

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ALTERNATIVAS DE PROTECCION EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE A PARTIR  
DEL ANALISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES DE LAS ZONAS DE  
ALTO RIESGO, PROVINCIA DE TRUJILLO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Bach. WALTER MANUEL ARROYO VÁSQUEZ**

**ASESOR:**

**Ing. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ**

**TRUJILLO - PERU**

**2019**

## Aprobación de Tesis

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Walter Manuel Arroyo Vásquez**, denominada:

**ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO, PROVINCIA DE TRUJILLO**

---

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

**Jurado Presidente**

---

Ing. Percy Lethelier Marín Cubas

**Jurado secretario**

---

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

**Jurado Vocal**

## Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a Dios por estar siempre a mi lado y A mi Familia e Hijos acompañarme en todo momento.

A la Memoria de mis Padres y compañeros de Estudios por su constante apoyo en el transcurso de toda mi carrera profesional.

A mi amigo compañero Carlos Carrillo fue de gran apoyo Invaluable y Elaboración de mi Tesis y a mi hijo Hebert Josué por el apoyo que me brindo en el trayecto de la realización del Proyecto de Investigación.

**Walter Manuel Arroyo Vásquez**

## Agradecimiento

Expreso mi agradecimiento a la Facultad Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Trujillo y a los docentes que nos brindaron su conocimiento a lo largo de toda la carrera profesional, para una buena formación tanto en lo profesional como personal.

A mis Familiares por haberme apoyado en todo momento y por lo valores dados a transcurso de mi carrera y nos hacen ser la persona que ahora soy.

Al Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, por ser mi Asesor con su enseñanza e ímpetu y por ser motivador para que esta investigación se realice de la mejor manera.

**Walter Manuel Arroyo Vásquez**

## Índice de Contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimiento</b> .....	iv
<b>Índice de Contenidos</b> .....	v
<b>Índice de Tablas</b> .....	vii
<b>Índice de Figuras</b> .....	viii
<b>Resumen</b> .....	ix
<b>Abstract</b> .....	x
<b>Introducción</b> .....	1
1.2. Formulación del problema .....	8
1.3. Justificación .....	8
1.4. Limitaciones y soluciones .....	9
1.5. Objetivos .....	9
1.5.1. Objetivo General. ....	9
1.5.2. Objetivos Específicos. ....	10
1.6. Antecedentes .....	10
1.7. Bases Teóricas .....	15
1.7.1. Adobe. ....	15
1.7.2. Construcciones de adobe .....	16
1.7.2.1. Construcciones de tierra en la antigüedad .....	17
1.7.2.2. Construcciones de tierra en el Perú .....	18
1.7.3. Vulnerabilidad .....	20
1.7.3.1. Tipos de Vulnerabilidad .....	20
1.7.4. Inundaciones .....	22
1.7.5. Vulnerabilidad ante Inundaciones .....	23
1.7.6. Métodos de Estudio de la Vulnerabilidad ante Inundaciones .....	23
1.7.7. El revestimiento como alternativa de protección. ....	24
1.7.8. Precipitaciones pluviales frecuentes y eventuales en la provincia de Trujillo .....	26
1.8. Definición de términos básicos .....	26
1.9. Formulación de la hipótesis .....	27
1.9.1. Hipótesis general. ....	27
1.9.2. Hipótesis Específica .....	28
<b>Material y Métodos</b> .....	32
2.1. Material: .....	32
2.2. Material de estudio .....	32
2.2.1. Población. ....	32

2.2.2. Muestra.....	33
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	33
2.3.1. Para recolectar datos.....	33
2.3.2. Para procesar datos.....	34
2.3.2.1. Esquema del procedimiento.....	34
2.3.2.2. Estudios Primarios.....	35
2.4. Operacionalización de variables.....	43
<b>Resultados</b> .....	44
3.1. Estudio de Vulnerabilidad.....	44
3.2. Ensayos Físicos de Unidades de Adobe.....	44
3.2.1. Prueba de Succión.....	44
3.2.2. Prueba de Absorción.....	45
3.3. Ensayo a altas cantidades de agua para los 4 muros.....	46
<b>Discusión</b> .....	49
<b>Conclusiones</b> .....	51
<b>Recomendaciones</b> .....	52
<b>Bibliográficas</b> .....	54
<b>Anexos</b> .....	57
Anexo I: Dimensionamiento de muros a elaborar para prueba de inundación simulada.....	57
Anexo II: Elaboración de adobes artesanales.....	58
Anexo III: Procedimiento de secado al aire libre de adobes.....	58
Anexo IV: Ubicación de adobera de elección.....	59
Anexo V: Plano en planta de estructura de inundación simulada.....	60
Anexo VI: Cortes de ensayo de inundación simulada.....	61
Anexo VII: Metodología de análisis de vulnerabilidad ante inundaciones.....	62
Anexo VIII: Ficha de toma de datos del ensayo de succion.....	66
Anexo IX: Ficha de toma de datos del ensayo de absorción.....	67
Anexo X: Plantillas de toma de datos de los ensayos.....	68
Anexo XI: Resultados del Análisis de Vulnerabilidad Ante Inundaciones.....	69
Anexo XII: Resultados del ensayo de capilaridad.....	70
Anexo XIII: Resultados del ensayo de absorción.....	71
Anexo XIV: Resultados del ensayo de Inundación Simulada en Muros.....	73

## Indice de Tablas

Tabla 1: Limitaciones y soluciones .....	9
Tabla 2: Hipótesis General .....	28
Tabla 3: Hipótesis Específica 01 .....	29
Tabla 4: Hipótesis Específica 02 .....	30
Tabla 5: Hipótesis Específica 03 .....	31
Tabla 6: Técnica Aplicado.....	33
Tabla 7: Operacionalización de variables.....	43
Tabla 8: Zonas con Mayor índice de Vulnerabilidad .....	44
Tabla 9: Resultado final promedios del Ensayo de Succión .....	45
Tabla 10: Resultado final promedios del Ensayo de Absorción.....	46
Tabla 11: Resumen del Ensayo a altas cantidades de agua .....	47

## Índice de Figuras

Figura 1: Recolección de datos.....	34
Figura 2: Esquema del procedimiento de recolección de datos. ....	34
Figura 3: Elaboración de la estructura para el ensayo de inundación simulada. ....	36
Figura 4: Esquema del procedimiento.....	39
Figura 5: Diseño de muro. ....	57
Figura 6: Elaboración de adobes. ....	58
Figura 7: Procedimiento de secado.....	58
Figura 8: Ubicación de la Adobera.....	59
Figura 9: Plano de la estructura a utilizar para el ensayo de inundación.....	60
Figura 10: Corte del muro patrón. ....	61
Figura 11: Corte del muro con revestimientos de cemento.....	61

## Resumen

En la presente Investigación 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). Se plantearon 3 alternativas de protección: recubrimiento de tierra con adición de ceniza volante, revestimiento de lechada con cal y mortero de cemento y recubrimiento de tierra con asfalto. De las cuales, tras ser probadas ante el ensayo de inundación simulada, se logró determinar que la mejor alternativa para disminuir la vulnerabilidad interna y externa de las construcciones de adobe es el recubrimiento tierra y asfalto.

## Abstract

In the present investigation, the most marked problem was taken as a starting point 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 elements 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, adobera of the area was sought for the elaboration of the adobes to be used in the recreation of the test walls (MEs). Three alternatives of protection were proposed: earth covering with the addition of fly ash, lime coating with cement lime and mortar and asphalt earth covering. Of which, after being tested in the simulated flood test, it was determined that the best alternative to reduce the internal and external vulnerability of the adobe buildings is the earth and asphalt coating.



## Introducción

### 1.1. Realidad problemática

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 (Padilla, Sato, Sanguineti, Vilches, & Araujo 2010).

Ecuador, en la ciudad de Cuenca la mayoría de sus edificaciones patrimoniales son construidas de tierra (adobe), de acuerdo con los datos del inventario a nivel de registro de la Municipalidad de la ciudad de Cuenca en el año 2010, del total de edificaciones inventariadas, el 43.2% corresponde a fachadas de adobe y el 18.2% tiene como estructura muros de adobe. Las construcciones históricas de adobe casi siempre presentan grietas, generadas por la presencia de humedad, esto refleja la vulnerabilidad ante inundaciones a la que se encuentran sometidas con el paso del tiempo (Achig, Zúñiga, Balen, & Abad 2013).

En Etiopía, un refugio adecuado es un problema principal en la mayor parte del país. Y, el suelo es ampliamente utilizado en la construcción tradicional de casas de barro llamado



"Chika bet". Desafortunadamente, las técnicas de construcción, tienen serios defectos con respecto a su vulnerabilidad ante inundaciones. Los principales defectos o problemas son: las paredes se pueden erosionar fácilmente por la lluvia y sufren grietas extendidas de contracción, su aspecto externo e interno no es muy atractivo, los habitantes sufren problemas relacionados con la salud, y las paredes de barro requieren reparaciones periódicas (Woldesenbet 2012).

En México, al sureste, existe una región que está constituida por zonas de alto grado de marginación, con construcciones de adobes tradicionales, que en muchos de los casos han sido elaboradas sin contar con proyectos arquitectónicos o estructurales; además de omitir la supervisión técnica y el control de calidad. Estas viviendas nos permiten observar las prácticas tradicionales que durante mucho tiempo han mostrado un comportamiento adecuado y otras que han fallado, pero que se continúan repitiendo; también se señalan las características que hacen vulnerables a las viviendas de adobe regionales para las ciudades de Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo en las que se presenta la evaluación de la vulnerabilidad ante inundaciones desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo (Herrera, Carboney, & Soberón, 2008).

En el Perú, la tierra aún es un importante material de construcción. Según los resultados obtenidos de los censos de vivienda realizados en el país, en los últimos 30 años se observa que, a nivel nacional, existe una gran cantidad de viviendas construidas con tierra cruda (40% aproximadamente), tanto con tapial como con adobe. Por este motivo, surgió la preocupación de realizar estudios que permitan mejorar las técnicas constructivas en adobe, a fin de brindar mejores condiciones en la mejora de la vulnerabilidad ante inundaciones que pueden existir en estas edificaciones (Agüero, Cerón, Gonzáles, & Méndez, 2015).

Nuestra región ha sufrido el paso del Fenómeno del Niño Costero, la furia con la que descendieron los desbordes de las quebradas en toda La Libertad, 50 quebradas activadas sepultaron casas, se llevaron autos, derribaron postes, puentes y dejaron distritos devastados. Dentro de los principales 8 provincias afectadas se encuentra Ascope, Otuzco, Gran Chimú, Virú, Pataz, Pacasmayo, Santiago de Chuco y Trujillo; siendo los distritos de El Porvenir, la Esperanza y Huanchaco los más afectados, dejándose ver en el colapso de las construcciones de adobe y barro, predominantes en esta zona.

En la Provincia de Trujillo, según los registros de la Dirección Nacional de Operaciones del INDECI durante el año 2017 se presentaron emergencias: 7 por huaycos y/o desbordes de quebradas, 3 por inundación y 27 por intensas lluvias, lo cual tuvo un recuento de un número cuantioso de daños humanos que ascendió a 311,393 afectados y 50,039 damnificados.

La Norma Técnica del Reglamento Nacional de Edificación E.080, es la única normativa de adobe que controla las construcciones con este material en el Perú; sin embargo, no es tomada en consideración en la mayoría de construcciones, esta norma ha sufrido una modificación en abril del año 2017, reemplazando así a la vigente desde el año 2006. La E.080 cambia del nombre Adobe a Diseño y construcción con tierra reforzada.

Las edificaciones de tierra reforzada no deben ubicarse en zonas de alto riesgo de desastre, especialmente con peligros tales como: inundaciones, avalanchas, aluviones y huaycos. No se debe construir en suelos con inestabilidad geológica. Deben ser, de un piso en las zonas sísmicas 4 y 3, y hasta de dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1, según los distritos y provincias establecidos en el Anexo N° 1 de la Norma E.030 Diseño Sismoresistentes.

Las edificaciones de tierra reforzada deben cimentarse sobre suelos firmes y medianamente firmes de acuerdo con la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. No se cimenta sobre suelos granulares sueltos, cohesivos, blandos, ni arcillas expansivas. Se prohíbe la cimentación en suelos de arenas sueltas que pueden saturarse de agua (riesgo de licuefacción de suelos).

De la Cruz Molina & Chupayo (2012) Encontró que al realizar ensayos a los adobes tanto como unidad de albañilería, así como en la conformación de muros, se demuestra la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales sin ningún tipo de protección, ante la acción erosiva del agua, registrándose un tiempo estimado de colapso de la estructura de 1:25 y 1:35 horas, con un tipo de falla frágil. Por lo tanto, 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 (Muro 2, con zócalo de arcilla con cal y paja) resulto ser más favorable durando un promedio de 55:38 horas y mostrando un mejor comportamiento ante la exposición al agua.

Arias & Granados (2010) Encontró que los ensayos demostraron la alta vulnerabilidad ante inundaciones de los adobes convencionales con respecto a la acción erosiva del agua, registrándose un tiempo estimado de colapso de la estructura de 20 minutos, con un tipo de falla frágil. 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, con un peralte que sea 30 cm mayor que la altura de agua esperada. En esta técnica sólo se observó un ascenso de agua por capilaridad de 5 cm en el concreto que no llegó a afectar ningún adobe. Para abaratar costos, es necesario estudiar esta solución utilizando un sobrecimiento de concreto ciclópeo o de albañilería de arcilla industrial.

Bolívar & Marín (2012) Encontró que para el muro patrón (muro de adobes convencionales) existe una alta vulnerabilidad ante la acción erosiva del agua, además indicó que los factores que determinan la resistencia ante el colapso son el grosor del muro y la consistencia del adobe. También se percibió la presencia de otros factores los cuales son determinantes para la estabilidad del muro antes de su frágil colapso, los cuales son la selección del material y la preparación del mismo para formar adobe. Para las casas actualmente erigidas con muros de adobe, la solución de tarrajeo pulido ofrece buenos resultados porque no solo protege a la estructura frente a la acción erosiva del agua estancada, sino también porque mantiene el volumen de los adobes fabricados, dando la opción al muro de recobrar su capacidad portante una vez transcurrida la inundación, con el secado del muro. Por último, el sobrecimiento de tarrajeo pulido, con el que cuenta el tarrajeo de la presente propuesta, brindó a la estructura un máximo de 9.6 cm de capilaridad, mejorando los 38 cm de capilaridad que presentó el muro de adobe tarrajeado sin pulir durante el periodo corto de inundación.

Se observa que las construcciones de adobe se cimientan sobre el mismo nivel de piso apisonado, lo que deja a los adobes expuestos a la humedad proveniente del suelo que por capilaridad tiende a subir y erosionar lo que encuentre a su paso; el adobe por su misma naturaleza tiene una superficie porosa lo que sumado al apoyo de las unidades directamente en el suelo húmedos, generará la degradación y erosión de los adobes. De allí que se concluye que la solución ante este problema es plantear el sistema constructivo a base de sobrecimientos para contrarrestar el contacto directo de las unidades de albañilería a un medio húmedo.

Por otro lado, la solución más saltante ante la permeabilidad de los adobes, sería el recubrimiento del mismo con un material que de brinde propiedades impermeabilizantes; así se encontró en el estudio del tercer antecedente, quién planteo el tarrajeo como la alternativa para evitar que la humedad perjudique a los adobes. Así también se sabe de las propiedades de elementos naturales como los cactus, cuya melaza al ser incluida en la mezcla fresca de los adobes, brindarían propiedades impermeabilizantes, esta última técnica es común en las construcciones andinas de adobe.

SENCICO ha desarrollado la construcción con adobe que cumple con los requisitos señalados en la NTE E. 080 Adobe. En el 2001 publico con el Banco de Materiales, la cartilla de difusión “Mejores casas con adobe”, fue distribuida de manera gratuita y de manera elemental se refiere a aspectos de ubicación de edificaciones, la cimentación, la fabricación de adobes y mortero para los muros, así como su reforzamiento y protección contra la humedad. (Montoro & Ferradas, 2005)

El Instituto de Promoción de la Vida (Vidaprom), con el apoyo de Intermon-Oxfam España, desarrollaron un proyecto de reconstrucción de locales de uso comunal y de 26 viviendas de adobe, introduciendo mejoras en los diseños estructurales, tales como una adecuada cimentación y en la albañilería; reforzamiento de muros tipos contrafuertes en todas las esquinas. (Montoro & Ferradas, 2005)

El problema en esta clase de construcciones con adobe es su rápida absorción de la humedad a través del suelo por su capilaridad y el deterioro rápido por las diferentes estaciones ambientales, lo que las hace vulnerables ante los efectos del agua y a los movimientos sísmicos cuando la estabilidad del suelo cambia bruscamente. (Vicente Padilla, Tardillo Sato, Ramírez Sanguinetti, Rajo Vilches, & Lucas Araujo, 2010)

La causa más simple y obvia que puede causar mayor daño a las estructuras de adobe es atribuida el agua, especialmente cuando es abundante y en forma líquida (lluvia, charcos, etc.) Esto debido a que las partículas de arcilla en contacto con una cantidad creciente de agua, incrementan primero su volumen; luego se vuelve más sueltas (mayor plasticidad) y eventualmente se dispersan en una suspensión de agua. Al ser la arcilla el agente adhesivo del adobe, este efecto es obviamente perjudicial, la arcilla húmeda se vuelve impermeable a el agua

y el exceso de agua de lluvia que cae sobre la superficie, arrastra materia en suspensión, excava canales que son erosionados aún más rápidamente ya que están expuestos a una mayor concentración de agua, de allí la alta vulnerabilidad del adobe. (Estrada, 1997)

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.

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. (Arias & 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, Dr. Cabrejos, Ing. Rengijo, & Ing. Candiotti, 1993).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la mejor alternativa de protección de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo?

## **1.3. Justificación**

La información y los resultados obtenidos fueron usados para cuantificar el deterioro que sufren los muros de adobe ante la exposición del agua y, además, se realizó un análisis de las soluciones planteadas, comparando su efectividad y viabilidad de estos sistemas para que sean aplicados como alternativas prácticas al problema de la vulnerabilidad de los muros de adobe ante las inundaciones en la Provincia de Trujillo.

La construcción con adobe en estos últimos tiempos es considerada una técnica muy antigua que se a desactualizado con el paso del tiempo puesto que existen nuevas técnicas, modernas, seguras y con una mayor resistencia frente a estas; sin embargo, existen distintos aspectos que hacen que esta técnica se siga empleando. Dicha técnica cuenta con poca resistencia mecánica y vulnerabilidad a los agentes atmosféricos, el principal enemigo es la humedad, ya sea por efecto de las lluvias o inundaciones que llegan a producir grandes daños cuando estas quedan expuestas.

Uno de los principales aspectos es el económico, ya que resulta siendo más barato en comparación a otro tipo de materiales, por ende, son las sociedades de escasos recursos quienes usan este tipo de construcciones; otro aspecto importante es el ecológico, que viene a ser la tierra como factor principal en la construcción, que refleja la sostenibilidad con el medio ambiente al no necesitar energía de combustibles para su extracción, implementación o destrucción.

Esta investigación es un aporte más para las construcciones y reconstrucciones de viviendas de adobe, ya que contribuirá al conocimiento de la tecnología y las técnicas que son



viabiles estructural y económicamente, para que estas sean más seguras ante cualquier fenómeno natural que pueda ocurrir en la zona, ya sea ante la exposición por lluvias o inundaciones.

En esta investigación se busca analizar la mejor alternativa de protección en las construcciones de adobe dada a su alta vulnerabilidad ante inundaciones. La ardua investigación realizada en primera instancia para la determinación de la vulnerabilidad de las construcciones de adobe ante las inundaciones, sumado a la confiabilidad de la simulación casi real de las condiciones de inundación a las que se ven expuestas las condiciones de adobe (Referido al ensayo de Inundación simulada) hace de este trabajo un aporte importante e imprescindible como aporte a la sociedad y a la comunidad investigadora.

Por otro lado, se espera que el siguiente trabajo sea un aporte como primer antecedente de ensayos de Inundación Simulada para la comunidad de Ingeniería Civil perteneciente a la Universidad de Trujillo. El aporte además a nivel macro, por el estudio de la situación actual de las construcciones de adobe donde se hace necesario el conocimiento de su nivel de vulnerabilidad para que sobre estos datos se puedan plantear alternativas de reconstrucción o nuevas normativas que rijan las construcciones con adobes en nuestro país.

#### 1.4. Limitaciones y soluciones

Tabla 1:

*Limitaciones y soluciones*


#### 1.5. Objetivos

##### 1.5.1. Objetivo General.

Determinar cuál es la mejor alternativa de protección en construcciones de adobe a partir del análisis de vulnerabilidad ante inundaciones de las zonas de alto riesgo en la Provincia de

Trujillo, 2017.

### 1.5.2. Objetivos Específicos.

- Realizar ensayos de absorción, succión y ascenso capilar de las unidades de adobe con las que se construirán los muros.
- Determinar los espesores de los revestimientos para cada alternativa de protección a partir del análisis de las unidades de adobe que conformarán el muro.
- Cuantificar el deterioro de las estructuras de adobe ante los efectos erosivos del agua ante inundación realizadas por lluvias en Trujillo.
- Determinar la mejor alternativa de protección de construcciones de adobe desde el punto de vista económico.

### 1.6. Antecedentes

#### a) “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones”

Arias & 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 & 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”**

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”**

Bolívar & 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, Vasconcelos, Daniel, Chater, & Boccaccini (2009) Este estudio presenta el desarrollo y caracterización de transparente de sol-gel de TiO<sub>2</sub> revestimientos a base de titanio IV isopropóxido (Tip<sub>4</sub>), 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<sub>2</sub> capas a base de Tip<sub>4</sub> mostró que la película tiene picos característicos de la fase anatasa. Se utilizó el análisis SIMS estático para detectar la presencia de TiO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> 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 treated adobe: restoring nuestra Señora del Pilar Mission”**

Camacho & 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  $200^\circ C$ . 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 mejoren la calidad de en dichas viviendas.

## 1.7. Bases Teóricas

### 1.7.1. 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 reforzadas 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 pesadas a comparación de los materiales calcáreos, siendo su peso específico aproximado de 1850 kgf/m<sup>3</sup>. 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.

#### **1.7.2. 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).

#### ***1.7.2.1. 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. (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. (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. (La Cotera 2003).

#### ***1.7.2.2. 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 soga. 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 soga 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 cimiento 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. (Gonzáles 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. (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. (La Cotera 2003).

### **1.7.3. 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)

#### **1.7.3.1. Tipos de Vulnerabilidad**

Según Wilches - Chaux (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, existen planteamientos más generales, aunque existen una variedad de factores que determinan la vulnerabilidad humana, ellos pueden insertarse dentro de cuatro categorías principales: sociales, económicas, culturales y políticos. (Alcántara - Alaya 2002).

#### 1.7.4. 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.

#### **1.7.5. 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).

#### **1.7.6. Métodos de Estudio de la Vulnerabilidad ante Inundaciones**

Lozano (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.

#### **1.7.7. 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. (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. (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. (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 m<sup>3</sup> de tierra tamizada, seca y esponjada. (Barrios 1994).

#### **1.7.8. 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, se viene registraron fuertes precipitaciones pluviales 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.

#### **1.8. Definición de términos básicos**

- **Adobe:** Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.
- **Alternativas de protección:** Es toda intervención del hombre que da solución a un efecto causado por la naturaleza, cuando se analiza una intervención específica (o un

proyecto), con la finalidad de evaluar este impacto y pensando en las posibles formas de reducirlo.

- **Construcciones de adobe:** Elevación sobre el terreno que se ha realizado con ladrillos ignífugos secados al sol.
- **Inundaciones:** es el fenómeno natural, por el cual el agua cubre los terrenos, llegando en ciertas ocasiones a tanta altura que puede dejar sumergidas viviendas, automotores, anegar calles, destruir cosechas, etc. con peligro, incluso vital, para todos los seres vivientes que habitan el lugar, y enormes pérdidas económicas.
- **Provincia de Trujillo:** es una provincia de la costa norte del Perú, situada en la parte central y occidental del departamento de La Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad.
- **Vulnerabilidad ante inundaciones:** Son todas aquellas zonas que se encuentran expuestas a eventos naturales o antrópicos, que pueden afectar no solo los diversos usos del lugar. Las funciones de vulnerabilidad especifican relaciones probabilistas entre la intensidad local del fenómeno, tirante de inundación y los daños producidos en un bien expuesto.
- **Zonas de alto riesgo:** Es la zona o lugar vulnerable a riesgos o desastres ya sean naturales o provocados por el hombre. Puede ser una zona donde frecuentemente ocurren sismos, terremotos, donde hay volcanes, donde hay inundaciones, tsunamis, incendios, etc.

## 1.9. Formulación de la hipótesis

### 1.9.1. Hipótesis general.

La mejor alternativa de protección en construcciones de adobe es la tierra con el asfalto de 2.5 cm de espesor de recubrimientos.



Tabla 2:  
*Hipótesis General*

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS		COMPONENTES		
	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
Las alternativas de protección planteadas en el estudio disminuirán en mayor medida la vulnerabilidad ante inundaciones de las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo.	Alternativas de Protección	Construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo	Disminuirán	Provincia de Trujillo	Año 2017
	Vulnerabilidad ante inundaciones	Provincia de Trujillo			

### 1.9.2. Hipótesis Específica

El revestimiento con mortero de cemento sobre los muros de adobe disminuirá en mayor medida la vulnerabilidad de las construcciones de adobe al brindar propiedades impermeabilizantes a las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo.

Tabla 3:

*Hipótesis Específica 01*

HIPÓTESIS ESPECIFICA 01	COMPONENTES METODOLÓGICOS		COMPONENTES REFERENCIALES		
<p>El revestimiento con mortero de cemento sobre los muros de adobe disminuirá en mayor medida la vulnerabilidad de las construcciones de adobe al brindar propiedades impermeabilizantes a las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo.</p>	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	<p>Revestimiento con mortero de cemento</p>	<p>Muros en construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo</p>	<p>Brindar</p>	<p>Provincia de Trujillo</p>	<p>Año 2017</p>
<p>Propiedades de Impermeabilización</p>					

El revestimiento con tierra y ceniza volante sobre los muros de adobe disminuirá en mayor medida la vulnerabilidad de las construcciones de adobe al brindar propiedades impermeabilizantes a las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo.



Tabla 4:

*Hipótesis Específica 02*

HIPÓTESIS ESPECIFICA 02	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
El revestimiento con tierra y ceniza volante sobre los muros de adobe disminuirá en mayor medida la vulnerabilidad de las construcciones de adobe al brindar propiedades impermeabilizantes a las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo	Revestimiento con tierra y ceniza volante	Muros en construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo	Brindar	Provincia de Trujillo	Año 2017

El revestimiento con tierra y asfalto sobre los muros de adobe disminuirá en mayor medida la vulnerabilidad de las construcciones de adobe al brindar propiedades impermeabilizantes a las construcciones de adobe de las zonas de alto riesgo en la Provincia de Trujillo.





## MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Material:

#### a) Materiales

##### Materiales de escritorio

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Laptop

##### Instrumentos secundarios o auxiliares

- Palanas
- Cinta métrica
- Jalones

##### Software

- Excel office 2010
- Word office 2010
- AutoCAD 2017
- S10

##### Fuentes

- Reglamento nacional de edificaciones
- Libros
- Tesis
- informes

#### b) Humano.

Walter Manuel Arroyo Vásquez

Josualdo Carlos Villar Quiroz

#### c) Servicios.

#### d) Otros

### 2.2. Material de estudio

#### 2.2.1. Población.

Todas las construcciones de adobe vulnerables ante inundaciones de la zona determinada con mayor índice de vulnerabilidad a partir del estudio previo.

### 2.2.2. Muestra.

Se determinará las siguientes muestras. Donde se construirán 3 muros por cada técnica aplicada según los espesores de diseño.

Tabla 6: Técnica Aplicada

Tipología	Técnica aplicada	# Muros
Mo	Muro Patrón	2
M1	Recubrimiento de Mortero de Cemento (1 cm, 1.5 cm y 2 cm).	2
M2	Recubrimiento con Tierra Estabilizada con Ceniza Volante (1 cm, 1.5 cm y 2 cm).	2
M3	Recubrimiento con Tierra y Asfalto (1 cm, 1.5 cm y 2 cm).	2
<b>Total</b>		<b>8</b>

El tipo de muestreo será probabilístico por conveniencia, ya que se procederá a la correcta lección de muestras o muros a evaluar. El muestreo de o por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico donde los sujetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador. En todas las formas de investigación, sería ideal generalizar los resultados a la totalidad de la población, pero en este caso la población de Construcciones de adobe Vulnerables ante Inundaciones es muy amplia, por ello se tomará una porción de la población como parte de la elección por conveniencia. De esta manera, con la finalidad de poder obtener promedios y resultados más cercanos a la realidad, se elaborarán un total de 12 muros teniendo en cuenta de que 3 muros serán de una misma alternativa de protección y solo 1 de muestra patrón, dichos muros se construirán de 1 m2 y el revestimiento tendrá una altura de 60 cm.

## 2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos

### 2.3.1. Para recolectar datos.

Como técnica se tomó la observación directa, ya que se observó atentamente los diferentes ensayos, se tomó la información y se registró en fichas de observación para su posterior análisis, en el cual nos apoyamos para obtener el mayor número de datos.

Aparte de las guías de observación que serán utilizadas para el análisis del estudio de

vulnerabilidad en las distintas zonas de alto riesgo, también se usarán distintas plantillas que servirán para la toma y recolección de datos en los distintos ensayos a realizarse, dichos formatos se podrán encontrar en los anexos de esta investigación. (Ver Anexo 7, 8, 9, 10)

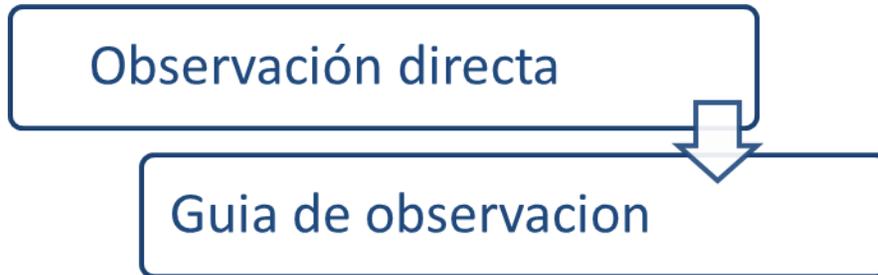


Figura 1:Recolección de datos

### 2.3.2. Para procesar datos.

#### 2.3.2.1. Esquema del procedimiento.

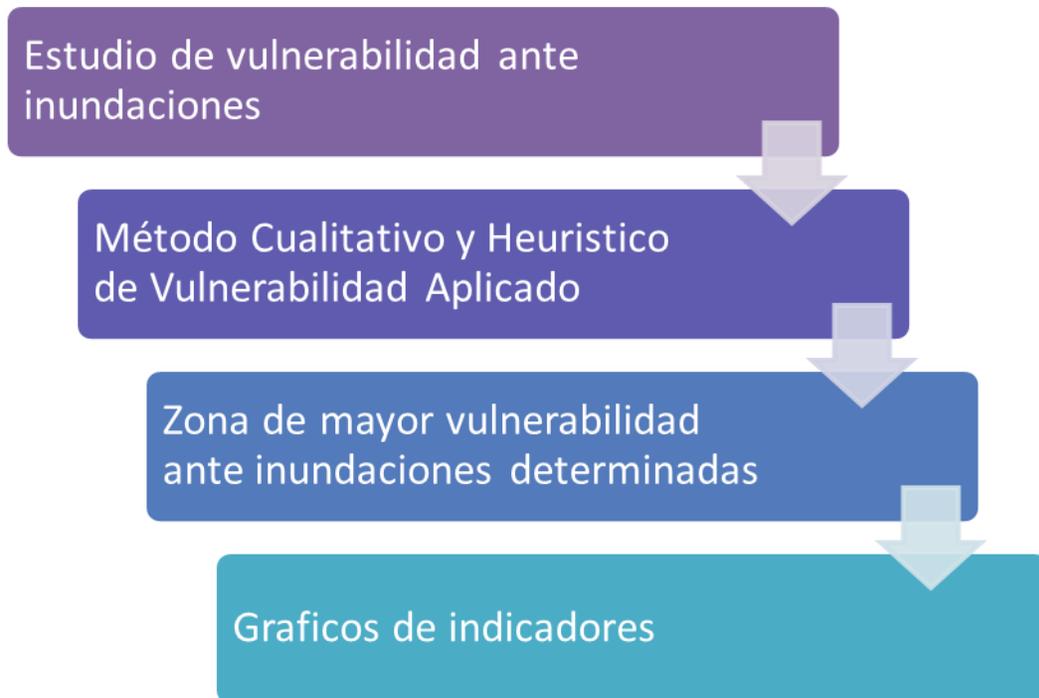


Figura 2: Esquema del procedimiento de recolección de datos.



### 2.3.2.2. Estudios Primarios

#### A. Estudio de Vulnerabilidad ante Inundaciones

Para determinar los puntos focales donde los índices de Vulnerabilidad ante inundaciones tienen una predominancia acentuada, se evaluaron los principales distritos de Trujillo: Laredo, El porvenir y Alto Trujillo. Con ayuda de Indicadores y un análisis estadístico observacional se determinó la zona focal de vulnerabilidad ante Inundaciones.

#### B. Adobera

Previamente, se determinó la Zona de mayor Vulnerabilidad, de allí se ubicó la adobera de donde proviene principalmente los adobes empleados en las construcciones de adobe de los alrededores del distrito. Se fabricó los adobes similares a como se utilizan en la zona de estudio. La adobera escogida tiene una antigüedad de 10 años, cuya cantera queda en el Distrito de la Esperanza en Sección Parque Industrial de propiedad del S. Guzmán Luna Salvador.

Las dimensiones tomadas de las diferentes muestras escogidas de la adobera ya mencionada, nos dan las siguientes dimensiones promedios. (Ver Anexos II y III)

Largo = 38 cm.

Ancho = 24 cm.

Altura = 12 cm.

#### C. Materiales de Adobe

La mezcla para la elaboración de adobes está constituida por un 75% de Arena, 25% de Arcilla, lo que le da el aspecto seco y la gran porosidad en su superficie final. En resumen, se tratarían de adobes muy débiles y permeables. Las propiedades físicas de la arcilla utilizada se muestran en el anexo I. (Ver Anexo IV)

Ubicación:

Departamento: La Libertad

Provincia: Trujillo

Distrito de La Esperanza

Latitud sur 12°50'50.45".

Longitud oeste 74°43'19.50".

Altura de 183m.s.n.m

#### D. Características de la Estructura de Inundación Simulada:

La Estructura de Inundación Simulada es una estructura de albañilería sin refuerzo y tarrajada en las paredes interiores. Se utilizó cemento Pacasmayo Tipo 1, para el tarrajeo de las paredes interiores. Se construyeron las pozas en la adobera se optó esta solución por la cercanía al lugar donde se utilizaron los adobes, ya que la Universidad Nacional de Huancavelica no contaba con tales ensayos.

La estructura está dividida en cuatro secciones de iguales dimensiones con la finalidad de obtener pozos independientes y de esta forma analizar cada técnica. Las características geométricas de las estructuras son de secciones interiores rectangulares, utilizado en el ensayo simulado a altas cantidades de agua en muros de adobe.

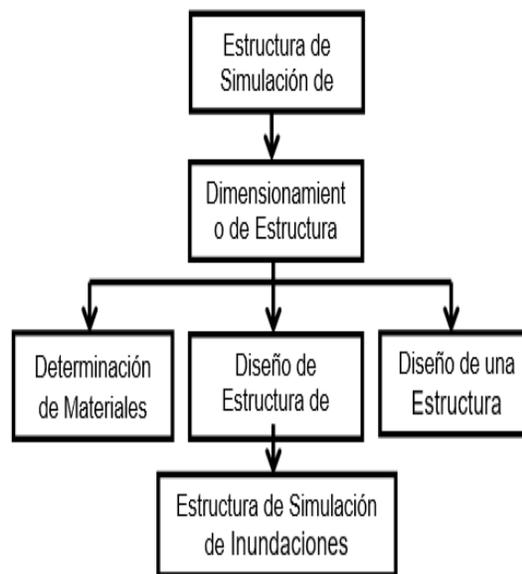


Figura 3: Elaboración de la estructura para el ensayo de inundación simulada.

#### E. Diseño y Construcción de muros de adobe:

Características comunes de los 4 muros

Los muros o especímenes para la prueba de exposición a altas cantidades de agua presentaron las siguientes características en común:

Las unidades de adobe utilizadas en los muros fueron elaboradas con materiales provenientes de la misma cantera como se detalla en el acápite 3.6.2, para de esta forma contribuir a la homogeneidad del material.

Todos los muros contaron con las mismas dimensiones: 1.00 m de alto, 1.00 m de largo y 0.24 m de espesor.

- Se utilizó el mismo aparejo o amarre de "soga" para el asentado de los muros.
- Cada hilada estuvo compuesta de 3 unidades enteras y una medía unidad de adobe correspondiente a cada muro.

Todos los muros fueron construidos por el mismo personal para eliminar el factor de incertidumbre por variación en la mano de obra. Las juntas verticales y horizontales de los muros tuvieron como promedio 2.00 cm de espesor y el mortero fue hecho con el mismo material de los adobes.

Fueron ensayadas en las mismas pozas geoméricamente iguales, las cuales albergarán el mismo volumen de agua. Todos los muros fueron afectados por los mismos factores atmosféricos, tales como temperatura, presión y humedad. Se utilizó agua potable sin impurezas proveniente de la misma fuente.

#### ❖ Características del muro patrón

El muro MP fue hecho íntegramente de adobes convencionales sin refuerzos horizontales ni verticales de ningún tipo. El muro posee juntas horizontales y verticales de 1.50 cm de espesor la cuales están hechas con un mortero del Tipo II, según la clasificación de morteros estipulada en la NTP E.080 acápite 7.2; la cual detalla que el mortero de este tipo estará compuesto por el mismo material que las unidades de adobe y que de ninguna forma tendrá una calidad menor para lograr la homogeneidad del material en el muro en cuestión, además acota que las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2.00 cm de espesor y deberán ser llenadas completamente, cumpliendo de esta forma dicho requisito. (Ver Anexo 5)

#### ❖ Características del muro con recubrimiento de mortero de cemento

El muro M1 fue construido íntegramente con adobes convencionales bajo los mismos lineamientos del Muro Patrón MP. Este muro plantea como primera solución una barrera que evite el contacto del agua sobre los adobes convencionales. Dicha barrera está compuesta por una zona tarrajada de 0.50 m de altura y 1.50 cm de espesor en todo el perímetro del muro, de tal forma que proteja el área en contacto directo con el agua, la cual abarca una altura igual al doble del nivel de agua producto de la inundación simulada.



❖ Características del muro con recubrimiento de tierra y ceniza volante

El muro M2 fue construido íntegramente con adobes convencionales bajo los mismos lineamientos del Muro Patrón MP. Este muro plantea como segunda solución una barrera que evite el contacto del agua sobre los adobes convencionales. Dicha barrera está compuesta por una zona tarrajada de 0.50 m de altura y 1.50 cm de espesor en todo el perímetro del muro, de tal forma que proteja el área en contacto directo con el agua, la cual abarca una altura igual al doble del nivel de agua producto de la inundación simulada.

❖ Características del muro con recubrimiento de tierra y asfalto

El muro M3 fue construido íntegramente con adobes convencionales bajo los mismos lineamientos del Muro Patrón MP. Este muro plantea como primera solución una barrera que evite el contacto del agua sobre los adobes convencionales. Dicha barrera está compuesta por una zona tarrajada de 0.50 m de altura y 1.50 cm de espesor en todo el perímetro del muro, de tal forma que proteja el área en contacto directo con el agua, la cual abarca una altura igual al doble del nivel de agua producto de la inundación simulada.

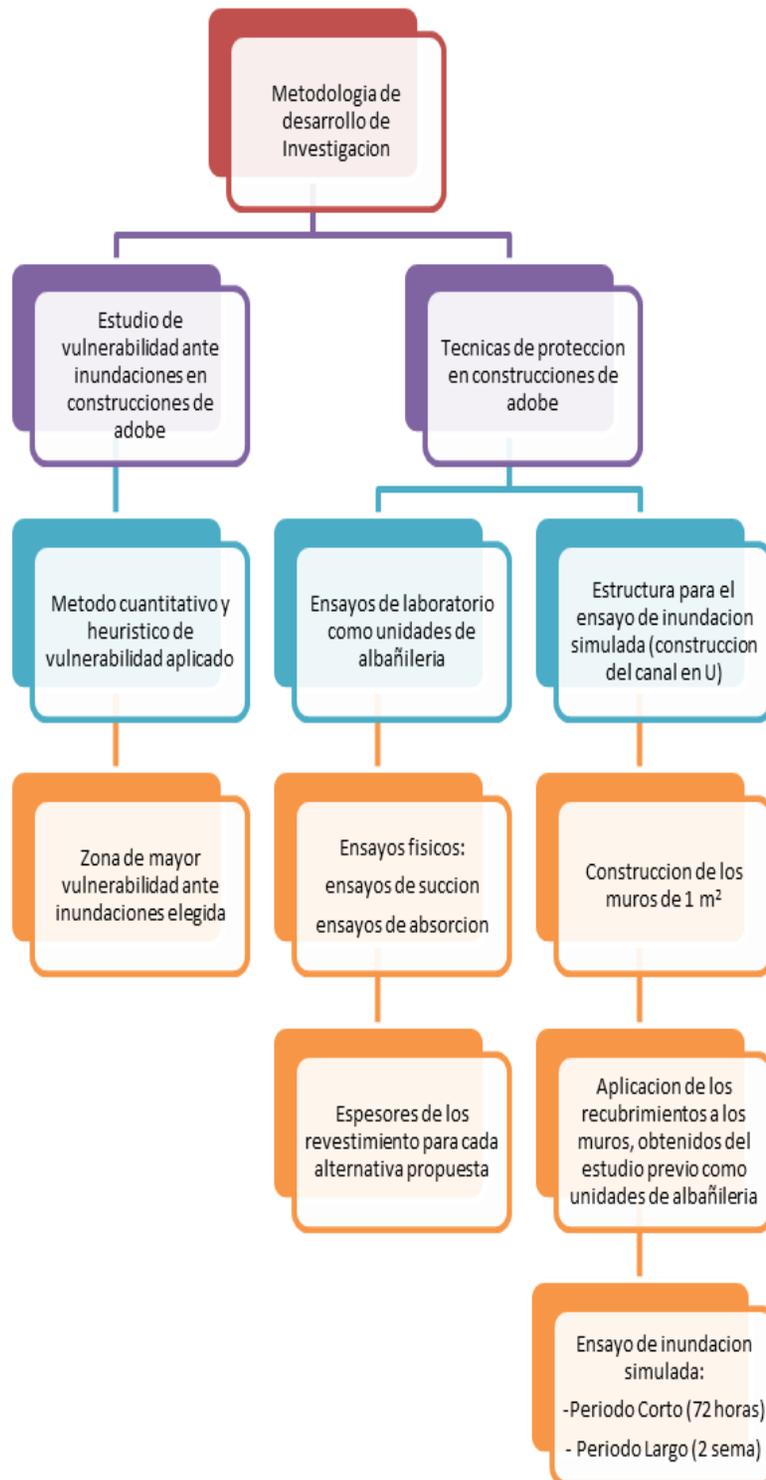


Figura 4: Esquema del procedimiento.



### *Pruebas en unidades de albañilería de adobe*

Las pruebas realizadas constituyen índices que nos permiten comprender y comparar el comportamiento de las unidades ante la exposición de agua. Para tal fin nos basamos en las pruebas de Succión y de Absorción descritas en la NTP 399.613, la cual detalla los métodos de muestreo y ensayos en ladrillos de arcilla.

Cabe destacar y advertir que estos procedimientos fueron concebidos para ladrillos de arcilla consolidadas por medios físicos en materiales de características muy diferentes a las unidades de adobe. Esto fue debido a que la Norma Técnica Peruana E.080 no especifica procedimientos para el ensayo y muestreo de unidades de adobe para las pruebas citadas, por lo cual tuvimos que adaptar dichos ensayos observando sus alcances y limitaciones en unidades de adobe.

#### **A. Prueba de Succión**

La Prueba de Periodo Inicial de Absorción, o Succión, se basa en la NTP 399.613 acápite 11 y tiene por objetivo obtener el índice de absorción temprana del espécimen ensayado; es decir, la cantidad de agua que la unidad de adobe puede absorber en un periodo normado de  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ . En primer lugar, se somete a los especímenes a un secado uniforme en horno estándar por un tiempo de 24 horas a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ . Este procedimiento se realiza con la finalidad de eliminar la humedad natural contenida en dichos especímenes con la finalidad de que los resultados estén determinados únicamente por el agua absorbida de la bandeja, eliminando el factor de humedad natural del espécimen.

#### **B. Prueba de absorción**

La Prueba de Absorción se basó en la NTP 399.613 y tiene por objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua. Las unidades designadas para la prueba serán sometidas a un secado uniforme en un horno estándar por un lapso de 24 horas a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### *Pruebas en muros de adobe*

Se siguieron los lineamientos estipulados en este acápite para obtener la capilaridad y absorción de cada muro, así como su desempeño ante el ensayo simulado a altas cantidades de



agua. Dado que no se tiene normativa acerca del presente ensayo, se tomó como base la técnica de ensayo utilizada por Ing. Ángel San Bartolomé, es su artículo de investigación: Mejoramiento de las Viviendas de Adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones.

Después de 28 días de haberse construido los cuatro muros, fueron sometidos a una inundación simulada mediante el siguiente protocolo:

1. Para medir la cantidad de agua absorbida por cada muro, se usó una regla de medición inversa en cada sector del canal, con divisiones cada centímetro y con una altura total de 30 centímetros.
2. Para medir la cantidad de agua que sube a través de cada muro por capilaridad, se marcaron niveles horizontales espaciados a 5cm en cada muro.
3. Se inundaron los cuatro sectores del canal por separado con un volumen conocido de agua.
4. Desde el momento inicial de inundación se definieron dos periodos:
5. Periodo Corto de Inundación (PCI): hasta cumplir 72 horas de inundación.
6. Periodo Prolongado de Inundación (PPI): desde el final del PCI hasta cumplir 16 días de inundación.
7. Durante el Periodo Corto de Inundación la base del muro pasa de un estado de humedad natural a un estado de saturación. De no soportar este período se considera que el muro no resiste la inundación. Este periodo intenta representar una inundación por crecida de ríos en la cual la reposición de agua es constante.
8. Durante el Periodo Prolongado de Inundación se entiende que la base del muro se encuentra saturada y que sobrevivió al ambiente agresivo. De colapsar un muro durante este periodo se considerará que es resistente a la inundación, pero como producto de esta, sufre daños irreparables por erosión que conllevan a descartar la solución empleada. Este periodo intenta representar la evaporación paulatina del agua y el desaguado de la inundación. Cualquier muro que se mantenga en pie luego de este periodo, se considerará como exitoso en cuanto a la mejora empleada.
9. Durante el Periodo Corto de Inundación se realizaron mediciones de absorción y



capilaridad cada hora y cada 24 horas se repuso el volumen de agua perdida por absorción de los muros y evaporación. Durante este periodo se usó una filmadora de manera continua para registrar el instante de colapso del muro.

10. Durante el Periodo Prolongado de Inundación se realizaron mediciones de absorción y capilaridad cada 24 horas. Cada semana se repuso el volumen de agua perdida por absorción de los muros y evaporación. Durante este periodo se dilataron los tiempos de medición y reposición de agua, por lo que no fue filmado, sólo fue documentado mediante fotografías y mediciones diarias.
11. Concluido el ensayo se derrumbaron los muros desde la hilada superior, llevando un registro fotográfico de una unidad por cada 2 hiladas para documentar su consistencia al tacto y observar cuán húmedo se encontraba su núcleo al partirla en dos.
12. De este ensayo se obtendrá:
  - a) Tiempo de resistencia de cada muro a la inundación.
  - b) Gráficas Tiempo vs. Altura de capilaridad.
  - c) Gráficas Tiempo vs. Altura de agua absorbida.

## 2.4. Operacionalización de variables.

Tabla 7:

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>Vulnerabilidad ante Inundaciones</b>	Factor del riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural.	Se presentan dos tipos de metodologías para el análisis de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones: uno cualitativo y el otro heurístico.	Vulnerabilidad interna	Ubicación	Zona de más alto riesgo
				Estado de conservación	Antigüedad de la construcción
				Tipo de suelo	Suelos arcillosos, arenosos o expansivos
				Obras de protección	Con o sin revestimiento
			Vulnerabilidad externa	Exposición	Lluvias, desbordes de río, etc.
				Capacidad de control	Estable o No Estable
<b>Alternativas de Protección</b>	Procedimiento final de la edificación que consiste en el recubrimiento de los muros de adobe con el objetivo de darle protección contra agentes externos y para darle acabado.	Está referido a la protección que se les dará a los muros para las cuales se aplicará tres técnicas: M1: Revestimiento de Mortero de Cemento M2: Revestimiento con Tierra Estabilizada con Ceniza Volante M3: Revestimiento con Tierra y Asfalto	Propiedades Físicas	Ensayo de absorción	Obtención del mejor espesor para el revestimiento de los muros
				Ensayo de succión	
			Inundación simulada Periodo Corto	Ensayo de capilaridad	Medición en centímetros a través de una mira
				Ensayo a altas cantidades de agua (inundación)	Resistencia a la erosión del agua
			Inundación simulada Periodo Largo		

## Resultados

### 3.1. Estudio de Vulnerabilidad

En la tabla 9 se presenta los resultados del estudio de vulnerabilidad con su respectivo índice.

Tabla 8:

*Zonas con Mayor índice de Vulnerabilidad*

SECTOR	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	Muy Alta	Alta	Media	Baja
<b>Laredo</b>	X			
<b>El Porvenir</b>	X			
<b>La Esperanza</b>	X			
<b>Mampuesto</b>	X			
<b>Alto Trujillo</b>	X			
Rinconada		X	X	
El Golf				X
El Bosque		X		X
Santa María				X
Otros				X

### 3.2. Ensayos Físicos de Unidades de Adobe

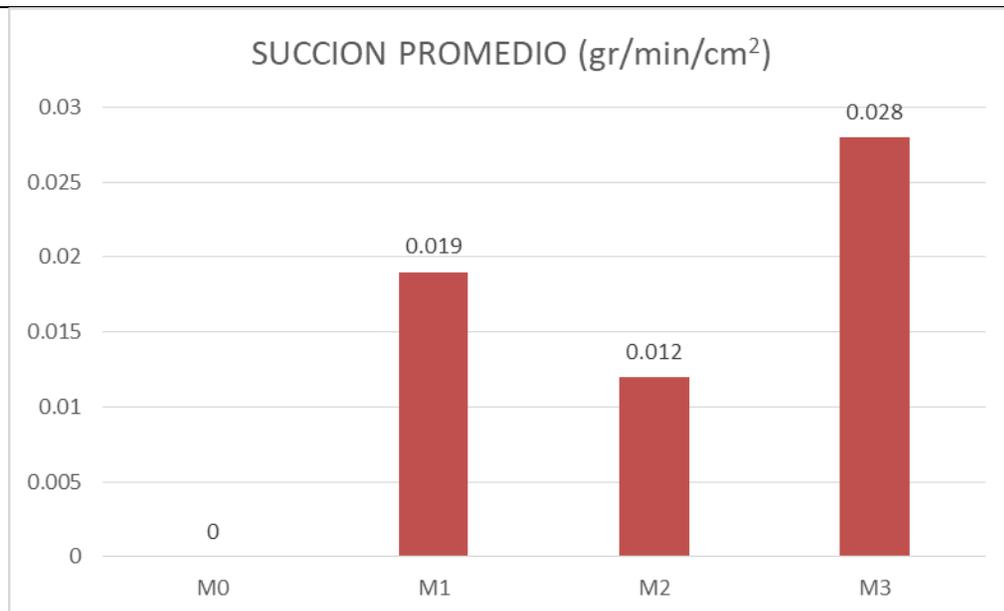
#### 3.2.1. Prueba de Succión

En la tabla 10 y en las Gráfica 10 se presenta los resultados promedios de las pruebas de succión para las tres técnicas y de las muestras del muro patrón.

Tabla 9:

*Resultado final promedios del Ensayo de Succión*

TECNICA	SUCCION PROMEDIO (gr/min/cm <sup>2</sup> )
M <sub>0</sub> ADOBE CONVENCIONAL SIN RECUBRIMIENTO	-
M <sub>1</sub> ADOBE CON REVESTIMIENTO DE LECHADA DE CAL Y MORTERO DE CEMENTO	0.019
M <sub>2</sub> ADOBE CON REVESTIMIENTO DE TIERRA CON ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE	0.012
M <sub>3</sub> ADOBE CON REVESTIMIENTO DE TIERRA CON ASFALTO	0.028



*Gráfica 1: Succión Promedio*

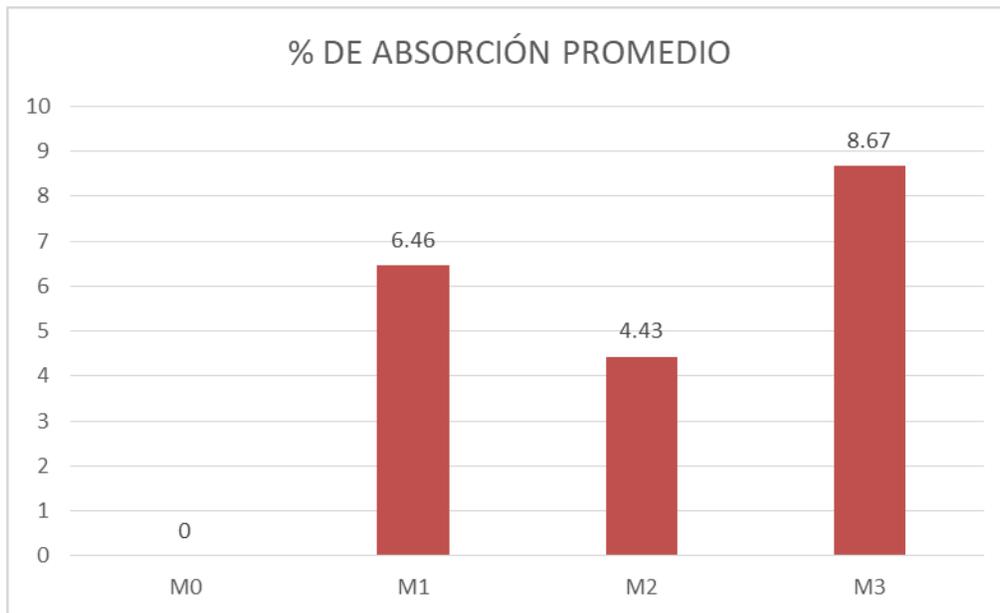
### 3.2.2. Prueba de Absorción

En la tabla 11 y en las Gráfica 11 se presenta los resultados promedios de las pruebas de succión para las tres técnicas y de las muestras del muro patrón.

Tabla 10:

Resultado final promedios del Ensayo de Absorción

	TECNICA	% DE ABSORCIÓN PROMEDIO
M <sub>0</sub>	ADOBE CONVENCIONAL SIN RECUBRIMIENTO	-
M <sub>1</sub>	ADOBE CON REVESTIMIENTO DE LECHADA DE CAL Y MORTERO DE CEMENTO	6.46
M <sub>2</sub>	ADOBE CON REVESTIMIENTO DE TIERRA CON ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE	4.43
M <sub>3</sub>	ADOBE CON REVESTIMIENTO DE TIERRA CON ASFALTO	8.67



Grafica 2: Absorción Promedio

### 3.3. Ensayo a altas cantidades de agua para los 4 muros

Dado que el Muro M<sub>0</sub> se tomó como muro patrón, solo se compararán los 3 muros restantes. Para esto se elaborarán las siguientes gráficas.

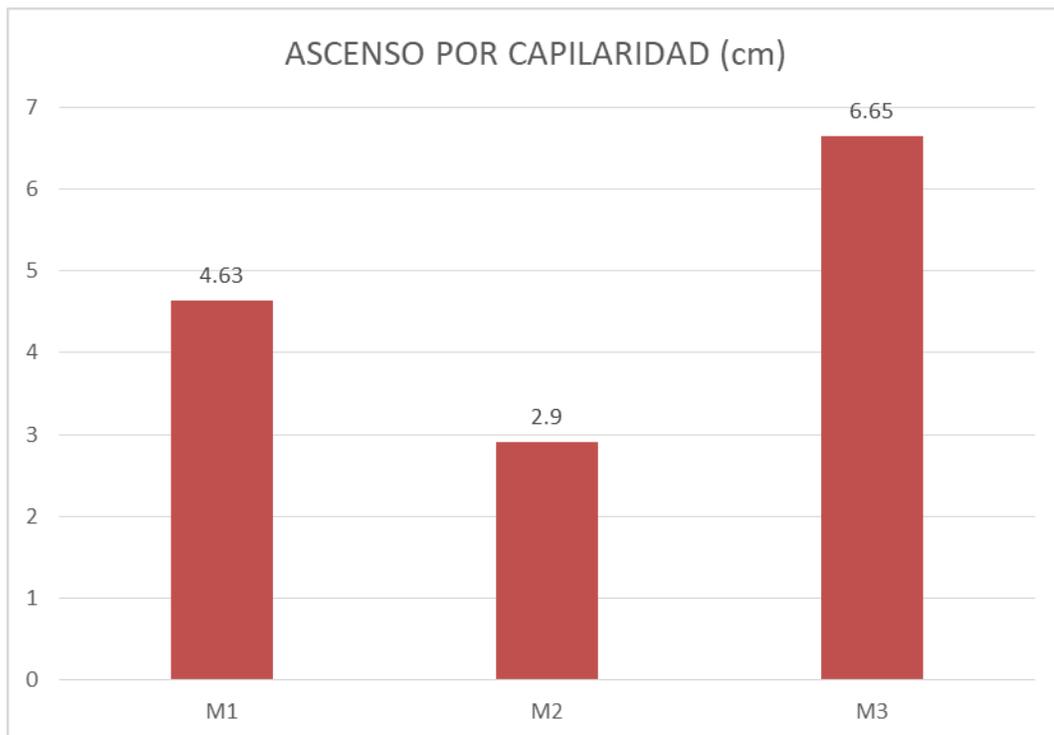
- Comparativo de gráficas de capilaridad durante el Ensayo Total.
- Comparativo de gráficas de absorción acumulada durante el Ensayo Total.

- Comparar el deterioro de los muros, se realizó una comparación por el tiempo que duraron los muros en pie.

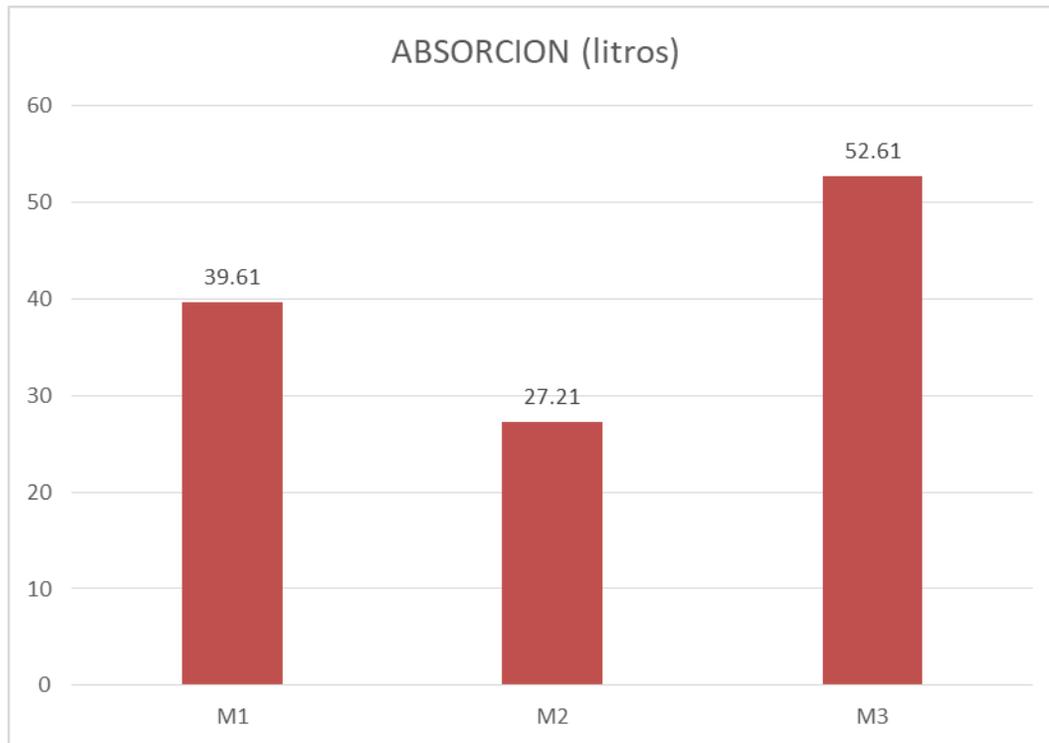
Tabla 11:

*Resumen del Ensayo a altas cantidades de agua*

MUESTRA	FECHA	ASCENSO POR CAPILARIDAD (cm)	CAPILARIDAD PROMEDIO (cm)	ABSORCION (litros)	ABSORCION PROMEDIO
M <sub>1</sub>	03/11/2017	4.65	4.63	38.70	39.61
	22/11/2017	4.60		40.52	
M <sub>2</sub>	03/11/2017	3.00	2.90	26.61	27.21
	22/11/2017	2.80		27.82	
M <sub>3</sub>	03/11/2017	6.70	6.65	52.01	52.61
	22/11/2017	6.60		53.22	



*Grafica 3: Ascenso por capilaridad*



## Discusión

De la tabla 9 obtenemos que el nivel predominante del material es ADOBE, mientras que el Sector más afectado es El parque Industrial en el distrito La Esperanza, es de aquí de donde se tomó la muestra de los adobes que se utilizan para la realización de los ensayos tanto como unidad de albañilería y también en la construcción de muros para la realización de los ensayos posteriores a este primer estudio descriptivo.

En la Tabla 10 observamos que, en la prueba de succión en unidades de adobe, la técnica M2 tuvo una menor succión de 0.012 gr/min/cm<sup>2</sup>, a comparación de las otras 2 técnicas ensayadas. En la muestra M0 en la que no se aplicó ninguna técnica, no se pudo medir la succión, ya que cuando hizo contacto con el agua, se desprendió parte de la muestra y a la hora de pesar mostraba un peso menor a la inicial.

En el Tabla 11 observamos que, en la prueba de absorción en unidades de adobe, la técnica M2 tuvo un comportamiento favorable, obteniendo una menor absorción de 4.43%, a comparación de las otras 2 técnicas ensayadas. En la muestra M0 en la que no se aplicó ninguna técnica, no se pudo medir el porcentaje de absorción, ya que cuando hizo contacto con el agua, la muestra se desmorono totalmente a los 10 minutos.

En ambas pruebas podemos notar de que el adobe tarrajado con la técnica M2 superó ampliamente al adobe tarrajado M1 y M3, al succionar y absorber menor cantidad de agua, requisito indispensable para mejorar su comportamiento ante la exposición de lluvias, en tanto que el adobe convencional no aprobó ninguno de estos ensayos y terminó desintegrándose.

Al comparar los resultados de prueba de succión en las unidades de adobe, (Gráfica 10). Obtenemos la relación de capilaridades es 1.5:1:2.25 para los muros M1, M2, M3, respectivamente. Por lo tanto, se afirma que el ascenso por capilaridad en el ensayo simulado a altas cantidades de agua en los muros se valida con el ensayo de succión en unidades de adobe. Finalmente, podemos concluir que los adobes tarrajados con tierra y ceniza volante, presentaron un mejor desempeño al presentar el menor ascenso capilar de 0.8 cm.

Al comparar las gráficas de absorción durante el ensayo simulado a altas cantidades de agua (Gráfica 13) obtenemos que la relación de absorciones al finalizar el ensayo es de: 1.46:1:1.93 para los muros M1, M2, M3. Por otra parte, los resultados obtenidos en la prueba



de absorción de unidades (Gráfica 11) señalan un registro de la capacidad de absorción del 6.46% en el caso de adobes tarrajeados con lechada de cal y mortero de cemento, 4.43% para adobes tarrajeados con tierra y ceniza volante, y del 8.67% para adobes tarrajeados, con tierra y asfalto, lo cual obtenemos la relación 1.46:1:1.96, la cual es aproximadamente la misma relación 1.46:1:1.93 para los muros M1, M2, M3 respectivamente, observada durante el ensayo simulado a altas cantidades de agua. Por lo tanto, se afirma que la absorción en el ensayo simulado a altas cantidades de agua en los muros se valida con el ensayo de absorción en unidades de adobe.



## Conclusiones

1. Se determinó que la mejor alternativa de protección en construcciones de adobe, con mejores resultados contra el colapso por inundación prolongada fue la utilización de un tarrajeo con tierra y ceniza volante en los muros de adobe convencional, con un peralte que sea 30 cm mayor que la altura de agua esperada. En esta técnica sólo se observó un ascenso de agua por capilaridad de 5 cm, que no llegó a afectar ningún adobe.
2. Se realizó el estudio de vulnerabilidad ante inundaciones en la ciudad de Trujillo, determinándose que la provincia de Trujillo presenta zonas propensas a las inundaciones y la zona con un mayor índice de vulnerabilidad es la Zona del Parque Industrial. Este estudio permitió entender el panorama de vulnerabilidad y riesgo que presenta Trujillo, llegándose a la conclusión que las construcciones de adobe precarias aumentan en gran medida el índice de vulnerabilidad.
3. 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. Obviamente el tiempo señalado dependerá del grosor y de la consistencia del adobe. Por lo tanto, se debe evitar el uso del adobe convencional en zonas donde la probabilidad de ocurrencia de inundaciones sea elevada.
4. Si nos enfocamos en una solución acorde con la realidad peruana y considerando que el construir un muro con sobrecimiento de concreto simple representa una inversión 1.87 veces mayor en relación al costo de un muro sin refuerzos, concluimos que, de las dos propuestas restantes, la solución tarrajeo con tierra y ceniza volante de la base proporcionó mejores resultados al presentarse menor ascenso de agua por capilaridad y menor agua de absorción. Incluso la solución tarrajeo, a pesar de que su costo sea mayor, podría aplicarse a viviendas existentes.
5. Desde el punto de vista económico la mejor alternativa de protección sigue siendo el recubrimiento de tierra con ceniza volante, ya que este por ser un material de desecho no presentará un cargo económico para los pobladores que decidan usarlo como recubrimiento en las construcciones de adobe.



## Recomendaciones

1. Como recomendación al cuerpo de investigadores en un futuro, se plantea profundizar la investigación en adobes estabilizados. La actual NTP E.0.80 no proporciona alcances acerca de las propiedades físicas de los adobes estabilizados, las cuales serían útiles con fines de diseño estructural. Se propone investigar el efecto de la proporción de cemento como elemento estabilizador, para de esta forma establecer una relación entre estabilidad, resistencia y costo.
2. A los investigadores en curso, se recomienda investigar la influencia del espesor del muro en relación a su resistencia al contacto directo con el agua. La presente investigación utilizó un ancho de 13 cm, el cual nos permitió trabajar al interior del canal de concreto, no obstante, las construcciones tradicionales presentan muros de 40 cm de espesor promedio, con lo cual podemos inferir que éstos presentarán un mejor desempeño ante la agresión del agua desconociéndose la magnitud de éste.
3. Tras corroborar su alta vulnerabilidad al agua ante condiciones de exposición a corto plazo, se recomienda que las viviendas de adobe convencional que no cuenten con un adecuado sistema de protección contra la erosión del agua, no sean construidas en lugares con alta probabilidad de inundaciones tales como las riveras de ríos, ya que el menor desembalse de los mismos producto de lluvias excesivas, se producirían daños graves o el colapso de la estructura. Se recomienda como medida mitigadora y preventiva de inundaciones, proteger la base perimetral de los muros que podrían entrar en contacto con el agua, que tenga por lo menos una altura igual a la altura de agua esperada más 30 cm adicionales.
4. En vista que el Ensayo de Inundación de Muros presentó la limitante de considerar únicamente el peso propio del muro, se propone realizar una investigación que cuantifique la resistencia de los muros inundados simulando una carga real proveniente de los elementos que comúnmente soportan este tipo de estructuras (techos, losas, cargas vivas, etc.). Lógicamente al debilitarse los adobes expuestos al agua, su resistencia a compresión decrecerá y serán menos estables cuanto mayor peso exista.



5. Cuantificar la capacidad de recuperación de la estructura después de concluida la inundación, para determinar si es posible que la estructura recupere sus características físicas iniciales y a la vez consideramos que el complemento ideal a la presente investigación sería el estudio en detalle de la capacidad portante de las estructuras de adobe tras haber sido expuestas al agua en intervalos de tiempo definidos, con la finalidad de establecer una relación directa entre el porcentaje de agua contenida o niveles de saturación con la variación de su resistencia a compresión, para de esta forma predecir el tiempo que le tomará a la estructura alcanzar una capacidad portante crítica y de esta forma definir rango de tiempo para tomar medidas contra el agente agresor (agua de inundaciones), o en su defecto, el tiempo pertinente para evacuar la estructura.



## Referencias Bibliográficas

- 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 contruidos 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: Repdes.



- 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). *Construcción de Albañilería -Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica 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*.

## Anexos

### Anexo I: Dimensionamiento de muros a elaborar para prueba de inundación simulada.

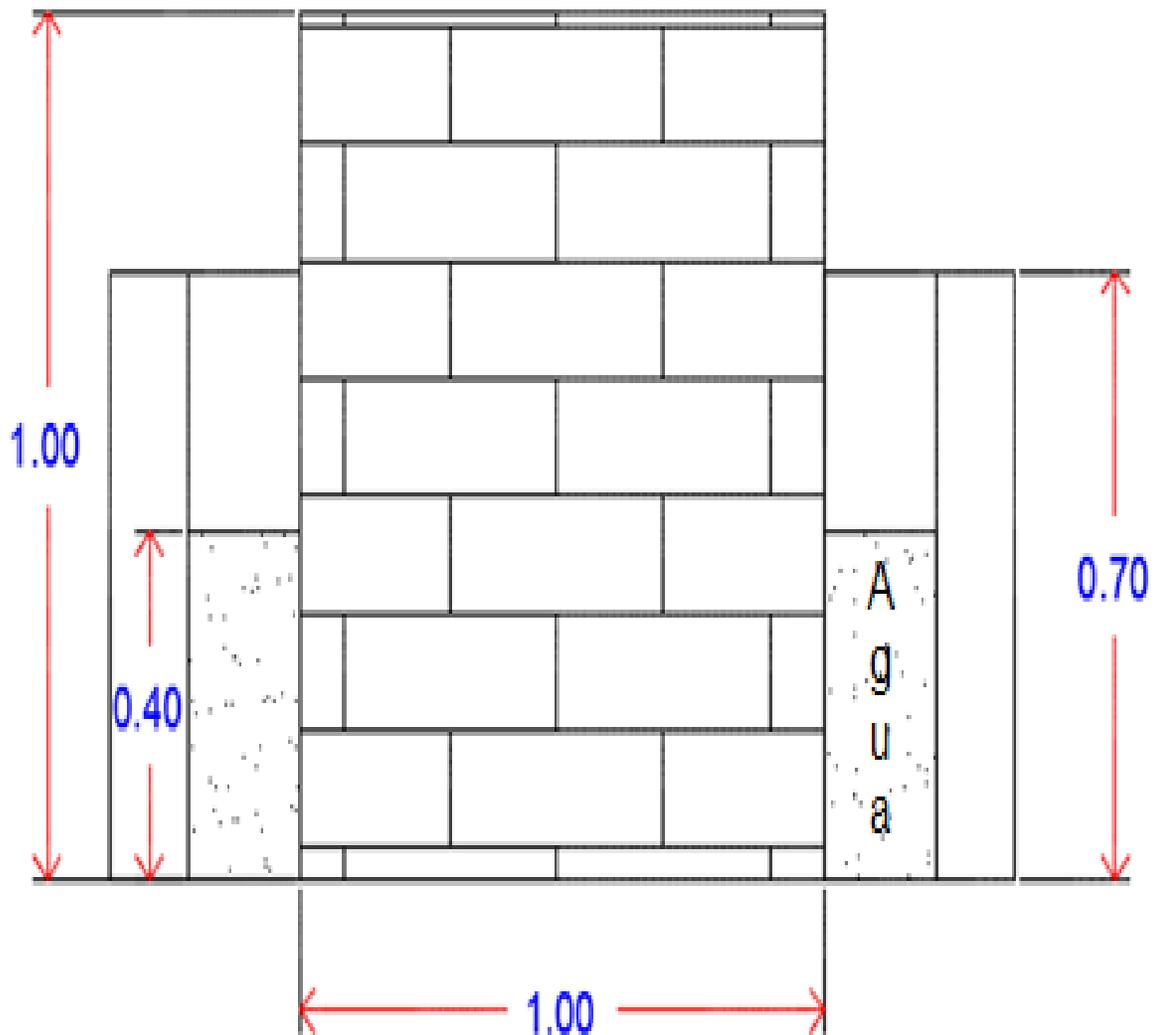


Figura 5: Diseño de muro.

## Anexo II: Elaboración de adobes artesanales.



*Figura 6: Elaboración de adobes.*

## Anexo III: Procedimiento de secado al aire libre de adobes



*Figura 7: Procedimiento de secado.*

#### Anexo IV: Ubicación de adobera de elección.



*Figura 8: Ubicación de la Adobera.*

**Anexo V: Plano en planta de estructura de inundación simulada.**

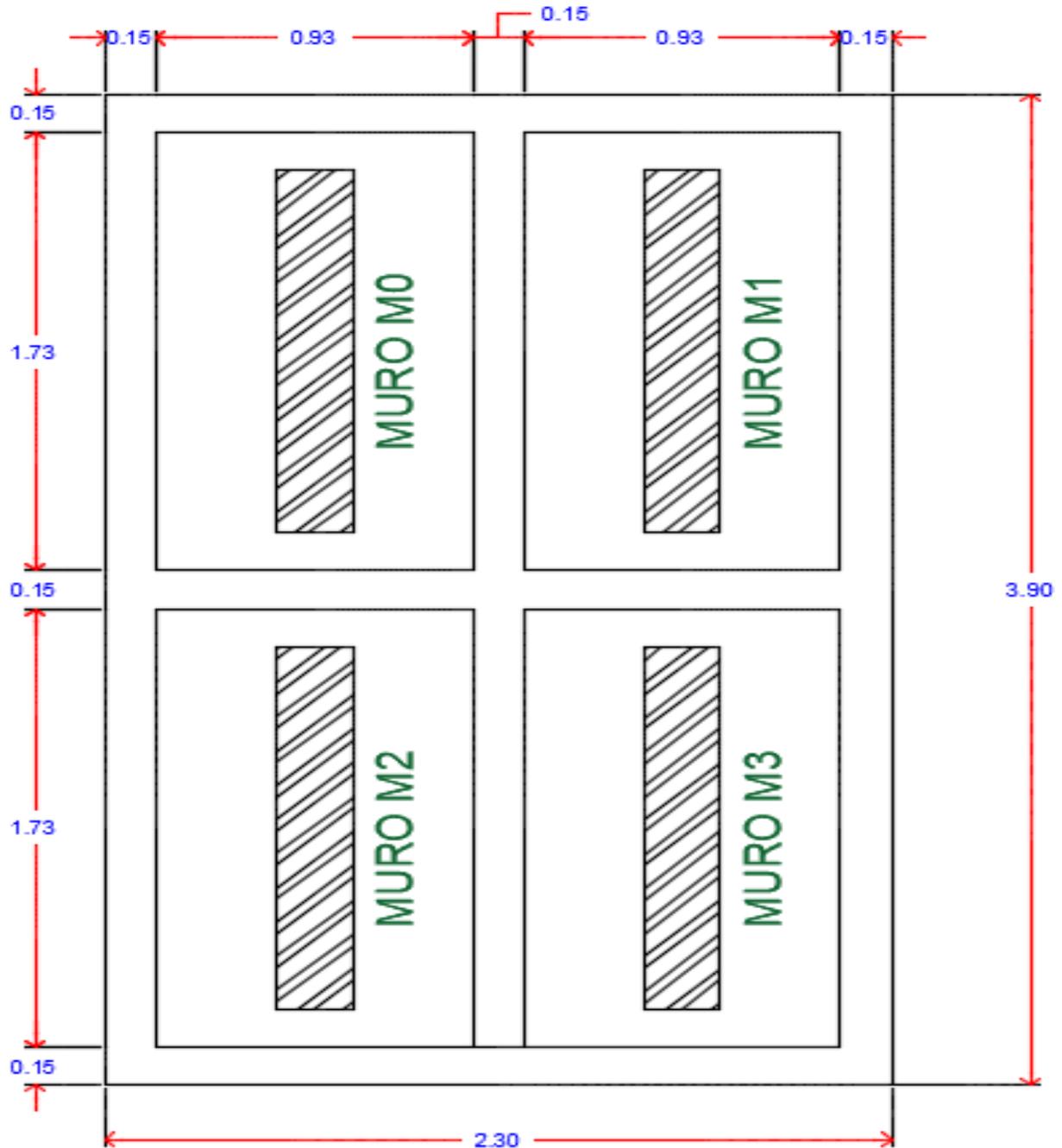
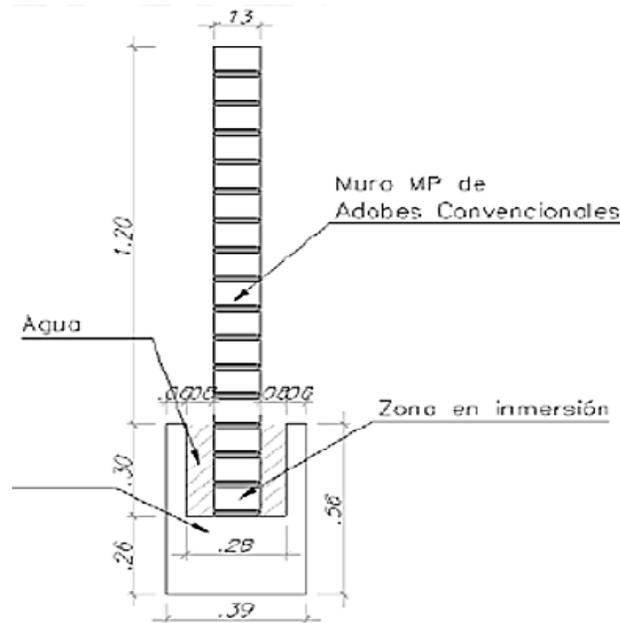


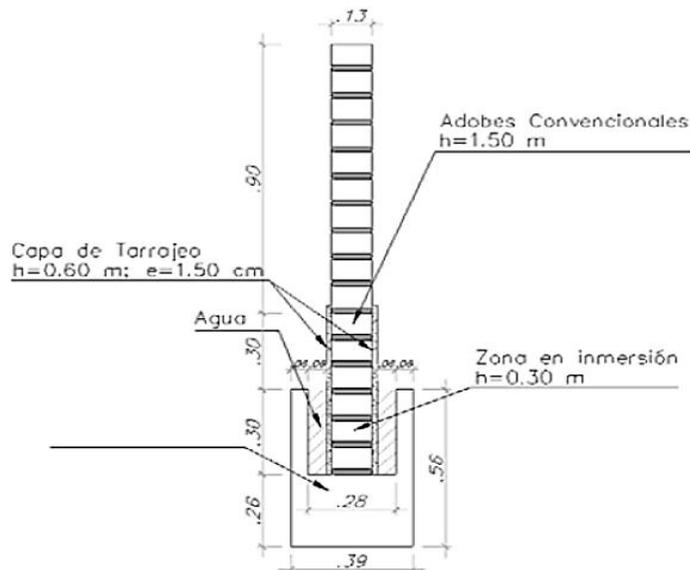
Figura 9: Plano de la estructura a utilizar para el ensayo de inundación.

**Anexo VI: Cortes de ensayo de inundación simulada.**



**CORTE MP**

*Figura 10: Corte del muro patrón.*



*Figura 11: Corte del muro con revestimientos de cemento.*



**Anexo VII: Metodología de análisis de vulnerabilidad ante inundaciones.**

**METODOLOGÍA CUALITATIVA:  
VARIABLES E INDICADORES CRÍTICOS ANTE  
INUNDACIONES**

Variable	Indicador crítico
Materiales de construcción	Adobe o quincha
Estado de conservación	Malo y Muy Malo
Emplazamiento al borde del río	Si
Zonas bajas respecto a la vía	Si

**METODOLOGÍA CUALITATIVA: MATRIZ DE VARIABLES ANTE INUNDACIONES**

Zona de Amenaza (Peligro)	Vulnerabilidad ante Inundaciones				Nivel de Vulnerabilidad y Riesgo
	Materiales	Estado de Conservación	Emplazamiento borde del río	Zonas bajas respecto a la vía	
Muy Alto					Muy Alta
Alto					Alta
Medio					Media

**METODOLOGÍA CUALITATIVA  
MATRIZ DE NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES**

SECTOR	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	Muy Alta	Alta	Media	Baja

**METODOLOGÍA HEURÍSTICA:  
PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD DE LAS  
EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES**

VARIABLES DE VULNERABILIDAD		Materiales	Estado de Conservación	Emplazamiento borde del río	Zonas bajas respecto a la vía
PONDERACIÓN (P)		6	4	10	10
VALOR (V) (De los Indicadores)	4	Muy Alto	Adobe	Muy Malo	Si
	3	Alto	Quincha	Malo	--
	2	Medio	Adobe reforzado	Regular	--
	1	Bajo	Ladrillo	Bueno	NO

**METODOLOGÍA HEURÍSTICA:  
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES  
ANTE INUNDACIONES**

NIVELES DE VULNERABILIDAD		RANGOS
Muy Alto	4	De 98 a 120
Alto	3	De 75 a 97a
Medio	2	De 53 a 74
Bajo	1	De 30 a 53

### METODOLOGÍA HEURÍSTICA: NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES

NIVELES DE VULNERABILIDAD			RANGOS
Muy Alto	4		De 98 a 120
Alto	3		De 75 a 97a
Medio	2		De 53 a 74
Bajo	1		De 30 a 53

### MATRIZ DE CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA

N°	NOMBRE	DIRECCIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										ORGANIZACIÓN									
			Capacidad			Materiales			Estado de Conservación				ÁREA (m2.)		Organización (Comité)		Capacitación (simulacros)		Seguro			
			Médicos	Numero de camas	Personal de servicio y seguridad	Adobe simple	Adobe reforzado	Concreto	Buena	Regular	Mala	Muy mala	N° de Pisos	Terreno	Edificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	

### MATRIZ DE CARACTERÍSTICAS DE LOS LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA: INSTITUCIONES EDUCATIVAS

N°	NOMBRE	DIRECCION	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS													ORGANIZACIÓN										
			NIVEL				CAPACIDAD				MATERIALES			Estado de Conservación		N° DE PISOS	ÁREA (m2.)		Organización (Comité ante desastres)		Capacitación (simulacros)		Seguro			
			Inicial	Primaria	Secundaria	Superior	Alumnos	Docentes	Adm.	TOTAL	Adobe simple	Adobe reforzado	Concreto	Buena	Regular		Mala	Muy mala	Terreno	Edificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO







**Anexo VIII: Ficha de toma de datos del ensayo de succion**

ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO, PROVINCIA DE TRUJILLO

**FECHA:**

**RESPONSABLES:**

**TIPO DE TÉCNICA:**

Muestra	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso con agua absorbida (gr)	Agua absorbida (gr)	Succión (gr/min/cm <sup>2</sup> )	Succión promedio (gr/min/cm <sup>2</sup> )



**Anexo IX: Ficha de toma de datos del ensayo de absorción**

ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO, PROVINCIA DE TRUJILLO

**FECHA:**

**RESPONSABLES:**

**TIPO DE TÉCNICA:**

Muestra	Peso húmedo (gr)	Peso seco Wd (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Densidad humedad $\gamma^h$ (gr/cm <sup>2</sup> )	Densidad seca $\gamma^d$ (gr/cm <sup>2</sup> )	Humedad (%)	Densidad humedad $\gamma^h$ promedio (gr/cm <sup>2</sup> )	Densidad seca $\gamma^d$ promedio (gr/cm <sup>2</sup> )	Humedad Promedio (%)

Muestra	DIMENSIONES ANTES DE LA PRUEBA			DIMENSIONES DESPUES DE LA PRUEBA		
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)

Muestra	Peso seco Wd (gr)	Peso saturado Ws (gr)	% Absorción	% Absorción Promedio



**Anexo XI: Resultados del Análisis de Vulnerabilidad Ante Inundaciones.**

**Cuadro de Determinación de Vulnerabilidad por Sectores en la Provincia de Trujillo**

SECTOR	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	Muy Alta	Alta	Media	Baja
<i>Laredo</i>	X			
<i>El Porvenir</i>	X			
<i>La Esperanza</i>	X			
<i>Mampuesto</i>	X			
<i>Alto Trujillo</i>	X			
Rinconada		X	X	
El Golf				X
El Bosque		X		X
Santa María				X
Otros				X

**Cuadro de ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones**

VARIABLES DE VULNERABILIDAD		Materiales	Estado de Conservación	Emplazamiento borde del río	Zonas bajas respecto a la vía	
PONDERACIÓN (P)		6	4	10	10	
VALOR (V) (De los Indicadores)	4	Muy Alto	Adobe	Muy Malo	SI	SI
	3	Alto	Quincha	Malo	--	--
	2	Medio	Adobe reforzado	Regular	--	--
	1	Bajo	Ladrillo	Bueno	NO	NO

**Análisis de riesgo ante inundaciones de los principales sectores en la provincia de Trujillo**

N°	NOMBRE	NIVELES DE VULNERABILIDAD				NIVELES DE PELIGRO				NIVELES DE RIESGO			
		MA	A	M	B	MA	A	M	B	MA	A	M	B
1				2		4					3		
2					1			2					1
3					1			3					2
4					1			3					2
5					1			3					2
6					1			3					2
7	Municipalidad				1			3					2

El Nivel Predominante de material es ADOBE, mientras que el Sector más afectado: El parque Industrial-La Esperanza.

## Anexo XII: Resultados del ensayo de capilaridad

❖ M<sub>0</sub>: Muro Patrón

MUESTRA	CAPILARIDAD (cm)	PILARIDAD PROMEDIO
P1	3.25	3.90
P2	2.85	
P3	2.90	

❖ M<sub>1</sub>: Revestimiento de lechada de cal y mortero de cemento

MUESTRA	CAPILARIDAD (cm)	PILARIDAD PROMEDIO
B1	0.90	0.80
B2	0.80	
B3	0.70	

❖ M<sub>2</sub>: Revestimiento de tierra con adición de ceniza volante

MUESTRA	CAPILARIDAD (cm)	PILARIDAD PROMEDIO
C1	1.25	1.53
C2	2.05	
C3	1.30	

❖ M<sub>3</sub>: Revestimiento de tierra con asfalto RC-250

MUESTRA	CAPILARIDAD (cm)	PILARIDAD PROMEDIO
D1	1.00	0.95
D2	0.90	
D3	0.95	



### Anexo XIII: Resultados del ensayo de absorción

❖ M<sub>0</sub>: Muro Patrón

MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	DENSIDAD HUMEDA	DENSIDAD SECA	HUMEDAD	DENSIDAD HUMEDA Promedio	DENSIDAD SECA Promedio	HUMEDAD PROMEDIO
P1	17593.00	175453.90	37.66	23.80	12.20	1.60	1.58	0.8	1.60	1.58	0.82
P2	17625.80	17480.00	38.65	24.60	12.10	1.60	1.58	0.83			
P3	16233.40	16033.30	38.16	24.10	12.40	1.60	1.58	0.81			

MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	%ABSORCIÓN	%ABSORCIÓN PROMEDIO
P1	17453.90	-	-	-
P2	17480.00	-	-	
P3	18733.40	-	-	

❖ M<sub>1</sub>: Revestimiento de lechada de cal y mortero de cemento

MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	DENSIDAD HUMEDA	DENSIDAD SECA	HUMEDAD	DENSIDAD HUMEDA Promedio	DENSIDAD SECA Promedio	HUMEDAD PROMEDIO
B1	1545.20	17243.40	41.00	25.90	14.60	1.05	1.05	0.77	1.06	1.06	0.77
B2	17745.60	17615.00	41.40	27.15	15.00	1.05	1.04	0.74			
B3	17564.10	17443.00	41.60	27.00	15.00	1.05	1.054	0.80			

MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	%ABSORCIÓN	%ABSORCIÓN PROMEDIO
B1	17213.40	18316.5	6.41	6.46
B2	17612.00	18778,5	6.61	
B3	17589.10	18709.5	6.37	



❖ M<sub>2</sub>: Revestimiento de tierra con adición de ceniza volante

MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	DENSIDAD HUMEDA	DENSIDAD SECA	HUMEDAD	DENSIDAD HUMEDA Promedio	DENSIDAD SECA Promedio	HUMEDAD PROMEDIO
C1	1545.20	17243.40	41.00	25.90	14.60	1.05	1.05	0.77	1.06	1.06	0.77
C2	17745.60	17615.00	41.40	27.15	15.00	1.05	1.04	0.74			
C3	17564.10	17443.00	41.60	27.00	15.00	1.05	1.054	0.80			

MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	%ABSORCIÓN	%ABSORCIÓN PROMEDIO
C1	17213.40	18316.5	6.41	6.46
C2	17612.00	18778,5	6.61	
C3	17589.10	18709.5	6.37	

❖ M<sub>3</sub>: Revestimiento de tierra con asfalto RC-250

MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	DENSIDAD HUMEDA	DENSIDAD SECA	HUMEDAD	DENSIDAD HUMEDA Promedio	DENSIDAD SECA Promedio	HUMEDAD PROMEDIO
D1	17593.00	175453.90	37.66	23.80	12.20	1.60	1.58	0.8	1.60	1.58	0.82
D2	17625.80	17480.00	38.65	24.60	12.10	1.60	1.58	0.83			
D3	16233.40	16033.30	38.16	24.10	12.40	1.60	1.58	0.81			

MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	%ABSORCIÓN	%ABSORCIÓN PROMEDIO
D1	17213.40	18316.5	6.41	6.46
D2	17612.00	18778,5	6.61	
D3	17589.10	18709.5	6.37	



### Anexo XIV: Resultados del ensayo de Inundación Simulada en Muros

#### Inundación Simulada en el Muro Patrón MP

FECHA	HORA	N° DE HORAS TRANSCURRIDAS	ASCENSO POR CAPILARIDAD	DESCENSO POR ABSORCION	OBSERVACIONES
20/09/2017	09:00	0.00	0.00	0	
20/09/2017	10:00	0.33	1	2	

#### Inundación Simulada en el Muro 1

FECHA	HORA	N° DE HORAS TRANSCURRIDAS	ASCENSO POR CAPILARIDAD	DESCENSO POR ABSORCION	OBSERVACIONES
20/09/2017	09:00	0.00	0.00	3.50	
20/09/2017	10:00	1.00	5.00	6.50	
20/09/2017	11:00	2.00	6.30	6.80	
20/09/2017	12:00	3.00	7.50	7.00	
20/09/2017	13:00	4.00	8.50	7.10	
20/09/2017	14:00	5.00	9.50	7.20	
20/09/2017	15:00	6.00	10.50	7.50	
20/09/2017	16:00	7.00	11.50	7.80	
20/09/2017	17:00	8.00	12.50	8.00	
21/09/2017	09:00	0.00	20.50	4.00	
21/09/2017	10:00	1.00	21.50	4.00	
21/09/2017	11:00	2.00	22.00	4.20	
21/09/2017	12:00	3.00	23.00	4.40	
21/09/2017	13:00	4.00	23.50	4.60	
21/09/2017	14:00	5.00	24.00	4.70	
21/09/2017	15:00	6.00	24.50	4.80	
21/09/2017	16:00	7.00	28.50	4.80	
21/09/2017	17:00	8.00	29.00	5.00	
22/09/2017	09:00	0.00	30.50	3.80	
22/09/2017	10:00	1.00	31.50	3.90	
22/09/2017	11:00	2.00	32.00	4.00	
22/09/2017	12:00	3.00	32.00	4.00	
22/09/2017	13:00	4.00	32.50	4.00	
22/09/2017	14:00	5.00	32.50	4.00	
22/09/2017	15:00	6.00	32.50	4.50	
22/09/2017	16:00	7.00	36.00	4.80	
22/09/2017	17:00	8.00	36.00	3.80	

#### Inundación Simulada en el Muro 2



FECHA	HORA	N° DE HORAS TRANSCURRIDAS	ASCENSO POR CAPILARIDAD	DESCENSO POR ABSORCION	OBSERVACIONES
20/09/2017	09:00	0.00	0.00	3.50	
20/09/2017	10:00	1.00	5.00	6.50	
20/09/2017	11:00	2.00	6.30	6.80	
20/09/2017	12:00	3.00	7.50	7.00	
20/09/2017	13:00	4.00	8.50	7.10	
20/09/2017	14:00	5.00	9.50	7.20	
20/09/2017	15:00	6.00	10.50	7.50	
20/09/2017	16:00	7.00	11.50	7.80	
20/09/2017	17:00	8.00	12.50	8.00	
21/09/2017	09:00	0.00	20.50	4.00	
21/09/2017	10:00	1.00	21.50	4.00	
21/09/2017	11:00	2.00	22.00	4.20	
21/09/2017	12:00	3.00	23.00	4.40	
21/09/2017	13:00	4.00	23.50	4.60	
21/09/2017	14:00	5.00	24.00	4.70	
21/09/2017	15:00	6.00	24.50	4.80	
21/09/2017	16:00	7.00	28.50	4.80	
21/09/2017	17:00	8.00	29.00	5.00	
22/09/2017	09:00	0.00	30.50	3.80	
22/09/2017	10:00	1.00	31.50	3.90	
22/09/2017	11:00	2.00	32.00	4.00	
22/09/2017	12:00	3.00	32.00	4.00	
22/09/2017	13:00	4.00	32.50	4.00	
22/09/2017	14:00	5.00	32.50	4.00	
22/09/2017	15:00	6.00	32.50	4.50	
22/09/2017	16:00	7.00	36.00	4.80	
22/09/2017	17:00	8.00	36.00	3.80	

Inundación Simulada en el Muro 3



FECHA	HORA	N° DE HORAS TRANSCURRIDAS	ASCENSO POR CAPILARIDAD	DESCENSO POR ABSORCION	OBSERVACIONES
20/09/2017	09:00	0.00	0.00	3.50	
20/09/2017	10:00	1.00	5.00	6.50	
20/09/2017	11:00	2.00	6.30	6.80	
20/09/2017	12:00	3.00	7.50	7.00	
20/09/2017	13:00	4.00	8.50	7.10	
20/09/2017	14:00	5.00	9.50	7.20	
20/09/2017	15:00	6.00	10.50	7.50	
20/09/2017	16:00	7.00	11.50	7.80	
20/09/2017	17:00	8.00	12.50	8.00	
21/09/2017	09:00	0.00	20.50	4.00	
21/09/2017	10:00	1.00	21.50	4.00	
21/09/2017	11:00	2.00	22.00	4.20	
21/09/2017	12:00	3.00	23.00	4.40	
21/09/2017	13:00	4.00	23.50	4.60	
21/09/2017	14:00	5.00	24.00	4.70	
21/09/2017	15:00	6.00	24.50	4.80	
21/09/2017	16:00	7.00	28.50	4.80	
21/09/2017	17:00	8.00	29.00	5.00	
22/09/2017	09:00	0.00	30.50	3.80	
22/09/2017	10:00	1.00	31.50	3.90	
22/09/2017	11:00	2.00	32.00	4.00	
22/09/2017	12:00	3.00	32.00	4.00	
22/09/2017	13:00	4.00	32.50	4.00	
22/09/2017	14:00	5.00	32.50	4.00	
22/09/2017	15:00	6.00	32.50	4.50	
22/09/2017	16:00	7.00	36.00	4.80	
22/09/2017	17:00	8.00	36.00	3.80	