más fresco en verano y más cálido en invierno.
- **Bajo impacto ambiental:** En relación a otros materiales de construcción, la elaboración del adobe es sencilla, existe una gran disponibilidad, ya que el material por lo general se extrae del mismo lugar donde se va edificar. Después de demoler una construcción de adobe, se puede reutilizar el mismo material para la fabricación de otros adobes.
- **Material apropiado para el autoconstrucción:** Las técnicas de construcción para la elaboración de adobes pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción, será suficiente un maestro albañil para controlar el proceso de construcción.
- **Resistente al fuego y los insectos:** El adobe al no ser un material volátil, tienen buena resistencia al fuego y por poseer un bajo contenido de humedad no es afectado por la presencia de insectos.

Desventajas:

- **Baja resistencia a la tracción:** Por lo que las construcciones de adobe no reforzado son vulnerables a los sismos.
- **Uso limitado:** El adobe solo se emplea para edificaciones de hasta 2 pisos, según la norma E. 080, debido a sus bajas propiedades mecánicas.
- **Vulnerable al agua:** En presencia de agua el adobe pierde sus propiedades mecánicas y podría causar el colapso de las viviendas.
- **Alto peso:** Las unidades de adobe son más pesados a comparación de los materiales calcáreos, siendo su peso específico aproximado de 1850 kgf/m³. Al poseer alto peso los muros de adobe, se convierten en el mayor peligro para los habitantes, en caso este colapsara a causa de un movimiento sísmico.

2.2.2. Construcciones de adobe

La construcción con adobes presenta la ventaja de su similitud formal, constructiva y estética con el ladrillo de campo cocido. En caso de disponer de mucha mano de obra, especializada o no, esta técnica es muy adecuada en función de los procesos de fabricación que permiten la integración de gran cantidad de personas durante el pisado y moldeado, aunque se debe tener en cuenta es el control durante la producción para minimizar la variación de las dimensiones y la forma irregular de las piezas. Los muros de adobes presentan muy buenas condiciones de aislamiento acústico y térmico debido a las características del material y los espesores utilizados. (Barrios, 1994)

Las desventajas de esta técnica están en función del propio proceso de fabricación que puede resultar lento ya que se requieren dos o tres semanas para poder utilizar las piezas en caso de que la producción se haga en obra.

El proceso también depende de las áreas de pisado, secado y acopio, que comandarán la continuidad de producción mientras se espera que se sequen las piezas anteriores. Por lo tanto, esta técnica requiere cierta previsión de infraestructura para contar con superficies horizontales y limpias, y zonas protegidas para evitar que el agua de lluvia afecte a la producción. (Barrios, 1994)

Las fallas comunes en las construcciones con adobes pueden ser reducidas mediante los controles de la tierra y los estabilizantes utilizados, el dimensionado adecuado de las piezas y los muros, el dimensionado adecuado de la estructura, tanto de la cimentación como del muro portante, o las vigas y pilares y la protección frente a la lluvia y a la humedad natural del terreno. Tanto las ventajas o desventajas se deben tener en cuenta como datos de la realidad, pero las condicionantes propias de la obra serán las que determinen la viabilidad de los procesos o no. (Barrios, 1994)

2.2.2.1 Construcciones de tierra en la antigüedad

La civilización Caldea, ellos levantaron los muros de Babilonia que tenían 95 metros de altura y para sus elementos exteriores usaron adobe. El adobe también se utilizó en viviendas y en todo tipo de construcciones. La dimensión promedio era de 0.50 x 0.40 x 0.12. El grosor de las paredes de los edificios importantes fue considerable, alcanzando algunas veces entre 3 y 4 metros, las superficies exteriores de los edificios cuyas paredes estaban construidas con tierra fueron protegidas en algunos casos contra la humedad, mediante revestimientos que consistían en una especie de clavos con cabeza plana y ancha hechos de arcilla cocida. (González de La Cotera, 2003)

La gran muralla China, fue uno de los primeros ejemplos donde la tierra se usó en gran escala. En el valle de Mesopotamia por no existir piedras naturales sólo se utilizó como material de construcción el adobe. Se le

encuentra también en las construcciones antiguas de Egipto, Palestina e India. En Grecia se le utilizó en viviendas populares y en Roma se encontró en diversas formas, entre ellas, la circular y triangular utilizadas para levantar columnas revestidas con yeso. (González de La Cotera, 2003)

Los métodos de construcción con tierra los introdujeron los romanos en el resto de Europa; durante los siglos XVIII y XIX, se usó extensamente para la fabricación de varios edificios en Francia. En Inglaterra, Escandinavia y en otros países, existen muchos edificios de tierra, aunque el clima está muy lejos de ser seco. En Rusia la edificación con tierra se empleó extensamente. Después de un gran incendio que devastó Moscú a principios del siglo XVIII, se prohibió el uso de la madera, y la tierra se utilizó como el principal material para paredes. En 1970 se estableció en Nikosk, distrito de Tversk, una escuela especial para enseñar los métodos de construcción con tierra. En el siglo XIX se pusieron en práctica estos métodos en toda Rusia, pero especialmente en áreas donde la madera es escasa y el clima es cálido y seco. (González de La Cotera, 2003).

2.2.2.2 Construcciones de tierra en el Perú

a) Época Pre-Incaica e Incaica:

La construcción con tierra es característica en todos los edificios de la Costa en la época arcaica. Igualmente, se le encuentra en muchas construcciones andinas. Los adobes de formas prismáticas por su tamaño y forma de colocación en los muros se pueden distinguir los seis tipos siguientes:

- ✓ Moldeados a mano, con dimensiones aproximadas de 0.15 x 0.15 x 0.25. En los muros se colocan en hileras sin amarres. Se les encuentra en algunas construcciones de Pachacamac y huacas de la región de Lima.
- ✓ Hechos con molde y con dimensiones de 0.20 x 0.20 x 0.10 cms. Se

colocan en los muros de canto, como los libros de una estantería. Cada tres o cuatro hileras, va otra, también de canto, pero en sentido opuesto.

- ✓ Adobes similares a los anteriores, pero de dimensiones de 0.30 x 0.30 x 0.15 cms, Se colocan en los muros de canto alternando la colocación de los adobes en cada hilera. Muestras de éste tipo de aparejo se encuentran en las ruinas de Chan-Chan.
- ✓ Adobes de base rectangular, hechos con molde, de dimensiones de 0.15 x 0.20 x 0.30 cms. Se construyen los muros colocándolos en hileras alternando el sentido de los adobes, uno de cabeza y otro de sogá. Este tipo de aparejo es común en Chan-Chan y en las huacas de Moche.
- ✓ Adobes incaicos, de mayor tamaño que los anteriores. Se encuentran en las ruinas de Tambo Colorado y el Templo del Sol en Pachacamac.
- ✓ Adobes del período Inca, de dimensiones de 0.10 x 0.50 x 0.25 cms. Con ellos se levantaban muros de sogá o de cabeza.

Las construcciones con tierra de los antiguos peruanos se expandieron de la costa a la sierra. En el Cuzco la mayoría de las construcciones destinadas a viviendas populares fueron hechas de adobe. Este material se encuentra también presente en muchas ruinas de las estribaciones andinas. En las regiones lluviosas de la sierra la técnica constructiva del adobe evolucionó con el propósito de proteger los muros de la humedad del suelo y de la erosión por efecto mecánico. El muro de adobe se elevaba así sobre un sobre cimientó o zócalo de piedra, que muchas veces llegaba a una altura de dos metros. Los techos debieron proteger el muro, formando salientes o aleros que impidieran la acción destructiva de la lluvia. (González de La Cotera, 2003)

b) **Época Colonial y Republicana:**

El periodo Colonial está exento de obras monumentales, característico de las edificaciones indígenas. Las edificaciones más relevantes son las catedrales. Todas ellas se adaptaron al material indígena. La tierra continuó predominando en la costa y parte de la sierra. El aspecto más interesante de la época colonial son las disposiciones contra la acción sísmica. Los aportes arquitectónicos peninsulares, hicieron variar el sistema constructivo debilitándolo. (Gonzáles de La Cotera, 2003)

En el siglo XX el adobe fue el material característico en la construcción peruana hasta la década del 30. Las dimensiones de los adobes empleados usualmente en Lima fueron de 0.44 x 0.22 x 0.10 cms. En los balnearios, para evitar roturas por transporte, las unidades fueron más pequeñas de 0.40 x 0.19 cms. Según el Ingeniero Alberto Regal en otros lugares de la República se emplean de 0.60 x 0.40 x 0.20, reforzando su masa con piedra, y en Moquegua a 0.52 x 0.26 x 0.12 y 0.65 x 0.26 x 0.12 cms. En Tacna, 0.55 x 0.30 x 0.10 cms. Las características de fabricación de los adobes pueden analizarse según las siguientes operaciones: selección de la tierra, preparación, moldeado, secado. (Gonzáles de La Cotera, 2003).

2.2.3. Vulnerabilidad

Para la oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre define a la vulnerabilidad como el conjunto de características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Así mismo, se señala que la vulnerabilidad viene dada por diversos factores que comprometen desde el inadecuado diseño y construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental

sensata o prudente. La vulnerabilidad así mismo, depende de la comunidad y puede variar con el transcurso del tiempo. (Naciones Unidas, 2009)

La Vulnerabilidad como tal, puede definirse como la capacidad de resistir y hacer frente a los peligros y recuperarse de los desastres depende de los factores físicos, económicos, sociales y políticos. La vulnerabilidad viene a ser la respuesta ante una amenaza, que está representada por un conjunto de eventos o escenarios, que colectivamente describen todas las formas posibles en que puede ocurrir una inundación en el sitio de análisis, y las frecuencias de ocurrencia de cada uno de estos eventos. (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2014)

2.2.3.1 Tipos de Vulnerabilidad

Según Wilches-Chaux en 1993:

Planteó un esquema que desarticula la vulnerabilidad en diez componentes llamándola “vulnerabilidad global” que corresponden a distintos ángulos de análisis y que las distintas vulnerabilidades se encuentran estrechamente interconectadas entre sí, clasificándolas de la siguiente manera:

- **Vulnerabilidad Física** (Por ubicación geográfica). Se refiere a la localización de la población en zonas de alto riesgo físico, esto propiciado por la pobreza y carencia de opciones para una ubicación menos riesgosa.
- **Vulnerabilidad Económica.** En relación al ingreso y la distribución de la riqueza, la vulnerabilidad económica se refiere, al problema de dependencia de la economía nacional, regional, local y a la falta de diversificación de la base económica.



-
- **Vulnerabilidad Social.** Se refiere al bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades que impide su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situación de desastre.
 - **Vulnerabilidad Política.** Debilidad en los niveles de autonomía de decisión regional, local y comunitaria, lo cual impide una mayor adecuación de acciones, toma de decisiones y organización gubernamental.
 - **Vulnerabilidad Técnica** (Ingeniería y Construcción). Relacionado con las inadecuadas técnicas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizada en zonas de riesgo.
 - **Vulnerabilidad Ideológica.** Referente a la pasividad, el fatalismo, la prevalencia, costumbres entre otro, elementos que aumenten la vulnerabilidad de las poblaciones limitando su capacidad de actuar frente a los riesgos.
 - **Vulnerabilidad Educativa.** La ausencia en los programas de educación de ambiental o de su entorno que habitan los pobladores.
 - **Vulnerabilidad Ecológica.** Relacionada con la forma en que los modelos se han fundamentado, por un lado, la denominación por destrucción de las reservas del ambiente, que necesariamente conduce a un ecosistema vulnerable incapaz de ajustarse por la acción humana y por otro la explotación de los recursos naturales por las mismas comunidades.
 - **Vulnerabilidad Institucional.** Refleja en la rigidez de las instituciones y sus primitivas leyes, especialmente las jurídicas, donde la burocracia, la prevalencia de la decisión política, el dominio de criterios personalistas, impiden respuestas adecuadas y ágiles a la realidad

existente.

Asimismo, se han planteado una serie de enfoques que definen a la vulnerabilidad en función de diversos factores, también existen planteamientos más generales, que, aunque existen una variedad de factores que determinan la vulnerabilidad humana, todos ellos pueden insertarse dentro de cuatro categorías principales: sociales, económicas, culturales y políticos. (Alcántara-Alaya, 2002).

2.2.4. Precipitaciones pluviales frecuentes y eventuales en la provincia de Trujillo

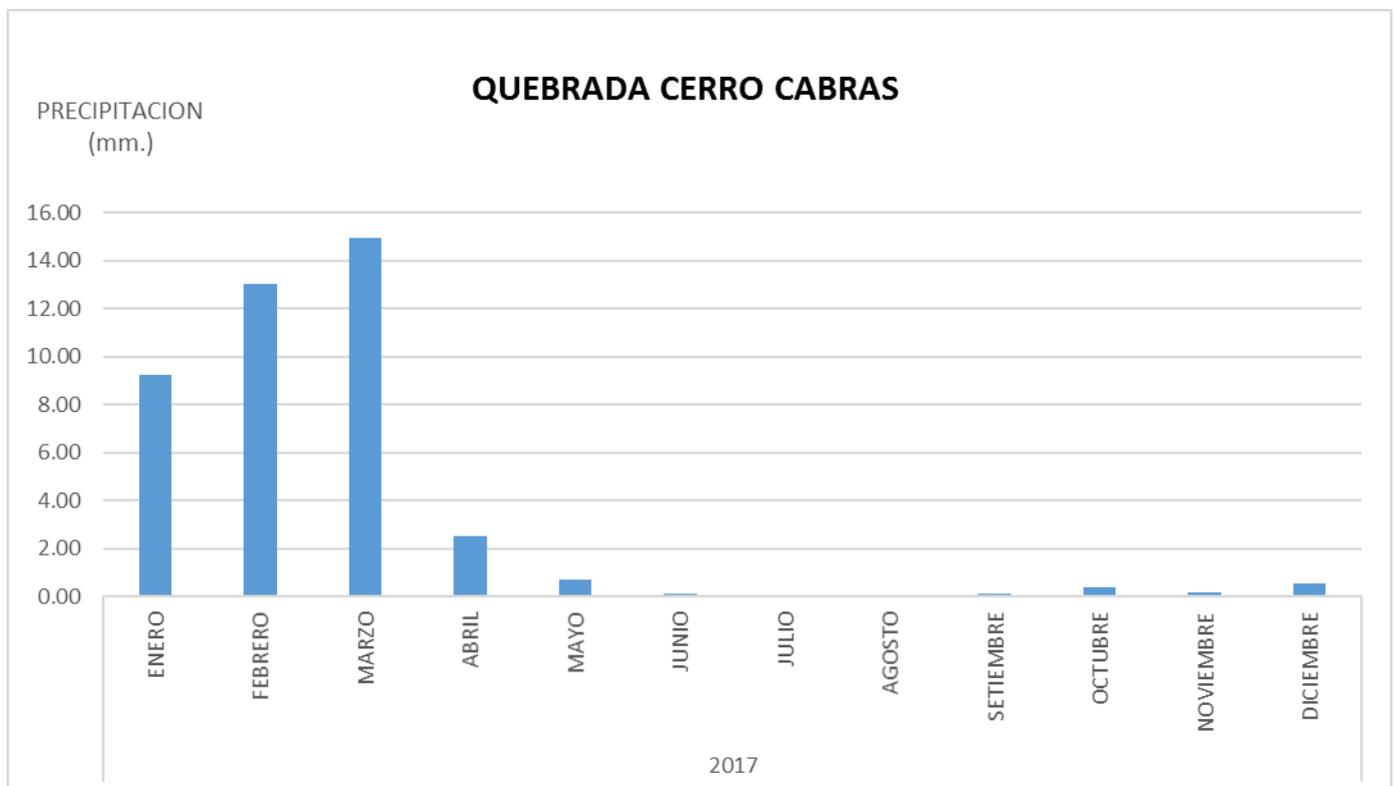
El clima de Trujillo es templado, desértico y oceánico. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1950-1991) es 22.9°C y 15.7°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1950-1991 es 5.2 mm. El clima varía con la ocurrencia del fenómeno de El Niño, principalmente la precipitación, aunque con menor intensidad con respecto a las regiones ubicadas al norte de esta ciudad. De agosto de 1997 a julio de 1998 se registró un valor record histórico de 81 mm y en el mismo periodo 1982 - 1983 alcanzó 6.5 mm.

Sin embargo, en el 2017 desde el 31 de enero al 15 de marzo del 2017 en el Distrito de la Esperanza se registraron fuertes precipitaciones pluviales de acuerdo a información del SENAMHI a través de su página web : <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>, que nos brindan información a través de sus Estaciones Meteorológicas Automáticas; la cual se tomó la más cercanas a la quebrada de León que corresponde a la Estación Meteorológica Automática que toma los datos de precipitación del Río SINSICAP; las cuales ocasionaron inundaciones, deslizamientos y huaycos que afectaron viviendas, vías de comunicación y áreas de cultivo en los distritos y centros poblados más vulnerables.

Como consecuencia las cifras de damnificados en la Provincia de Trujillo ascienden a las 10 mil viviendas entre damnificadas y afectadas.

AÑO	MES	PRECIPITACION (mm.)
2017	ENERO	9.24
	FEBRERO	13.05
	MARZO	14.97
	ABRIL	2.50
	MAYO	0.69
	JUNIO	0.10
	JULIO	0
	AGOSTO	0
	SETIEMBRE	0.13
	OCTUBRE	0.40
	NOVIEMBRE	0.16
	DICIEMBRE	0.55

Cuadro de precipitación Quebrada Cerro Cabras (fuente: pagina web SENAMHI)



2.2.5. El revestimiento como alternativa de protección

Se entiende por revestimiento a 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. En el primer caso debemos preocuparnos de que el revestimiento cumpla con su finalidad y en ambos de que dicho revestimiento sea compatible y no perjudique ninguna otra característica del muro. (Castilla, 2011)

La protección de los elementos de tierra, especialmente los muros, se puede realizar por procedimientos de estabilización o por revestimientos externos. Estos últimos pueden realizarse por recubrimiento de mortero y por pinturas o emulsiones. Los revestimientos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Proteger el muro de la acción del agua, especialmente de la lluvia
- Proteger el muro de la erosión por efectos mecánicos
- Brindar una superficie aparente que cumpla ciertos requisitos estéticos

Para proteger el muro de la humedad el revestimiento debe tener capacidad suficiente de absorción y evacuación del agua de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra la construcción; por ejemplo, los revestimientos porosos serán favorables en regiones donde se presenten cortos períodos de lluvias y largos períodos secos. (González de La Cotera, 2003).

Los incrementos de temperatura, la humedad relativa del ambiente, la acción eventual de los rayos solares y la acción del viento, independientemente o combinados, aceleran el proceso de secado del revestimiento y por ende la contracción y aparición de fisuras. Cuando el

revestimiento se contrae se producen tensiones que son absorbidas por la deformación plástica del mortero. Cuando el valor de la contracción aumenta, llega un momento en que las tensiones son mayores que la resistencia del revestimiento, produciéndose entonces la fisuración del mismo. La velocidad de secado del revestimiento y por consiguiente el fenómeno de la contracción y la aparición de fisuras, es función de las variaciones de temperatura, de la humedad relativa del ambiente, de la acción eventual de los rayos solares y de la acción del viento. Los revestimientos exteriores sometidos a la acción de la lluvia, toman agua por absorción capilar. De presentarse vacíos o fisuras superficiales o porosidad abierta, el agua penetra por acción del viento. (González de La Cotera, 2003)

a) Revestimiento de lechada de cal y mortero de cemento

La lechada de cal es una solución que se ha caracterizado en la arquitectura popular en numerosas partes, las bondades de los encalados y la compatibilidad con los muros de tierra han sido tratadas por la bibliografía sobre arquitectura popular. Aplicado sobre cualquier soporte, a veces como acabado de una primera capa de revoco con mortero de otro material en este caso de cemento y a veces aplicados sobre la superficie irregular del propio muro, proporcionan un ligero recubrimiento que enfatiza las propias irregularidades y rugosidades del mismo. (Castilla, 2011)

Los revestimientos compuestos a base de mortero de cemento, cal y arena en proporciones variables, tienen el inconveniente de tener un índice de contracción diferente al del muro de tierra, lo que produce tensiones internas que provocan la pérdida de adherencia entre el revestimiento y el soporte, para ello se considera que para una mayor adherencia es conveniente aplicar previamente una lechada de cal

sobre el muro de tierra para luego colocar el recubrimiento de mortero de cemento y arena. (González de La Cotera, 2003)

b) Revestimiento de tierra con adición de ceniza volante

La solución más adecuada, en términos generales, es la utilización de la propia tierra a modo de embarrado. Dado que en su fabricación tradicional suele producirse agrietamiento, es necesario utilizar otro material que minimicen la fisuración producida por la retracción durante el secado. La falta de conocimiento previo y la pérdida de la costumbre no permiten establecer con anterioridad al amasado las proporciones ideales en cada caso con otros materiales. Por otro lado, estas proporciones “ideales” resultan de un acuerdo entre la mínima cantidad necesaria para alcanzar el nivel de fisuración que se considere aceptable y la suficiente adherencia o pegajosidad del embarrado, lo que una vez más obliga a la realización de una serie de muestras previas. (Castilla, 2011)

c) Recubrimiento de tierra con asfalto

Un muro puede hacerse impermeable a la lluvia e inundaciones agregando una emulsión asfáltica en la fabricación de los adobes, barro de pega y/o en el revoque. Se empleará una emulsión asfáltica compuesta de 57% de asfalto, 41% de agua y 2% de emulsificante. La cantidad de emulsión a agregar es el momento de preparar el barro será del 2% en peso sobre la tierra, que es aproximadamente 19 litros de emulsión por cada m³ de tierra tamizada, seca y esponjada. (Barrios, 1994)

2.2.6. Inundaciones

Las inundaciones pueden ser definidas como el riesgo latente de la acumulación de agua en cierto terreno o geografía. Por su origen, puede tener causas pluviales por la acumulación de lluvia de precipitaciones, granizo o nieve sobre planicies o terrenos con insuficiente drenaje. Mientras que, por otro lado, pueden ser de origen fluvial o lacustre originándose por el desbordamiento o ruptura de contenedores como son presas, lagos y/o ríos. (A. & J., 1999)

Las inundaciones pueden ser definidas como una cobertura temporal del terreno por el agua fuera de sus límites normales y se pueden producirse en cuencas, estuarios, costas, zonas urbanas, entre otros. Las inundaciones en la mayoría de los casos es un fenómeno natural que, por ejemplo, en llanuras de inundación naturales no se pueden clasificar como una amenaza. Sin embargo, las inundaciones generalmente son influenciadas por el hombre mediante el uso inadecuado del suelo. (A. & J., 1999)

La WMO y la UNESCO (2012) señalan que una inundación tiene tres aspectos, a mencionar:

1. Un desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua.
2. Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.
3. Encharcamiento controlado para riego.

Se le llama fenómeno de inundación al fenómeno producido por un exceso de agua, que sumerge porciones de tierra que normalmente se encuentran secas. Las inundaciones pueden ocurrir por dos razones principales: el desbordamiento de grandes cuerpos de agua (ríos, lagos o presas) o la

acumulación de grandes cantidades de agua de lluvia. (Jordán García, Junio 2016)

Dependiendo de las condiciones, las inundaciones pueden ser clasificadas en varios grupos distintos.

- Las relacionadas con las lluvias, por ejemplo, ocurre en superficies planas en donde el agua o puede escaparse, o bien no lo puede hacer lo suficientemente rápido como para evitar la inundación.
- Otro grupo importante es el de las inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos. Estas, pueden ocurrir en el curso de varios días o en el de unos cuantos minutos, dependiendo de qué tan rápido se alcance un nivel que obligue al agua a escapar hacia los lados del río.
- En las ciudades, las inundaciones son conocidas como inundaciones urbanas, u ocurren debido al colapso de los sistemas de alcantarillado, que no pueden darse abasto con grandes cantidades de agua o que simplemente se encuentran tapados por grandes cantidades de basura. Por su cercanía con casas y negocios, estas suelen desquiciar las actividades de las personas, además que causan daños económicos a individuos particulares y gobierno.

2.2.6.1. Vulnerabilidad ante Inundaciones

La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Así por ejemplos, las construcciones de adobe que se encuentran ubicadas en la salida de una quebrada o en la planicie son más vulnerables ante inundaciones que los que viven en lugares más altos. Así la vulnerabilidad ante inundaciones, viene a ser la capacidad de resistencia ante fenómenos de acumulación de agua. (UNISDR, 2004)

Las inundaciones como parte de los fenómenos hidrometeorológicos pueden ocasionar algún tipo de desastre. Las inundaciones en una ciudad se presentan generalmente como resultado del proceso de urbanización en zonas no aptas para los asentamientos humanos. Las causas de las inundaciones son diversas principalmente se deben a lluvias extraordinarias que sumado a factores de tipo natura y humano, que, en conjunto, determinan la intensidad de las mismas. Mientras que las principales afectaciones de las inundaciones pueden ser pérdida del patrimonio o de bienes de la población y daños a la infraestructura. Por otro lado, para prevenir y mitigar las afectaciones de las inundaciones y otros tipos de riesgo en el Perú, a partir de los Fenómenos del Niño ocurrido en los años. (Bordón, 2008)

2.2.6.2. Métodos de Estudio de la Vulnerabilidad ante Inundaciones

Olga Lozano en el 2008 desarrolló:

La Metodología para el Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante Inundaciones y Sismos de las edificaciones, tomando en cuenta esta metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en centros urbanos, se aplica después de contar con la evaluación de amenazas y de un diagnóstico físico del centro urbano en estudio. Así mismo, se desarrollaron dos metodologías:

- **Cualitativa:** Identificación de manzanas y/o lotes con indicadores críticos de las variables seleccionadas para el análisis, comparándolas con las zonas de amenaza a inundaciones, obteniendo niveles de vulnerabilidad y riesgo a la vez.
- **Heurística:** Asignación de una ponderación a cada variable seleccionada, según su importancia ante inundaciones y asignación de un valor, a cada indicador de cada variable, según su nivel de criticidad.

Los niveles de vulnerabilidad de cada manzana quedan establecidos mediante rangos.

2.2.7. Zonas de Alto riesgo en Trujillo

Se puede identificar las zonas de alto riesgo de la Provincia de Trujillo de acuerdo a las Quebradas que la circundan y las listamos a continuación:

Quebrada San Idelfonso. Se inicia en las montañas próximas al distrito de El Porvenir y su recorrido natural a traviesa el distrito de Florencia de Mora y el centro de Trujillo. Los huaicos de los últimos días llegaron hasta el distrito Víctor Largo Herrera,

Quebrada de las Cabras. Atraviesa el distrito de La Esperanza y Huanchaco

Quebrada El León. Atraviesa la zona El Milagro, en el distrito de Huanchaco y pasa cerca del aeropuerto de Trujillo.

Quebrada de San Carlos. Recorre el distrito de Laredo y desemboca en río Moche

Quebrada de Santo Domingo. Se inicia en las montañas ubicadas al suroeste de Trujillo y desemboca en río Moche.



III. CONCLUSIONES

- Se redactaron las bases teóricas de la investigación para realizar la investigación de alternativas de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo, Provincia de Trujillo.
- Se redactaron los antecedentes necesarios que sirvan como referencias para la elaboración de la tesis.
- Se definió la información acerca de adobe y las principales construcciones de adobe en la zona.
- Se revisó la teoría acerca de la vulnerabilidad y tipos de vulnerabilidad con sus métodos de estudio frente a inundaciones.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Achig, M., Zúñiga, M., Van Balen, K., & Abad, L. (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. *Revista semestral de la DIUC*, 71-84.
- Agüero, J., Cerón, J., Gonzáles, J., & Méndez, M. (2015). ANALISIS ESTRUCTURAL DE DOS MUROS DE ADOBE CON DIFERENTE SISTEMA DE APAREJO. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra* . Cuenca, Ecuador.
- Astroza Inostroza, M. (1990). *Recomendaciones para Restringir el uso de sistemas constructivos de bajo costo en zonas sismicas*. Chile.
- Barrios, G. (1994). *Manual de construccion en adobe*. Santiago de Chile: Editorial Univeritaria.
- Bestraten, S., Homrías, E., & Altemir, A. (2011). *Informes de Construcción*.
- Cabrera Arias, D., & Huaynate Granados, W. (2010). *MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES* . Lima.
- Calabria A., J., Vasconcelos, W., Daniel, D., Chater, R., & Boccaccini, A. (2009). *Synthesis of Sol-Gel Titania bactericide coating on adobe brick*. Bello Horizonte - Brazil.
- Castilla, J. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. *Informes de la Construccion* , 143-152.
- Cyted, P. (2005). *Un techo para vivir : tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. Barcelona: UPC.
- De la Cruz Molina, R. F., & Guerrero Chupayo, L. C. (2012). *TÉCNICAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE CON UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROPIOS DE LA ZONA, ANTE LA EXPOSICIÓN DE LLUVIAS, EN EL DISTRITO DE LIRCAY*. Huancavelica.
- Estrada, D. D. (1997).

- Giles, B. (2011). *INTERVENCIÓN EN MONUMENTOS HISTÓRICOS CONSTRUIDOS CON TIERRA - ADOBE*. Salta.
- Gonzáles de La Cotera, M. (2003). *Construcciones de Adobe*.
- González Herrera, R., Aguilar Carboney, J., & Gómez Soberón, C. (2008). *VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS DE ADOBE EN CHIAPAS Y ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN*. Veracruz.
- H. Varum, A. F. (2011). Investigaciones realizadas en la Universidad de Aveiro sobre caracterización mecánica de las construcciones existentes en adobe en Portugal y propuestas de rehabilitación y refuerzo. *Informes de la Construcción, Vol. 63*, 127-142.
- Ing. Morales Morales, R., Dr. Torres Cabrejos, R., Ing. Rengijo, L., & Ing. Irala Candiotti, C. (1993). *Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe*. Lima: CISMID-FIC-UNI.
- Jordán García, M. J. (Junio 2016). *Vulnerabilidad ante Inundaciones en el Municipio de Tenancingo, Estado de México*. Toluca, Estado de México.
- Lobera, J., & Michelutti, E. (2007). Construcción sostenible y construcción de la sostenibilidad: una experiencia en comunidades rurales de El Salvador. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 53-68.
- Martínez Camacho, F., & Vazquez Negrete, J. (2008). *Texture of nopal treated adobe: restoring Nuestra Señora del Pilar Mission*. Mexico.
- Montoro, B., & Ferradas, P. (2005). *Reconstrucción y Gestión de Riesgo: Una propuesta técnica y metodológica*. Lima: Soluciones Prácticas - ITDG.
- Muñiz Huanco, H. E. (2013). *EVALUACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LAS VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE ADOBE DE LA ZONA RURAL DEL DISTRITO DE SICUANI - CUSCO*. Lima.
- Nureña Zavaleta, J. F. (2017). *INFLUENCIA DEL ESTABILIZANTE DE CEMENTO Y TIPOS DE SUELOS SOBRE LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE UN ADOBE CONSTRUCTIVO, TRUJILLO*. Trujillo.
- Pocasangre, I. A., Navarro, J. P., & López, I. (2015). *Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe*. Guatemala: San Pedro Sac. San Marcos.

-
- Predes Centro de Estudios Y Prevención de Desastres. (2002). *Construyendo Casas de adobe más resistentes*. Lima: PREDES.
- Rivera Torres, J. C., & Muñoz Díaz, E. E. (2005). CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE MATERIALES DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA: EL ADOBE. *Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 5, 135-148.
- Rivera, A. (2016). El adobe, traspaso de una técnica local. *ARQUITECTURA Y CULTURA*, 94-103.
- Rodrigues Filho, R. (2007). El uso de la tierra como elemento constructivo en Brasil: un corto panorama del proceso histórico, manejo, usos, desafíos y paradigmas. *APUNTES*, 232-241.
- Romero Bolívar, I. A., & Pereyra Marín, J. R. (2012). *MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES - PARTE 2*. Lima.
- San Bartolome, A. (1994). *CONSTRUCCION DE ALBAÑILERIA -Comportamiento Sismico y Diseño Estructural-*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Catolica del Perú.
- Sanchez Gama, C. E. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas. *APUNTES vol. 20, núm. 2*, 242-255.
- Vicente Padilla, A., Tardillo Sato, M., Ramírez Sanguinetti, M., Rajo Vilches, P., & Lucas Araujo, W. (2010). REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUCCIONES CON ADOBE. *SINAPSIS*, 16-21.
- Woldesenbet, E. (2012). *STUDY OF STABILIZED MUD BLOCK AS AN ALTERNATIVE BUILDING MATERIAL AND DEVELOPMENT OF MODELS*.

ANEXO N° 2

MATRIZ DE DATOS

Items	TEMA	AUTOR	FUENTE
1	Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. <i>Revista semestral de la DIUC</i> , 71-84.	Achig, M., Zúñiga, M., Van Balen, K., & Abad, L. (2013)	
2	ESTRUCTURAL DE DOS MUROS DE ADOBE CON DIFERENTE SISTEMA DE APAREJO. <i>Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra</i> . Cuenca, Ecuador.	Agüero, J., Cerón, J., Gonzáles, J., & Méndez, M. (2015).	



3	<i>Recomendaciones para Restringir el uso de sistemas constructivos de bajo costo en zonas sismicas. Chile.</i>	Astroza Inostroza, M. (1990).	
4	<i>Synthesis of Sol-Gel Titania bactericide coating on adobe brick. Bello Horizonte - Brazil.</i>	Calabria A., J., Vasconcelos, W., Daniel, D., Chater, R., & Boccaccini, A. (2009).	
5	<i>TÉCNICAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE CON UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROPIOS DE LA ZONA, ANTE LA EXPOSICIÓN DE LLUVIAS, EN EL DISTRITO DE LIRCAY. Huancavelica.</i>	De la Cruz Molina, R. F., & Guerrero Chupayo, L. C. (2012).	



6	<i>VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS DE ADOBE EN CHIAPAS Y ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN.</i> Veracruz.	González Herrera, R., Aguilar Carboney, J., & Gómez Soberón, C. (2008)	
7	<i>CONSTRUCCION DE ALBAÑILERIA - Comportamiento Sismico y Diseño Estructural-</i> . Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Catolica del Perú.	San Bartolome, A. (1994).	
8	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUCCIONES CON ADOBE. <i>SINAPSIS</i> , 16-21.	Vicente Padilla, A., Tardillo Sato, M., Ramírez Sanguinetti, M., Rajo Vilches, P., & Lucas Araujo, W. (2010).	