



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL ADOBE
SUMERGIDO EN LECHADA AGUA – CEMENTO Y LA NORMA E.080”**

Tesistas:

Bach. Ing. Civil

Bach. Ing. Civil

BECKER MORENO MORALES

BECKER SEBASTIÁN SALINAS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Huánuco-Perú

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL ADOBE
SUMERGIDO EN LECHADA AGUA – CEMENTO Y LA NORMA E.080”

Tesistas:

Bach. Ing. Civil

Bach. Ing. Civil

BECKER MORENO MORALES

BECKER SEBASTIÁN SALINAS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Huánuco-Perú

2017

MORENO MORALES, Becker

SEBASTIÁN SALINAS, Becker

Todos los derechos son reservados por los autores

“COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL ADOBE

SUMERGIDO EN LECHADA AGUA – CEMENTO Y LA NORMA E.080”

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme y protegerme durante toda los años de mi vida, y darme una vida maravillosa al lado de mis seres queridos.

Becker Moreno Morales

DEDICATORIA

A mis padres por darme la dicha de la vida, y conocer este mundo maravilloso.

Becker Sebastián Salinas.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres por sacarme adelante
a pesar de las inclemencias y necesidades.

Becker Moreno Morales

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes, personal técnico,
amigos de la facultad de ingeniería civil y
arquitectura, quienes directamente e
indirectamente apoyaron para la culminación
de este trabajo.

Becker Sebastián Salinas

RESUMEN

El desarrollo de la tesis se basa en comparar las propiedades físicas y mecánicas del adobe normal, y al sumergirlo en lechada Agua – Cemento con la cual verificaremos si mejora o no sus propiedades.

Primeramente cumplir con los requerimientos del reglamento E.080, para luego evaluar estas mismas en adobes sumergidos en lechada Agua – Cemento, es decir en cuanto aumenta o disminuye la resistencia a la compresión de unidades, compresión de pilas, tracción indirecta de muretes, absorción, densidad, succión.

El trabajo tiene como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas del adobe sumergido en lechada Agua – Cemento y la Norma E.080.

En dicho resultados se pudo constatar que los adobes sumergidos mejoran la propiedad del adobe normal, como absorción, succión, resistencia a la compresión, tracción indirecta de muros y pilas, en relación a su costo no es significativo, comparada a los beneficios que generan estas unidades.

SUMMARY

The development of the thesis is based on comparing the physical and mechanical properties of the normal adobe, and when immersing it in Water - Cement grout with which we will check whether or not it improves its properties.

First, to comply with the requirements of regulation E.080, and then to evaluate these same ones in adobes submerged in Water - Cement slurry, that is to say as it increases or decreases the resistance to the compression of units, compression of piles, indirect traction of walls, absorption , density, suction.

The objective of this work is to compare the physical and mechanical properties of submerged adobe in Water - Cement grout and Standard E.080.

These results show that submerged adobe improves the properties of normal adobe, such as absorption, suction, compressive strength, indirect traction of walls and piles, in relation to its structure is not significant, compared to the benefits generated by these units.

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	v
ÍNDICE	vi
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	xi
LISTA DE IMAGENES	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xii
LISTA DE TABLA.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
I.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA	2
I.1.1. ANTECEDENTES:	2
I.1.2. FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA:	3
I.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	5
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
I.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS GENERAL.....	5
I.4. UNIVESO, POBLACIÓN Y MUESTRA.....	6
1.4.1. DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACIÓN.....	6
1.4.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	6
I.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	6
I.6. LIMITACIONES.....	7

1.7. REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS.....	7
1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	8
1.8.1. ESFUERZO:.....	8
1.8.2. DEFORMACION:.....	8
1.8.3. RESISTENCIA:.....	8
1.8.4. FALLA EN UN MATERIAL:.....	9
1.8.5. MATERIAL FRÁGIL Y DÚCTIL:.....	9
1.9. MARCO SITUACIONAL.....	9
1.9.1. EL ADOBE EN HUÁNUCO:.....	9
1.10. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS	11
1.10.1. ADOBE:	11
1.10.2. MEJORAMIENTO DEL ADOBE:.....	13
1.10.3. CEMENTO PORTLAND:.....	14
1.10.4. EL AGUA:.....	18
1.10.5. LECHADA AGUA - CEMENTO:	19
1.11. HIPOTESIS,.....	20
1.11.1. HIPOTESIS GENERAL	20
1.11.2. HIPOTESIS NULA.....	20
1.12. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES.....	20
1.12.1. VARIABLES	20
1.13. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	21
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	22
2.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN:	23
2.1.1. TIPO DE INVESTIGACION:.....	23

2.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	23
2.2. MATRIZ DE CONSISTENCIA	24
2.3. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS	25
2.3.1. FUENTES, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:	25
2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS.....	25
2.4.1. DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES:	25
2.4.2. MÉTODOS:	25
2.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS:	28
2.4.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS:	28
2.4.5. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN:	28
2.5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.....	28
2.5.1. POTENCIAL HUMANO.....	28
2.5.2. RECURSOS MATERIALES.....	29
2.5.3. RECURSOS FINANCIEROS	29
2.6. SELECCIÓN DE LA TIERRA Y PREPARACIÓN DEL ADOBE.....	30
2.6.1. ADOBE:.....	30
2.6.2. SELECCIÓN DE MUESTRA	31
2.7. PROTOCOLOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICOS DEL ADOBE NORMAL Y SUMERGIDO EN LECHADA AGUA – CEMENTO.	38
2.7.1. NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORSADA:.....	38
2.7.2. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS FÍSICO – MECÁNICOS.	39
CAPÍTULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	57

3.1.1. MUESTRAS A ENSAYAR	57
3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	58
3.2.1. RELACIÓN ÓPTIMA AGUA CEMENTO:.....	58
3.2.2. TIEMPO ÓPTIMO DE SUMERSIÓN DEL ADOBE EN LA LECHADA AGUA – CEMENTO:	60
3.2.3. DENSIDAD:	62
3.2.4. SUCCIÓN:.....	65
3.2.5. ABSORCIÓN:.....	68
3.2.6. COMPRESIÓN (UNIDAD):	70
3.2.7. TRACCIÓN (PARA EL MORTERO):.....	73
3.2.8. COMPRESIÓN (PILAS):	76
3.2.9. TRACCIÓN INDIRECTA (MURETES):	78
3.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	82
3.3.1. DENSIDAD:	82
3.3.2. SUCCIÓN.....	83
3.3.3. ABSORCIÓN.....	83
3.3.4. ENSAYO A COMPRESIÓN DE UNIDADES.....	84
3.3.5. ENSAYO A TRACCIÓN DEL MORTERO:.....	86
3.3.6. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PILAS:	88
3.3.7. ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA DE MURETES.....	91
3.3.8. ANÁLISIS DE COSTOS.....	95
CONCLUSIONES.....	96
SUGERENCIAS	100
BIBLIOGRAFIA.....	102

ANEXOS	104
PANEL FOTOGRAFICO	105
RESULTADOS Y APUNTES DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.	122
COPIA DE RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PLAN DE TESIS. Y SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	141

LISTA DE FOTOGRAFÍAS.

Numero	Titulo	Pagina
1	Fabricación del adobe	30
2	Adobe de prueba (prueba de resistencia)	36
3	Identificación de las muestras.	57
4	Sumersión del adobe en la lechada Agua - Cemento.	62
5	Ascenso capilar del agua en la muestra del adobe normal	67
6	Ascenso capilar del agua en l muestra de adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.	68
7	Adobe normal trascurrido 4:30 horas de sumergido en el agua.	70
8	Estado del adobe con lechada trascurrido 24 horas de sumersión en el agua.	71
9	Ensayo a la compresión de unidades de adobe normal y sumergido en lechada Agua - Cemento.	71
10	Falla del mortero en muestras con adobe normal.	75
11	Ensayo en tracción indirecta del mortero en muestras sumergidas en lechada Agua - Cemento.	76
12	Compresión de pilas, izquierda: adobe normal, derecha: adobe sumergido en lechada.	77
13	Tracción indirecta de muretes con adobe normal	80

14	Tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada	80
----	--	----

LISTA DE IMAGENES

<u>Numero</u>	<u>Titulo</u>	<u>Pagina</u>
1	Dimensiones del Adobe	47
2	Ejemplo de probeta para ensayo a tracción indirecta del mortero	50
3	Dimensiones de la pila	52
4	Dimensiones del murete	54

LISTA DE GRÁFICOS.

<u>Numero</u>	<u>Titulo</u>	<u>Pagina</u>
1	Resistencia de la lechada según relación Agua - Cemento	60
2	Comparación de resultados de compresión de unidades, entre adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080	86
3	Comparación de resultados a tracción de pilas para probar el mortero, entre adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080	88
4	Curva esfuerzo - deformación del ensayo a compresión de pilas con adobe normal.	89
5	Curva esfuerzo - deformación del ensayo a compresión de pilas con adobe sumergido en lechada Agua - Cemento	90

6	Comparación de resultados de compresión de pilas, entre adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080	91
7	Curva Esfuerzo – Deformación del ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe normal.	93
8	Curva Esfuerzo – Deformación del ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada Agua – Cemento.	94
9	Comparación de resultados a tracción indirecta de muretes, entre adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080	94

LISTA DE TABLA.

1	Titulo	Pagina
1	Compuestos químicos que forman el cemento portland	15
2	Valores máximos admisibles para el agua a usarse en la mezcla.	19
3	Métodos para establecer si un suelo es apta para fabricar adobes.	32
4	Resultado de densidad para unidades de adobe normal.	62
5	Resultado de densidad para unidades de adobe sumergido en lechada.	63
6	Resultado de densidad para pilas con adobe normal.	63
7	Resultado de densidad para pilas con adobe sumergido en lechada.	64
8	Resultado de densidad para murete con adobe normal.	64

9	Resultado de densidad para murete con adobe sumergido en lechada	65
10	Resultado de succión para adobe normal y sumergido en lechada.	66
11	Resultado de ensayo a compresión para unidades de adobe normal.	72
12	Resultado de ensayo a compresión para unidades de adobe sumergido en lechada.	73
13	Resultado de ensayo a tracción indirecta del mortero con adobe normal.	73
14	Resultado de ensayo a tracción indirecta del mortero con adobe sumergido en lechada.	75
15	Resultado de ensayo a compresión de pilas con adobe normal	77
16	Resultado a compresión de pilas con adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.	78
17	Resultado de ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe normal.	81
18	Resultado de ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.	82

INTRODUCCIÓN

El material de construcción que se llama adobe, barro seco, tierra apisonada, tapial o tapia con pajas se conoce hace miles de años. Hoy en día es utilizado aproximadamente por la mitad del globo terrestre.

Para los países en vías de desarrollo, caracterizados por un hábitat rural extremadamente disperso, el adobe es un material que presenta ventajas económicas considerables.

Por lo tanto tal vez constituya la única alternativa para construir una casa propia, por lo tanto merece toda consideración de parte de los profesionales relacionados con la construcción de viviendas.

Estamos plenamente convencidos que subsanando la forma tradicional de construir en adobe, y mejorando la calidad del material, alcanzaremos nuestros logros de mejorar la calidad de vida de los que menos tienen, aunque es entendible se necesita esfuerzos adicionales para seguir perfeccionado y aumentando la calidad del sistema.

Uno de los principales motivos que nos llevan a utilizar el cemento en esta investigación es las inundaciones y el deterioro que ocasiona el agua en las construcciones de adobe, las inundaciones son el tipo más común de desastre en el mundo, y viendo que el cemento es uno de los materiales más resistentes al

agua, buscamos además de que no se eleven demasiado los costos, proteger y mejorar las propiedades del adobe para esos fenómenos naturales.

De acuerdo a la información del INEI (Censo Nacional – 2007); en nuestra región Huánuco el 61.4% de viviendas son de adobe o tapial, y específicamente en la provincia de Lauricocha el 93.8% de viviendas son de este material, e de ahí la importancia de estudiar este material, y con esto ayudar al habitante construir viviendas más seguras para vivir.

DELIMITACIÓN

La presente Tesis fue realizada con la población y la muestra de la cantera del distrito de Jesús Provincia de Lauricocha, una de las 11 Provincias de nuestra Región Huánuco.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

I.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

I.1.1. ANTECEDENTES:

En la actualidad existen muchos estudios que han sido realizados con el objetivo de mejorar la calidad del adobe con la finalidad de obtener viviendas más seguras; un ejemplo claro de ello es la norma E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” del Reglamento Nacional de Edificaciones que es el resultado de muchas investigaciones y experiencias que dieron como producto los parámetros mínimos que deben poseer los adobes para construcción de viviendas.

Entre las investigaciones realizadas se pueden mencionar:

- PUCP y el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) (1995); explican de manera muy gráfica y simple el método in situ para la selección de un correcto tipo de tierra, así como el proceso de fabricación de los adobes y el proceso constructivo de una vivienda de adobe reforzada.
- Apac R. (1993); planteó una propuesta a la realidad de Huánuco respecto al uso de materiales de la zona como son la cabuya y el eucalipto rollizo empleados como materiales de refuerzo y confinamiento para las viviendas de adobe reforzado, obteniendo resultados positivos del uso de estos materiales ante las simulaciones de eventos sísmicos.

- Delgado E. (2006); presentó un claro ejemplo de la fabricación de los adobes siguiendo las recomendaciones de la norma E. 080, la realización de los ensayos de los mismos a compresión axial y diagonal de las unidades, de pilas y muretes fabricados para su investigación.

De igual manera, ante el sismo producido en el sur del país en el 2007 se elaboraron más investigaciones al respecto, principalmente desarrolladas por la PUCP; obteniendo resultados muy satisfactorios que fueron implementados en el proceso de reconstrucción del sur.

I.1.2. FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA:

Desde tiempos antiguos se empleó el adobe como material de construcción en casi todas las culturas pre incas, cuyos vestigios aún podemos apreciar. Actualmente continúa siendo un material muy usado, teniendo mayor presencia en las zonas rurales de nuestra nación por su economía y fácil construcción.

La fabricación de adobes, se inicia a partir de una mezcla homogénea de tierra (arcillosa), agua y paja seca, moldeada en moldes de madera (gaveras) y secadas al aire libre; los muros son asentados haciendo uso de mortero de barro y paja.

Al igual que las acciones sísmicas, el enemigo de las edificaciones de adobe es la humedad, principalmente cuando quedan expuestas prolongadamente a

inundaciones. El agua desintegra la unión que existe entre las partículas que conforman al adobe, convirtiéndolo en barro, lo que produce el colapso de estas edificaciones. Existiendo en todas las regiones del Perú, una gran cantidad de viviendas de adobe y habiéndose intensificado por los cambios climáticos las inundaciones, es necesario mitigar el problema descrito.

La más reciente acontecimiento se dio a inicios del 2017 en el norte de nuestro país con el fenómeno natural del niño costero, afectando grandemente departamentos como Ancash, Lima, Cajamarca, La Libertad, Piura, Tumbes, Arequipa, donde colapsaron viviendas de adobe por estar prolongado tiempo en contacto con el agua, e de ahí la importancia de mejorar la resistencia del adobe al contacto con el agua.

Los materiales empleados también son de gran importancia: así como el tipo de tierra para la fabricación de adobes, un suelo con demasiada arcilla, ocasiona grietas durante el secado del adobe, un suelo con muy poca arcilla carecerá de resistencia. La incidencia del porcentaje de agua durante el proceso del “dormido del barro” o el uso de fibras vegetales de refuerzo (paja), materiales adicionales a emplear como el cemento portland son otros factores de gran importancia al momento de otorgar resistencia a estas unidades.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿La inmersión de los adobes en lechada Agua-Cemento mejorara sus propiedades físicas y mecánicas?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuánto tiempo se tendrá que sumergir el adobe en lechada Agua - Cemento?

¿Cuál es la mejor relación Agua - Cemento

¿En cuánto se incrementa el costo del adobe con la inmersión en la lechada agua - cemento?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar las propiedades físicas mecánicas del adobe sumergido en lechada Agua - Cemento con un adobe no sumergido.

1.3.2. OBJETIVOS GENERAL

- Determinar el tiempo óptimo de sumersión del adobe en lechada Agua - Cemento.
- obtener la mejor relación de agua y cemento

- Calcular el incremento del costo del adobe luego de sumergirlo en lechada agua – cemento.

1.4. UNIVESO, POBLACIÓN Y MUESTRA

1.4.1. DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACIÓN

Adobes fabricados con suelo de la provincia de Lauricocha – Jesús.

1.4.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

350 adobes fabricados en laboratorio con el suelo de la cantera Cruz Pata del distrito de Jesús – Lauricocha (sana y libre de todo defecto).

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el desarrollo del presente trabajo, se elaborarán adobes que serán sumergidos en lechada Agua - Cemento; y, en su evaluación de resistencia se determinará si estos cumplen con las exigencias de la norma peruana (E.080) y si mejoran sus propiedades físicas y mecánicas. Finalmente que esta investigación sea un aporte a los pobladores locales para que puedan fabricar adobes con mejor resistencia y que, junto a los estudios antes realizados sobre viviendas de adobe reforzado se puedan mejorar estos tipos de edificaciones sin que ello implique incrementos significativos en el costo de fabricación y en la construcción de la vivienda.

1.6. LIMITACIONES

- Bajo presupuesto.

1.7. REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

Entre las investigaciones realizadas se pueden mencionar:

- PUCP y el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) (1995); explican de manera muy gráfica y simple el método in situ para la selección de un correcto tipo de tierra, así como el proceso de fabricación de los adobes y el proceso constructivo de una vivienda de adobe reforzada.
- Apac R. (1993); planteó una propuesta a la realidad de Huánuco respecto al uso de materiales de la zona como son la cabuya y el eucalipto rollizo empleados como materiales de refuerzo y confinamiento para las viviendas de adobe reforzado, obteniendo resultados positivos del uso de estos materiales ante las simulaciones de eventos sísmicos.
- Delgado E. (2006); presentó un claro ejemplo de la fabricación de los adobes siguiendo las recomendaciones de la norma E 080, la realización de los ensayos de los mismos a compresión axial y diagonal de las unidades, de pilas y muretes fabricados para su investigación recomienda diversas pruebas de campo para seleccionar el tipo de suelo, con el fin de asegurarnos la calidad sin necesidad de pruebas de laboratorio.

1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.8.1. ESFUERZO:

Es la intensidad de las fuerzas internas de un material que resisten un cambio en la forma de un cuerpo. Sus unidades son en fuerza por unidad de área.

1.8.2. DEFORMACION:

Se denomina así al cambio de forma de un cuerpo debido a la acción de los esfuerzos, cambios de temperatura o por alguna otra causa.

1.8.3. RESISTENCIA:

DEFINICIÓN:

Se define a la resistencia como la capacidad de un material de soportar esfuerzos y deformaciones debido a la aplicación de acciones externas, que en una estructura debe estar dentro de límites permisibles evitando las roturas.

TIPOS:

- Resistencia a la Tracción: Resistencia máxima de un cuerpo sometido a una carga de tracción.
- Resistencia a la Compresión: Es el máximo esfuerzo que puede soportar un cuerpo ante una carga de aplastamiento.
- Resistencia a la Flexión: Esfuerzo máximo de la fibra que desarrolla un cuerpo antes que se agriete o rompa, cuando se le aplica una carga perpendicular el eje longitudinal del cuerpo.

- Resistencia a la Torsión: Capacidad de un cuerpo de soportar una carga de giro
- Resistencia al Corte: Resistencia máxima que ofrece un cuerpo al ser sometido a una carga de corte (intenta desplazar un plano respecto al otro).

1.8.4. FALLA EN UN MATERIAL:

Se puede definir a una falla como el instante en el que se produce la ruptura en ese momento pierde toda capacidad de soportar más carga a la que ya fue sometido.

1.8.5. MATERIAL FRÁGIL Y DÚCTIL:

- Se denomina FRÁGIL a aquel material que falla repentinamente (de manera violenta) ante la aplicación de cargas. Ejemplo: el concreto.
- Se denomina DÚCTIL a aquel material alcanza su máximo esfuerzo, pero sigue resistiendo carga hasta llegar al colapso. Ejemplo: el acero.

1.9. MARCO SITUACIONAL

1.9.1. EL ADOBE EN HUÁNUCO:

PORCENTAJE DE VIVIENDAS HECHAS CON ADOBE:

- Rubiños, A. (2009, p. 7), en su investigación, hace uso de datos del INEI, donde al año 2005 existían en el Perú más de 2 167 000 viviendas de adobe

y tapial (por lo general de uno o dos pisos). Representando el 40% de viviendas del Perú.

- De acuerdo a la información del INEI (Censo Nacional-2007); en nuestra región Huánuco el 61.4% de viviendas son de adobe o tapial (107 753 viviendas de 175 534). De las viviendas en las zonas urbanas el 47.6% son de este material; y, de las viviendas en zonas rurales, el 71.5% son de adobe o tapial.

ZONIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE EN LA REGIÓN HUÁNUCO:

- Los resultados del INEI (Censo Nacional-2007) para porcentaje de viviendas de adobe y tapial son:
 - Provincia de Huánuco: el 63.9% de 60 978 viviendas.
 - Provincia de Ambo: el 89.0% de 13 219 viviendas.
 - Provincia de Dos de Mayo: el 94.1% de 10 450 viviendas.
 - Provincia de Huacaybamba: el 94.9% de 4 433 viviendas.
 - Provincia de Huamalés: el 81.1% de 15 352 viviendas.
 - Provincia de Leoncio Prado: el 2.04% de 29 114 viviendas.
 - Provincia de Marañón: el 66.6% de 6 103 viviendas.
 - Provincia de Pachitea: el 82.3% de 12 762 viviendas.
 - Provincia de Puerto Inca: el 0.21% de 7 097 viviendas.
 - Provincia de Lauricocha: el 93.8% de 7 866 viviendas.
 - Provincia de Yarowilca: el 97.4% de 8 160 viviendas.

Como se puede apreciar en nuestra región más del 60% de viviendas para el año 2007 eran de tapia o de adobe, seguramente para el 2017 este porcentaje

aumento debido a las invasiones, donde más del 90% son construidas con adobe.

Según estos datos del año 2007 en la provincia de Lauricocha más del 90% de viviendas son de adobe o tapial, e de ahí la importancia de estudiar al adobe, comprender su comportamiento ante cualquier evento que puede ser perjudicial para el habitante, por ende en este trabajo se busca averiguar si la inmersión del adobe en Lechada Agua – Cemento mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe y con ello contribuir a la gran mayoría de habitantes que construyen sus viviendas con este material, y con ello tener casas más seguras y de mejor calidad.

1.10. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS

1.10.1. ADOBE:

FABRICACIÓN:

- Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., Irala, C., (1993, p. 42) propusieron el procedimiento para la fabricación de adobes:
 - Selección del tipo de suelo: Para esto hacen la prueba de la botella para conocer la proporción de limos, arcillas y arena; la prueba del rollo, la plasticidad y la prueba del disco, la resistencia.
 - Reposo del Suelo: que se hace en condiciones húmedas por 24 horas.
 - Mezclado: agregar agua lo necesario, pasto seco (20% en volumen).
 - Moldeo: Uso de gaveras de madera con o sin fondo; se lanza con fuerza la mezcla sobre el molde y se empareja la superficie.

- Secado y almacenaje: Sobre una superficie lisa, limpia; echar arena fina y sobre esta colocar los adobes. A los tres días se pueden poner de canto para terminar el secado.

RESISTENCIA:

- La USAC (2002, p. 10) establece métodos prácticos para verificar la resistencia del adobe.
- No deben presentar grietas, ni estar deformadas.
- Un buen adobe apoyado sobre otros dos (sólo en los extremos) debe soportar el peso de una persona al menos un minuto; recomienda que se haga esta prueba cada 50 adobes luego de 4 semanas de secado.
- Para fines de diseño se tomara en cuenta lo mencionado en el RNE (E.080-2017), Artículo 8.- esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.

PROPIEDADES:

- Las principales propiedades que presenta el adobe son: aislamiento térmico y acústico que poseen debido al gran espesor de muros; así como la gran resistencia al fuego.

FALLAS:

- Morales, R., et al., (1993, p. 40), muestran los tipos de fallas por tracción (desprendimiento en los encuentros); falla por corte (grietas diagonales), falla por flexión (derrumbe en forma de “V” de la parte central superior de los muros).

REFORZAMIENTO:

- El RNE E 080 (2017, p. 9), propone métodos de reforzamiento de muros de adobes.

1.10.2. MEJORAMIENTO DEL ADOBE:

PORCENTAJE ARENA-ARCILLA:

- Los porcentajes recomendados de los tipos de suelo para la fabricación de buenos adobes son: arcilla de 10%-12%; limo de 15%-25% y arena de 55%-70%.¹

DIMENSIONES:

- El RNE E 080 (2017, p. 19), recomienda que los adobes sean de planta cuadrada o rectangular (largo, doble que el ancho) y la altura del bloque de adobe debe medir ente 8 a 12 cm.
- Morales, R., et al., (1993, p. 44) recomiendan adobes cuadrados de 38 x 38 x 8 cm con mortero de espesor de 2 cm.

¹ El primer párrafo del artículo 4 ítem 4.1. Requisitos generales de la norma E.080 adobe, del año 2006 vigente hasta el 7 de abril del 2017 establecieron estos rangos de porcentajes de arcilla, limo, y arena, la cual en la norma E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" vigente desde el 7 de abril del 2017 no indican estos rangos, por lo que con fines de antecedente y mayor seguridad al escoger el tipo de tierra se consideró utilizar estos rangos.

CANTIDAD DE AGUA:

- De la mezcla se toma un puñado y se hace una bola; se deja caer desde la altura de 1 m; si se rompe en pedazos grandes, está bien la cantidad de agua; si se aplasta y no se rompe, posee mucha agua; si se rompe en pedazos muy pequeños, tiene muy poca agua.

1.10.3. CEMENTO PORTLAND:

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tienen la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezcla que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas².

COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento es una mezcla de muchos compuesto, resulta impráctica su representación con una formula química. No obstante hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

² Concepto sacado textualmente del trabajo de Orisano, A., (2015, p. 85) tesis “ensayo de vigas de concreto a 04 edades para determinar el tiempo mínimo de desencofrado – Huánuco – 2015”. Huánuco: Unheval.

Tabla N° 01: Compuestos químicos que forman el Cemento Portland

COMPONENTES	ABREVIACIÓN
Silicato tricálcico ($3CaO.SiO_2$)	C3S
Silicato dicálcico ($2CaO.SiO_2$)	C2S
Aluminato tricálcico ($3CaO.Al_2O_3$)	C3A
Aluminato ferrita tricálcica ($3CaO.Al_2O_3$)	C3AF

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag.16. (EAOP)

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

- El silicato tricálcico (C3S). Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de la hidratación.
- El silicato dicálcico (C2S). Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
- El aluminato tricálcico (C3A). El yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con C3A para controlar el tiempo de fraguado.

- El aluminato ferrita tricálcica (C3AF). Es semejante al C3A, porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento portland un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsa que tiene el peso neto de 42.5 kg. y un pie cúbico de capacidad. En aquellos casos que no se conozca el valor real se considerara para el cemento un peso específico de 3.15 (gr/cm³).

CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

Los cementos portland, se clasifican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150).

- TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial. el concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos por cemento tipo I o tipo II.
- TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

- TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con altos contenidos de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar³.

FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO:

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: a) Fraguado inicial, cuando la masa empieza a perder plasticidad; b) Fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido⁴.

El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia.

CALOR DE HIDRATACIÓN:

Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las acciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a

³ Tipos de cemento, conceptos sacado textualmente del libro Tecnología del Concreto, Abanto Castillo (pag. 17)

⁴, Conceptos sacado textualmente del libro Tecnología del Concreto, Abanto Castillo (pag. 17)

tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras⁵.

1.10.4. EL AGUA:

EL AGUA EN LA PREPARACIÓN DE LA LECHADA:

El agua es un elemento fundamental en la preparación de la lechada, estando relacionada con la resistencia, y trabajabilidad

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR

El agua a emplearse en la preparación de la lechada, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas.

Si se tuviera dudas de la calidad de agua a emplearse en una preparación de mezcla, será necesario realizar un análisis químico de esta agua para luego comparar los resultados obtenidos con los valores máximos admisibles que se muestran en la Tabla N° 02.

⁵ Conceptos sacado textualmente del libro Tecnología del Concreto, Abanto Castillo (pag. 17)

Tabla N° 02: Valores Máximos Admisibles para el Agua a usarse en la Mezcla

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólido de suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Tecnología del Concreto, Abanto Castillo, Pag.21. (EAOP)

1.10.5. LECHADA AGUA - CEMENTO:

DEFINICIÓN.

Se define así a la mezcla homogénea de cemento Portland y agua en algunos casos aditivos.

PREPARACIÓN DE LA LECHADA.

Sabemos que las lechadas de cemento con excesiva relación de agua, son de baja resistencia por lo que en este trabajo se buscara la mejor relación agua cemento con el fin de que la lechada tenga mayor infiltración en el adobe a la misma buscar que no se eleve demasiado los costos.

1.11. HIPOTESIS,

1.11.1. HIPOTESIS GENERAL

“la Lechada Agua - Cemento si mejorara las propiedades físicas y mecánicas del adobe”

1.11.2. HIPOTESIS NULA

“la Lechada Agua - Cemento no mejorara las propiedades físicas y mecánicas del adobe”

1.12. SISTEMA DE VARIABLES - DIMENSIONES E INDICADORES

1.12.1. VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Lechada Agua - Cemento (X)

VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades físicas y mecánicas del adobe (y).

1.13. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

TIPO DE VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE		
Lechada agua - cemento	Propiedades físicas y mecánicas del adobe	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Densidad. ✓ Succión. ✓ Absorción. ✓ Resistencia a la compresión de la unidad. ✓ Resistencia tracción indirecta del mortero. ✓ Resistencia a la compresión pilas. ✓ Resistencia a tracción indirecta de muretes. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permissible. ✓ No permissible.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

2.1.1. TIPO DE INVESTIGACION:

El enfoque de la investigación a desarrollar es del tipo Cuantitativo.

2.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se desarrollará un modelo CUASI EXPERIMENTAL, debido a que las actividades que se mencionan en el siguiente ítem requieren de ensayos de laboratorio para la obtención de datos y el análisis de los mismos, con muestras restringidas.

2.2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿La inmersión en lechada Agua-Cemento mejorara las propiedades físicas y mecánicas de los adobes establecidas en la norma E.080?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>¿Cuánto tiempo es necesario sumergir el adobe?</p> <p>¿Cuál es la mejor relación agua - cemento?</p> <p>¿En cuánto se incrementa el costo del adobe con la inmersión en la lechada agua - cemento?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Comparar las propiedades físicas mecánicas del adobe sumergido en lechada Agua - Cemento y la norma E.080.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Determinar el tiempo necesario del adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.</p> <p>Obtener la mejor relación de agua y cemento.</p> <p>Calcular el incremento del costo del adobe luego de sumergirlo en lechada agua - cemento.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>"la Lechada Agua - Cemento si mejorara las propiedades físicas y mecánicas del adobe"</p> <p>HIPOTESIS NULA</p> <p>"la Lechada Agua - Cemento no mejorara las propiedades físicas y mecánicas del adobe".</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Lechada Agua - Cemento (X)</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades físicas y mecánicas del adobe (y).</p> <p>INDICADORES</p> <p>Densidad.</p> <p>Succión.</p> <p>Absorción.</p> <p>Resistencia a la compresión de la unidad.</p> <p>Resistencia tracción indirecta del mortero.</p> <p>Resistencia a la compresión pilas.</p> <p>Resistencia a tracción indirecta de muretes.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <p>El enfoque de la investigación a desarrollar es del tipo Cuantitativo.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>En esta investigación se desarrollará un modelo CUASI EXPERIMENTAL, debido a que las actividades que se mencionan en el siguiente ítem requieren de ensayos de laboratorio para la obtención de datos y el análisis de los mismos, con muestras restringidas.</p> <p>METODO.</p> <p>RECOLECCION DE INFORMACIÓN.</p> <p>FUENTES: primarias y secundaria.</p> <p>TÉCNICA. Laboratorio.</p> <p>Procesamiento de la Información:</p> <p>Categorización de Variables.</p> <p>Software: Excel.</p>

2.3. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

2.3.1. FUENTES, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:

- FUENTES PRIMARIAS: Muestras de adobe
- FUENTES SECUNDARIAS: Libros, revistas, normas, materiales electrónicos.
- Las técnicas e instrumentos a emplear serán:
- Revisión bibliográfica
- Obtención de muestras de Adobe.

2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS

2.4.1. DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES:

SELECCIÓN DEL SUELO A USAR

- Pruebas in-situ.
- Ensayo de Granulometría.
- Ensayo de resistencia.

2.4.2. MÉTODOS:

ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Norma ASTM D 422: Ensayo de granulometría por tamizado en suelos.
- Norma ASTM D 5229: Ensayo Estándar para propiedades de absorción de humedad.

- RNE, norma E.080 artículo 8. Esfuerzos de rotura Mínimos. Ensayos de laboratorio.

ENSAYOS EMPÍRICOS:

- Ensayo de plasticidad: Formar con tierra húmeda un rollo de $\varnothing=1.5$ cm suspenderlo en el aire y medir la longitud a la cual se rompe.
- Ensayo de Resistencia: Amasar tierra húmeda, elaborar 5 discos de $\varnothing=3$ cm y 1.5 cm de espesor. Secar 48 horas luego tratar de romper. Si se aplasta con facilidad, entonces posee baja resistencia; si se aplasta con dificultad, es de resistencia media o si al romper se escucha un sonido seco, se considera de alta resistencia.
- Humedad de mezcla: Tomar un puñado de mezcla y hacer una bola; dejarla caer desde la altura de 1 m. Si se rompe en trozos grandes entonces tiene la cantidad correcta de agua; si no se rompe, posee mucha agua; si se rompe en trozos muy pequeños, posee muy poca agua.
- Resistencia de carga: Colocar un adobe apoyado en sus extremos sobre otros dos adobes; luego, una persona de 70 kg se parea sobre ella. Controlar el tiempo en que se rompe; como mínimo debe soportar un minuto.

VERIFICACIONES:

- Humedad durante el moldeo: Si al desmoldar se observa que tiene deformaciones, entonces posee demasiada agua o si se fisura el contenido de humedad es bajo.

- Relación largo-ancho y alto-largo: mediciones con wincha.
- Control de alabeo y de fisuras en los adobes: Mediciones con wincha.

FABRICACIÓN DE LOS ADOBES:

- Verificación de Humedad de Mezcla.
- Verificación de Humedad durante el moldeo en gaveras.
- Control de relación Largo-Ancho.
- Control de relación Alto-Ancho.
- Control de porcentaje de perforaciones.
- Control de grietas y deformaciones a 04 semanas de secado.
- Control de resistencia a carga a 04 semanas de secado.

INMERSIÓN DEL ADOBE EN LECHADA AGUA – CEMENTO:

- Sumergir las muestras en lechada Agua – Cemento, por diversos periodos de tiempo.
- Control de penetración en los diversos tiempos.
- Encontrar la mejor relación agua cemento.
- Tiempo optimo en la cual el adobe puede estar sumergido.

PRISMAS Y ENSAYOS:

- Preparación de muestras individuales.
- Preparación de pilas.
- Preparación de muretes.

- Ensayo a Compresión de muestras individuales.
- Ensayo a compresión de pilas.
- Ensayo a compresión de muretes.

2.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS:

- Determinación de las propiedades físicas, densidad, succión, absorción.
- Determinación de la resistencia a compresión de la unidad f'b.
- Determinación de la resistencia a compresión de la albañilería f'm.
- Determinación de la resistencia a corte v'm.

2.4.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS:

- Comparación de resultados con la norma E-080
- Verificación de Hipótesis.

2.4.5. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN:

- Redacción y Presentación de Informe Final.

2.5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES

2.5.1. POTENCIAL HUMANO

Se cuenta con el aporte de los tesisistas, el asesor, profesionales relacionados a ing. Civil.

2.5.2. RECURSOS MATERIALES

- Tierra con granulometría estipulada en la norma Peruana
- Arena Fina.
- Agua
- Cemento
- Gaveras de madera de 10x10x10 cm³, 22x12x8.5 cm³ de volumen interno.
- Horno eléctrico de Temperatura regulable.
- Vernier.
- Wincha
- Tamices para ensayos de granulometría.
- Cazoletas.
- Balanza de Precisión de 0.1gr.
- Balanza de precisión de 0.001 gr.
- Máquina Universal más complementos para los ensayos de compresión y otros.
- Cámara fotográfica.
- Movilidad.

2.5.3. RECURSOS FINANCIEROS

El proyecto de investigación se financiara exclusivamente con recursos de los tesisistas.

2.6. SELECCIÓN DE LA TIERRA Y PREPARACIÓN DEL ADOBE

2.6.1. ADOBE:

La norma técnica E.080 define al Adobe como unidad de tierra cruda, que puede ser mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad, por otro lado en regiones de nuestro país y sin ir muy lejos nuestra ciudad de Huánuco donde el adobe que utilizan no tiene paja, también existe que esta Particularidad haga al adobe más vulnerable ante el agua, debido a que la paja controla las fisuras por contracción de secado del suelo, que son zonas de filtración. Tomando en cuenta esto y la norma E. 080 se realizó el proyecto usando adobes con paja, estos adobes fueron realizados en campo debido que no se cuenta con espacios adecuados en el laboratorio.

Fotografía N° 01. Fabricación del adobe.



En relación al suelo, su composición se basa en una mezcla de limo, arena y arcilla que al combinarse con el agua producen barro, pero aún existe el problema de que el material no se encuentra apto para preparar la mezcla.

Existen métodos para verificar la factibilidad de dicho material para su uso en la fabricación de los adobes, lo cual explicamos en el ítem 2.4.2.

2.6.2. SELECCIÓN DE MUESTRA

RECONOCIMIENTO DE CANTERA.

Para la preparación del adobe lo más importante es la correcta elección del suelo, el suelo no debe contener arcilla pura por su alta contracción de secado. La Norma Peruana E.080 (antecesor a la presente norma) en su acápite 4.1 especifica la siguiente gradación: arena en un rango de 55% a 70%, limo entre 15% y 25% y arcilla entre 10% y 20%, no debiéndose utilizar suelos orgánico.

Utilizamos estos porcentajes de identificación del suelo para tener un mayor acierto en la selección de la muestra, debido a que en la presente norma publicada por diario el peruano el 7 de abril del 2017 no establece estos rangos.

Para la selección de cantera concurrimos a la provincia de Lauricocha – Jesús, en la cual seleccionamos dos canteras (Tin – Tin, Cruz Pata), esto debido

a que los lugareños preparan adobes para la construcción de sus viviendas con los materiales de estos lugares.

Recopilamos las muestras para realizar las pruebas de campo necesario para escoger la mejor calidad de tierra y que cumplan con lo sugerido por la norma E.080.

ENSAYOS PRELIMINARES EN CAMPO Y LABORATORIO PARA LA APROBACIÓN DE LA TIERRA Y/O CANTERA.

Estos resultados mostramos en el siguiente cuadro.

Tabla N° 03: Métodos para establecer si un suelo es apto para fabricar adobes.

TIPO	PROCEDIMIENTO	INDICADORES PRINCIPALES	RESULTADOS	
			TIN-TIN	CRUZ PATA
Prueba de color	Observación del color del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Negro: suelos orgánicos • Claros y brillantes: inorgánico. • Gris claro: limosos, con carbonato cálcico, suelos poco cohesivos. 	Claros y brillantes(a probado)	Claros y brillantes(aprobado)
Prueba dental	Se muele ligeramente una pizca de suelo entre los dientes	<ul style="list-style-type: none"> • Arenosos: partículas duras, rechinan entre los dientes, sensación desagradable • Limosos: partículas más pequeñas, rechinan solo ligeramente, más 	Arcillosos (desaprobado)	Limosos (aprobado)

		<p>suaves que los arenosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arcillosos: no rechinan, suaves y quebradizos. 		
Prueba olfativa	Se aprecia el olor del suelo	Olor rancio : suelos orgánicos	Sin olor rancio (aprobado)	Sin olor rancio (aprobado)
Prueba de brillo	Se corta una muestra de suelo al estado de masilla	<ul style="list-style-type: none"> • Opacos: suelos arenosos • Mates: limosos con poca arcilla • Brillantes: arcillosos 	Brillantes (desaprobado)	Mates (aprobado)
Prueba del enrollado	Se forma un rollo de suelo hidratado de 5 a 10 cm y se desplaza entre el índice y el pulgar	Si la muestra se rompe entre los 5 a 10 cm el contenido de arena será adecuado. Si soporta una longitud mayor, el contenido de arcilla será muy alto; si se rompe antes de los 5cm se tratara de un suelo arenoso.	La muestra se rompió a 12cm (desaprobado)	La muestra se rompió a 8 cm (aprobado)
Prueba de la resistencia seca de la bolita	Se preparan 4 bolitas de 2 a 5cm de diámetro y luego se deja secar por 48 horas, luego se presiona entre el pulgar y el índice.	Si las bolitas no se rompen, significa que el contenido de arcilla conferirá adecuada resistencia a los adobes. Si se rompe el suelo ser de baja resistencia.	Las bolitas no se rompieron (aprobado)	Las bolitas no se rompieron (aprobado)
Prueba de la botella	Se utiliza una botella o tubo de ensayo de ½ litro de	Permiten establecer los porcentajes de finos y arenas. Las arenas reposan	20% arena 20% limos	60% arena 20% limos

	<p>capacidad. Llenar $\frac{1}{4}$ parte con suelo y $\frac{3}{4}$ partes con agua se agita las suspensión y se deja reposar 5 horas.</p>	<p>inmediatamente. Los limos reposan a los pocos minutos. Las arcillas requieren para reposar 5 horas. Luego de ese tiempo se puede establecer los porcentajes aproximados de los componentes.</p> <p>Los rangos deben estar dentro de los indicados en la norma.</p>	<p>60% arcilla (desaprobado)</p>	<p>20% arcilla (aprobado)</p>
<p>Prueba de agua para el barro</p>	<p>Se separa una pequeña porción de la masa de barro para la fabricación de los adobes.</p> <p>Se le tira de golpe contra el piso.</p> <p>Se le trata de levantar con el uso de una sola mano.</p>	<p>Permite establecer si la cantidad de agua es aceptable para la fabricación de los adobes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la masa no conserva su figura y solides, teniendo finalmente dificultad de levantarse, tiene demasiada agua. • Si la masa conserva su figura y material al levantarlo, cantidad de agua aceptable. • Si la masa se esparce al momento de la colisión con el piso o si llega a dejar material pegada al piso al momento de levantar el material, entonces indica escasa cantidad de agua. 	<p>Conserva su figura y material al levantar la masa (aprobado)</p>	<p>Conserva su figura y material al levantar la masa (aprobado)</p>

Adobes de prueba	Antes de la fabricación en cantidad, se producen unos adobes previos aparte	<p>Proporciona más seguridad para la fabricación de los bloques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si los adobes se rajan al secarse, entonces el suelo contiene mucha arcilla • Si los adobes no se rajan, entonces el suelo es aceptable. 	No se observa rajaduras (aprobado)	No se observa rajaduras (aprobado)
Adobe de prueba (prueba de resistencia)	Prueba de los adobes después del secado.	Se apoya el adobe de prueba en sus extremos y se para una persona de 70 kg, si no se rompe la tierra es aprobado.	No se rompió (aprobado)	No se rompió (Aprobado).
Análisis granulométrico	Prueba laboratorio	Los rangos deben estar dentro de los indicados en la norma.		Arena 76.16% Limos y arcilla 11.10%

Fuente: Tejada Schmidt, U. (2001) “Buena tierra – apuntes para el diseño y construcción con adobe”

Después de realizar todo las pruebas necesarias en campo y laboratorio la cantera a utilizar para la fabricación de los adobes es CRUZ PATA.

Cabe recalcar que debido a que la actual norma E.080 no establece rangos en los porcentajes de limos, arenas y arcilla, se tuvo como referencia la norma anterior para establecer dichos indicadores.

Fotografía N° 02. Adobe de prueba (prueba de resistencia).



PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS ADOBES.

Una vez seleccionado la cantera se procedió a extraer la tierra un aproximado de 1.5m³ de material para la preparación de nuestra muestra.

La preparación de adobes se realizó en campo con personal de la zona dedicado a ese rubro, supervisado en todo momento por los tesistas.

La norma E.080 especifica retirar del suelo las piedras mayores de 5mm y otros elementos extraños, posteriormente se molió todo los granos y tener una muestra uniforme, en seguida se empezó a preparar el barro añadiéndole paja en proporción de 1:2, después de un batido uniforme se dejó en reposo

(dormido) durante 48 horas, con un secado lento, para lo cual se realizó tendeles para proteger del sol.

La norma indica que las dimensiones de los adobes rectangulares, en largo es aproximadamente el doble del ancho, la altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08m y 0.12m en este caso 12x22x8.5cm.

- Primero se pasó la gavera con petróleo (recomendación de los trabajadores) esto con la finalidad de que el barro resbale con facilidad el molde.
- Luego se sumergió en agua, para evitar que el barro se pegue al molde.
- Con el barro dormido, se formó una bola y se la tiro con fuerza hacia el molde.
- Se rellenaron las partes faltantes, enrasándolo con una regla de madera mojada.
- Los adobes se ordenaron en filas y se dejaron secar sobre el tendal (suelo limpio y plano en una zona con sombra y ventilación).
- A los 4 días se procedió a voltearlos de canto para que continúe el secado, en esta etapa también se procedió a cuadrarlos bien de algunos desperfectos del adobe.
- después de 28 días de secado, se procedió a emplear los adobes.

No se produjeron grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

2.7. PROTOCOLOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICOS DEL ADOBE NORMAL Y SUMERGIDO EN LECHADA AGUA – CEMENTO.

2.7.1. NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORSADA:

Esta norma establece los métodos de ensayo para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

La norma comprende los ensayos que se van a realizar sobre segmentos de adobe, para obtener resultados de laboratorio, los cuales se pueden utilizar para establecer valores y resistencias, los resultados también se pueden usar para establecer la relación de propiedades físicas y factores mecánicos, como peso, densidad, succión, absorción, compresión, corte, etc, para las funciones de control de calidad.

Para las pruebas en unidades, la Norma técnica peruana E.080 no especifica procedimientos para el ensayo de succión, absorción y muestreo de unidades de adobe, por lo cual se adoptó a la NTP 399.613 y la Norma técnica peruana E.070 que describen el procedimiento de muestreo y ensayo en ladrillos de arcilla, a pesar de sus marcadas diferencias físicas respecto a las unidades de adobe.

PROCEDIMIENTO GENERALES.

MEDICIÓN Y PESO

Antes de cada ensayo, se debe medir las dimensiones de cada probeta con una exactitud de:

- 10 mm para dimensiones como ancho, largo y alto.

Las probetas se deben pesar con exactitud para medir la diferencia de peso con un adobe normal y sumergido.

SELECCIÓN

Para el caso de la investigación científica, los adobes seleccionados para el ensayo deben estar sanos y libres de todo defecto y deben representar el promedio del total de muestra.

Los adobes quebrados, deteriorados o con algún desperfecto que puede ocasionar en los ensayos valores no reales se deben desechar.

2.7.2. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS FÍSICO – MECÁNICOS.

DENSIDAD.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección especifica un método para determinar la densidad (masa/volumen) del adobe normal y sumergido en lechada Agua - Cemento para los ensayos físicos y mecánicos.

PRINCIPIO

Determinación de la masa de la probeta mediante pesaje y de su volumen mediante la medición de sus dimensiones o con cualquier otro método. Cálculo de la masa por unidad de volumen de adobe.

EQUIPO

- Instrumento de medición con capacidad para determinar las dimensiones de las probetas.
- Balanza, con una exactitud de 0.05g

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Los adobes se deben preparar para la determinación de la masa por unidad de volumen.

PROCEDIMIENTO

Mida las dimensiones de los adobes, pilas y muretes con exactitud, calcule el volumen o determínelo con un método adecuado.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La densidad de cada muestra se obtiene con la siguiente formula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

En donde:

ρ Es densidad, en kg/m³.

m Es la masa de la probeta en kg.

v Es el volumen de la probeta, en m³

Registre el promedio de la densidad de las probetas.

SUCCIÓN.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La prueba de succión, se adapta del acápite 11 de la NTP 399.61 para los especímenes de la presente investigación.

Esta sección especifica un método para ensayos individuales con la finalidad de medir la capacidad del adobe de absorber agua.

PRINCIPIO

La prueba de succión busca determinar el índice de absorción temprana del espécimen analizado, lo que viene a ser la cantidad de agua que 200 cm² de la unidad de adobe puede absorber en un periodo normado en 1 minuto \pm 1 segundo.

EQUIPO

- Horno eléctrico
- Balanza, con una exactitud de 0.05g
- Flexómetro (wincha).
- Bandeja para contener agua. Con una profundidad no menor de 25mm, y un área mayor a 200 cm².
- Soporte para los adobes no corrosivo, de 120mmx150mmx6mm

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Los adobes se deben preparar para la determinación de la succión.

PROCEDIMIENTO

- Primeramente las unidades se secan en un horno a una temperatura de 100°C durante 24 horas, pero con la finalidad de evitar el proceso de cocción se buscara el tiempo prudencial de secado a horno, así dejar también líneas de investigación para el tiempo de secado ahorno para el adobe.
- Luego, se toma las dimensiones de la cara del espécimen que estará en contacto con el agua para determinar el área de succión, para después obtener los pesos secos de cada muestra haciendo uso de una balanza electrónica con una precisión de 0.05 gr.
- Se ubica la bandeja sobre una superficie nivelada.
- Los soportes metálicos son colocados sobre la bandeja.
- Se agrega agua continua para que el nivel de la bandeja sea siempre $3\text{mm} \pm 0.25\text{ mm}$ sobre los soportes.
- Se coloca el espécimen sobre los soportes, durante $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$.
- Durante el periodo de contacto se mantiene el nivel de agua constante, gracias al dispositivo de rebalse de la bandeja.
- Luego se retira al espécimen y se seca el agua superficial con un paño húmedo para volver a pesar el espécimen, este peso incluye al agua succionada durante un minuto. El secado del agua superficial de los especímenes se hace dentro de los 10 segundos siguientes de retirado el espécimen y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 minutos.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La succión se calcula como la diferencia de pesos (W , en gramos) entre el estado inicial y el estado final del espécimen, es decir será el peso del agua absorbida por el espécimen durante el minuto de contacto con el agua. Si el área del espécimen ($L B$) difiere en más de $\pm 2,5 \%$ de 200 cm^2 , se corrige el peso mediante la ecuación que se indica a continuación:

$$S = \frac{200W}{LB}$$

En donde:

S = Succión normalizada a un área de 200 cm^2 .

W = Diferencia de pesos del espécimen entre el estado húmedo y seco (gr).

L = Longitud del espécimen (cm).

B = Ancho del espécimen (cm).

Por último, se calcula y reporta el promedio de succión de toda la muestra ensayada, con aproximación a $0,1 \text{ gr}/\text{min}/200 \text{ cm}^2$.

ABSORCIÓN.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Tal como se explicó para la prueba de succión, no existe un método establecido por la Norma Técnica Peruana E.080 para el ensayo de unidades de adobe; por lo tanto, se adoptó la prueba de absorción de los ladrillos enunciada en la NTP 399.613.

El objetivo del ensayo, es conocer la capacidad de absorción del adobe durante 24 horas de inmersión en agua a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

PRINCIPIO

Conocer la de absorción del adobe durante 24 horas.

EQUIPO

- horno eléctrico.
- Balanza, con una exactitud de 0.05g.
- Bateas de saturación.

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Se emplearon 2 especímenes, uno normal y el otro sumergido en lechada Agua – Cemento, en vez de los 5 que establece la NTP. 399.613 por motivos de obtener datos, no de un comportamiento generalizado, sino del desempeño puntual de los materiales utilizados en cada ensayo.

PROCEDIMIENTO

- Primero, se elimina la humedad natural contenida en los especímenes para obtener solo la cantidad de agua absorbida producto de la inmersión de las muestras. Para ello se colocó las piezas representativas en un horno estándar por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110°C .
- Igual que para la succión se buscara el tiempo de secado en horno para evitar el proceso de cocción.
- Se ubican, en sectores protegidos de la intemperie, los recipientes (bateas) que mantendrán sumergidos individualmente cada espécimen.

- Transcurrido el tiempo de secado, se extrajeron del horno las muestras, para luego pesarlas con una aproximación de 0.5gr y proceder a colocar a cada espécimen su respectiva batea.
- Posteriormente, transcurridas 24 horas de inmersión, se extrajo el espécimen secando ligeramente con un paño húmedo su superficie, para enseguida volverlos a pesar.
- El agua que se utiliza para sumergir las muestras puede ser agua potable, destilada o incluso agua de lluvia, debiendo ser esencialmente agua limpia y a temperatura entre 15.5 °C a 30 °C.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Con los datos de los pesos a determinados tiempos de inmersión, se procede a calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción \%} = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

En donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas según sea el caso.

v = Es el volumen de la probeta, en m³

La absorción porcentual de la muestra es el promedio de la absorción de todos los especímenes, con aproximación a 0,1 %.probetas.

COMPRESIÓN (UNIDAD).

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección especifica un método para los ensayos de compresión en probetas en forma de cubo de 10 cm de arista.

El objetivo es determinar la resistencia a la compresión de la muestra al aplicar cargas progresivas.

PRINCIPIO

Determinación de:

- El esfuerzo último de compresión de las probetas de adobe tanto normal como mejoradas con lechada agua – cemento.

EQUIPO

- Maquina universal.

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Se emplearan 12 especímenes, 6 normal y 6 sumergido en lechada agua – cemento, en concordancia con la norma E.080.

PROCEDIMIENTO

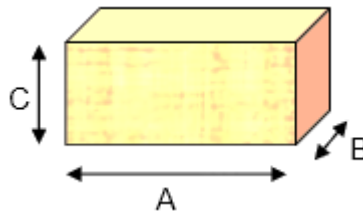
- Una vez secos las muestras 28 días, se procederá a uniformizar las caras de contacto con la máquina (capping), para un contacto uniforme y una distribución uniforme de las mismas.
- La velocidad del ensayo será de 2KN/min
- Se debe registrar la carga máxima a la cual falla la probeta.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Con los registros de la carga máxima se calcula la resistencia a la compresión con la siguiente formula.

$$f_0 = \frac{P}{A \times B}$$

Imagen N° 01. Dimensiones del adobe.



Fuente: “Elaboración propia”.

En donde:

f_0 = resistencia ultima a la compresión (kgf/cm²)

P= Carga máxima (kg)

A = largo del adobe (cm).

B = Ancho del adobe (cm)

C = Alto del adobe (cm)

La resistencia última se debe calcular como la media aritmética de los 4 mejores muestras (de 6 muestras), lo cual debe ser igual o mayor a la resistencia ultima indicada.

TRACCIÓN INDIRECTA (PARA EL MORTERO).

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección especifica un método para medir la resistencia del mortero a la tracción.

PRINCIPIO

Conocer la resistencia del mortero, es este caso mortero de barro para el adobe normal, y mortero de cemento y arena para los adobes sumergidos.

Se utilizara seis muestras por tipo de adobe para los respectivos ensayos.

EQUIPO

- Nivel de mano.
- Plomada.
- escantillón.
- Maquina universal

PREPARACIÓN DEL MORTERO

En el caso del mortero de barro su preparación es similar para la preparación del adobe, para el mortero de los adobes sumergidos se utilizara la relación 1:4 (cemento: arena).

La humedad del mortero no debe pasar el 20%, para evitar el agrietamiento, la cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.

El espesor de los morteros puede variar de 5mm a 20mm.

PROCEDIMIENTO

- Una vez preparado lo morteros se procede a asentar en unidades de a dos.
- Se debe remojar los bloques de adobes antes de asentarlo, durante 15 a 30 segundos.
- Se debe evitar el secado violento de la albañilería mediante la protección del sol y del viento.
- La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro o cemento – arena según sea el caso, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño.
- La resistencia ultima debe ser mayor o igual a 0.012MPa = 0.12 Kgf/cm²

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La resistencia del mortero a la tracción se calcula de la siguiente forma:

$$\delta = \alpha \frac{P}{ab} \quad ; \quad \alpha = 0.5$$

En donde:

δ = Esfuerzo de tracción (Kg/cm²).

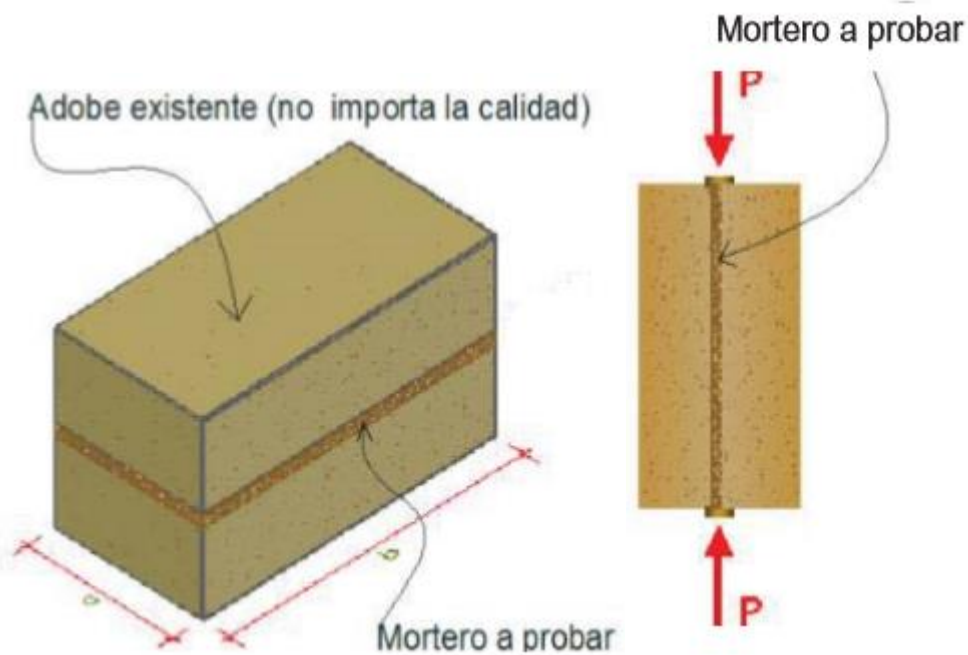
P= Carga máxima (Kg)

a = Ancho del adobe.

b = Largo del adobe.

Se debe cumplir con el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras sea igual o mayor a resistencia ultima indicada).

Imagen 2. Ejemplo de probeta para ensayo a tracción del mortero.



Fuente: “Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” 2017

COMPRESIÓN (PILAS).

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Para obtener la resistencia a la compresión de la albañilería de adobe la Norma E.080, en su acápite 8.4, indica que se pueden realizar ensayos de pilas. Dichas pilas deben estar compuestas por un número de unidades enteras de adobe que permita obtener una esbeltez (altura/espesor) del orden de 3,

aproximadamente. El número mínimo de pilas a ensayar es 6 y mediante estos ensayos se obtiene la resistencia última f'_m a compresión de la pila.

PRINCIPIO

Determinación de:

- Esfuerzo último.
- Esfuerzo admisible a compresión del muro.
- Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento.

EQUIPO

- Maquina universal.

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Se emplearan 12 especímenes, 6 normal y 6 sumergido en lechada agua - cemento, en concordancia con la norma E.080.

PROCEDIMIENTO

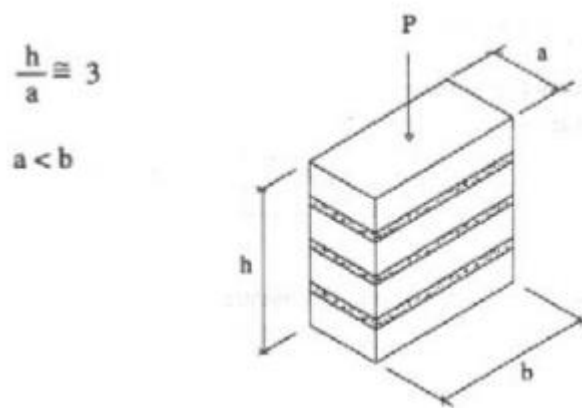
- Una vez secos las muestras 28 días, se procederá a uniformizar las caras de contacto con la máquina (capping), para un contacto uniforme y una distribución uniforme de las mismas.
- La velocidad del ensayo será de 2KN/min
- Se debe registrar la carga máxima a la cual falla la muestra.
- La resistencia ultima debe ser mayor o igual a $0.6\text{MPa}=6.12\text{ Kg/cm}^2$.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Con los registros de la carga máxima se calcula la resistencia a la compresión de las pilas con la siguiente formula.

$$f'_m = \frac{P}{axb} \quad ; \quad f_m = 0.40f'_m \quad ; \quad f_{ca} = 1.24 f_m$$

Imagen N° 03. Dimensiones de la pila.



Fuente: “Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” 2017

En donde:

f'_m = Esfuerzo último en compresión de la pila (kgf/cm²)

f_m = Esfuerzo admisible de compresión de la pila (kgf/cm²)

f_{ca} = Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento (Kgf/cm²).

P = Carga Máxima (kgf)

a, b = ancho y largo del adobe respectivamente (cm).

La resistencia última se debe calcular como la media aritmética de los 4 mejores muestras (de 6 muestras), lo cual debe ser igual o mayor a la resistencia ultima indicada.

TRACCIÓN INDIRECTA (MURETES).

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Para obtener la resistencia a corte de la albañilería de adobe, la Norma E.080 en su acápite 8.5 indica que se pueden realizar ensayos de muretes en compresión diagonal, en un mínimo de seis especímenes. Producto del ensayo se obtiene el valor f'_t igual a la resistencia última a corte puro del adobe.

PRINCIPIO

Determinación de:

- Esfuerzo último.
- Esfuerzo admisible de corte.

EQUIPO

- Máquina universal.

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES (PROBETAS)

Se emplearan 12 especímenes, 6 normal y 6 sumergido en lechada agua - cemento, en concordancia con la norma E.080.

PROCEDIMIENTO

- Una vez secos las muestras 28 días, se procederá a uniformizar las caras de contacto con la máquina (capping), para un contacto uniforme y una distribución uniforme de las mismas.
- El reglamento establece muestras de 0.65 mx0.65 m, pero debido a que en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán no se encuentra con una

maquina apropiada para dicho fin, se tuvo que utilizar la maquina universal, reduciendo así la escala de las muestras en forma proporcional.

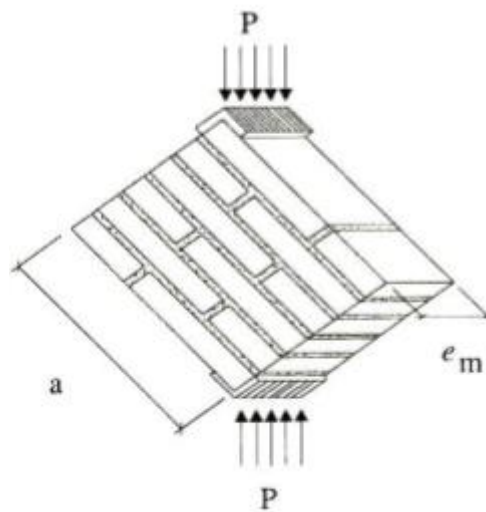
- Se debe registrar la carga máxima a la cual falla la muestra.
- La resistencia ultima debe ser mayor o igual a 0.025 MPa=0.25 Kgf/cm²

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Con los registros de la carga máxima se calcula la resistencia a la tracción indirecta de muretes con la siguiente formula.

$$f'_t = \frac{P}{2ae_m} \quad ; \quad v_m = 0.40f'_t$$

Imagen N° 04. Dimensiones del murete.



Fuente: “Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” 2017

Donde:

f'_t = Esfuerzo último del murete en tracción indirecta (kgf/cm²)

v_m = Esfuerzo admisible de corte (kgf/cm²)

P = Carga Máxima (kgf)

a, e_m = Lado y espesor del murete respectivamente (cm).

La resistencia última se debe calcular como la media aritmética de los 4 mejores muestras (de 6 muestras), lo cual debe ser igual o mayor a la resistencia última indicada.

CAPÍTULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

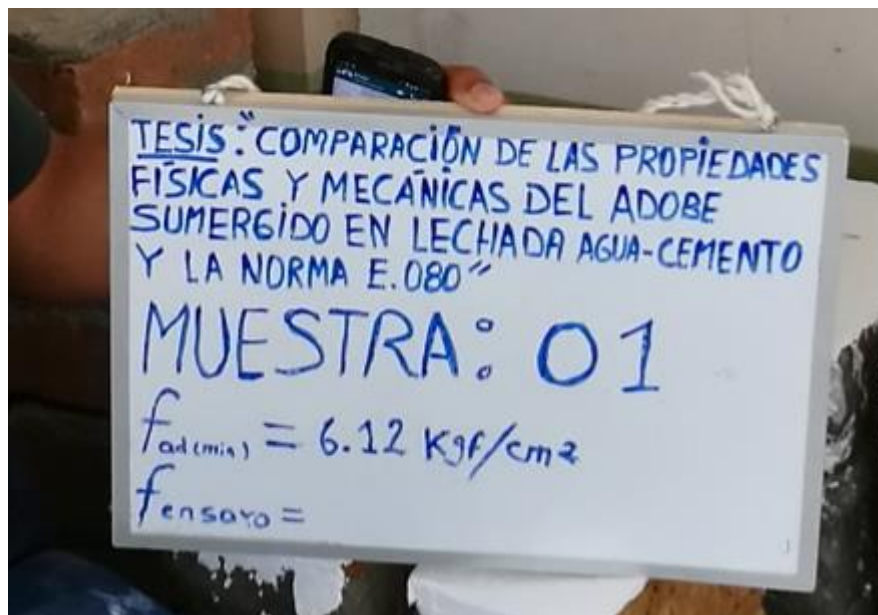
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MUESTRAS A ENSAYAR

El adobe seco durante 15 días para su traslado de la ciudad de Jesús a la ciudad de Huánuco, se empezó a realizar los diversas muestras, lo cual contado desde la elaboración de las muestras, secaron por 28 días para su ensayo correspondiente.

Para los ensayos se identificaron las muestras con números, debido a su distinción y fácil reconocimiento de los diversos tipos de ensayos.

Fotografía N° 03. Identificación de las muestras.



3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Previo a los ensayos tomar todas las dimensiones de las muestras así también como su peso, para poder hallar otras propiedades, físicas principalmente.

CONSIDERACIONES

- Conocimiento de las propiedades del material y su variabilidad.
- Dimensiones reales de las muestras.
- Calidad de la mano de obra para la realización de las muestras.
- Evaluación de las cargas aplicadas y la determinación de los esfuerzos.

3.2.1. RELACIÓN ÓPTIMA AGUA CEMENTO:

Como sabemos a menor relación Agua/cemento mejor resistencia de la mezcla, por lo que buscamos la mejor relación.

Relación $A/C=0.5$: en esta relación se utilizó 250 g de agua y 500 g de cemento, encontrándose con una mezcla muy espesa, se sumergió el adobe por diversos periodos de tiempo, encontrando muy poca penetración y aumentando significativamente las dimensiones del adobe, que al ponerlo a secar se desprendía la lechada por ser muy pesada, dejando grandes desperfectos al adobe, la misma que a la vez sería más costosa.

Relación $A/C=0.7$: en esta relación se utilizó 350 g de agua y 500 gramos de cemento, obteniendo una mezcla relativamente espesa, de la misma forma

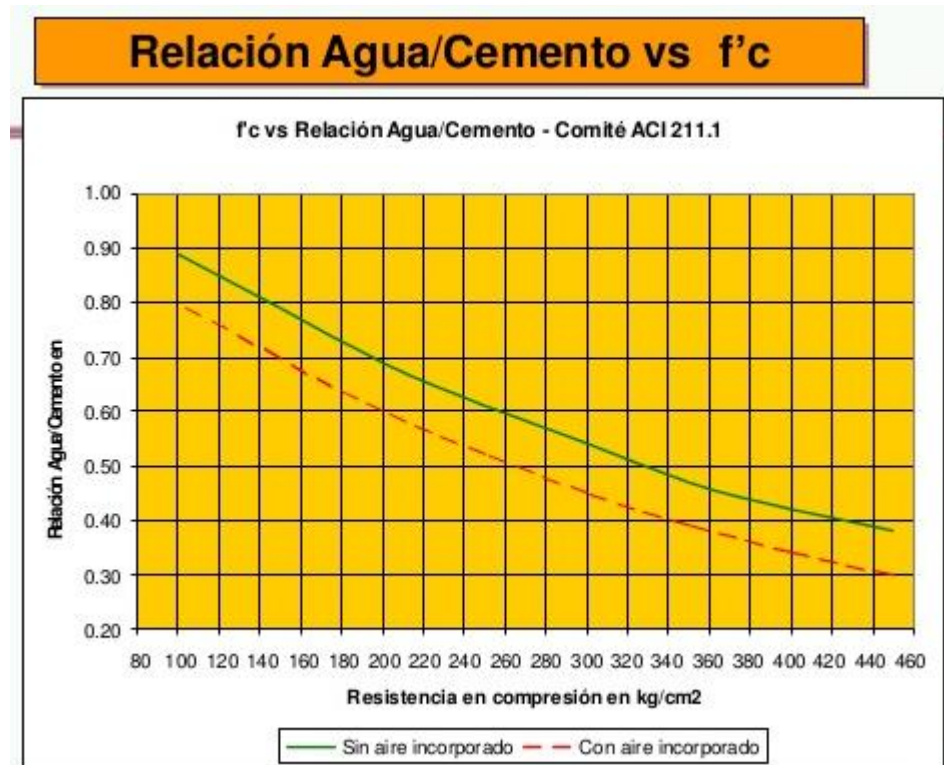
aumentado sus dimensiones del adobe ya que se incrustan en el adobe grosores de hasta 1.5 cm de espesor, muy poca penetración en el adobe, y se desprendía del adobe al secarse.

Relación A/C=0.8: en esta relación se utilizó 400 g de agua y 500 gramos de cemento, la mezcla resultante es relativamente más aguada, al sumergir el adobe dio como resultado, una superficie desvariada, con una superficie no uniforme al momento del secado, mayor adherencia en el adobe, no se desprende tan fácil de la misma.

Relación A/C= 0.85: en esta prueba se utilizó 5,400 gr de agua y 6,353 gr de cemento, en esta prueba se observó mayor incrustación de la mezcla en el adobe, superficie más uniforme al secarse, con esta relación se tiene una resistencia $f'c = 115 \text{ kg/cm}^2$ aproximadamente según el grafico N° 01.

Al ensayar las muestras de la lechada en cubos de 2"x2"x2" se tuvo una resistencia a la compresión en los primeros 7 días de 85 Kgf/cm², a los 14 días 110 Kgf/cm², y a los 28 días una resistencia de 135 Kgf/cm²

Grafico N° 01. Resistencia de la lechada según relación agua cemento.



Fuente: “Tecnología del Concreto, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas” 2015

3.2.2. TIEMPO ÓPTIMO DE SUMERSIÓN DEL ADOBE EN LA LECHADA AGUA - CEMENTO:

En esta parte se buscó el tiempo óptimo de sumersión del adobe en la lechada.

Es claro que cuanto más tiempo este sumergido el adobe, tendrá a lugar mayor penetración en la misma, por lo que el tiempo optimo seria cuando el adobe empiece a perder su capa exterior, es decir que empiece a desprenderse pequeñas cantidades de tierra.

En base a este razonamiento el tiempo óptimo de sumersión que cumple estas condiciones vario de 9 a 10 minutos, buscando uniformizar para la realización de las muestras los adobes fueron sumergidos durante 9 minutos y 30 segundos.

Después de 4 horas de fraguado las muestras sumergidas, y viéndose que algunas partes del adobe no estaba en su totalidad embebido de la lechada, se sumergió nuevamente por 10 segundos, dando como resultado una superficie totalmente uniforme y cubierto en su totalidad por la mezcla.

Se curó y se deje secar durante 3 días para posterior empezar a realizar las muestras de unidad, pilas y muretes.

Fotografía N° 04. Sumersión del adobe en la lechada Agua - Cemento.



3.2.3. DENSIDAD:

DENSIDAD UNIDAD

Tabla N° 04. Resultado de densidad, Para unidades de adobe normal.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m3)	densidad (Kg/m3)
	ancho(m)	largo (m)	alto (m)			
UNIDAD - 01	0.12	0.22	0.085	4.108	0.002244	1830.65954
UNIDAD - 02	0.12	0.22	0.085	4.032	0.002244	1796.79144
UNIDAD - 03	0.12	0.22	0.085	4.329	0.002244	1929.14439
UNIDAD-04	0.12	0.22	0.085	4.169	0.002244	1857.84314
					PROMEDIO	1853.60963

Fuente: "Elaboración propia"

Tabla N° 05. Resultado de densidad, Para unidades de adobe sumergido en lechada.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m3)	densidad (Kg/m3)
	ancho(m)	largo (m)	alto (m)			
UNIDAD- 01	0.125	0.225	0.09	4.346	0.00253125	1716.93827
UNIDAD - 02	0.125	0.225	0.085	4.291	0.00239063	1794.9281
UNIDAD - 03	0.125	0.22	0.09	4.618	0.002475	1865.85859
UNIDAD-04	0.12	0.225	0.09	4.461	0.00243	1835.80247
					PROMEDIO	1803.38186

Fuente: "Elaboración propia"

DENSIDAD PILAS

Tabla N° 06. Resultado de densidad, Para pilas con adobe normal.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m ³)	densidad (Kg/m ³)
	ancho(m)	largo (m)	alto (m)			
PILA 01	0.12	0.22	0.4	19.386	0.01056	1835.79545
PILA 02	0.12	0.22	0.41	19.046	0.010824	1759.60828
PILA 03	0.12	0.22	0.415	19.283	0.010956	1760.04016
PILA 04	0.12	0.225	0.405	19.368	0.010935	1771.19342
PILA 05	0.12	0.22	0.41	19.372	0.010824	1789.72653
PILA 06	0.125	0.22	0.415	19.399	0.0114125	1699.80285
					PROMEDIO	1769.36112

Fuente: "Elaboración propia"

Tabla N° 07. Resultado de densidad, Para pilas con adobe sumergido en lechada.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m ³)	densidad (Kg/m ³)
	Ancho (m)	largo (m)	alto (m)			
PILA 01	0.125	0.225	0.419	22.18	0.01178438	1882.15327
PILA 02	0.125	0.225	0.415	21.56	0.01167188	1847.17537
PILA 03	0.125	0.225	0.418	21.97	0.01175625	1868.7932
PILA 04	0.125	0.225	0.425	21.9	0.01195313	1832.15686
PILA 05	0.125	0.225	0.412	21.62	0.0115875	1865.80367
PILA 06	0.125	0.225	0.417	21.68	0.01172813	1848.54783

PROMEDIO	1857.43837
----------	-------------------

Fuente: “Elaboración propia”

DENSIDAD MURETES.

Tabla N° 08. Resultado de densidad, Para muretes con adobe normal.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m3)	densidad (Kg/m3)
	ancho(m)	largo (m)	alto (m)			
MURETE 01	0.12	0.34	0.32	23.2	0.013056	1776.96078
MURETE 02	0.12	0.355	0.31	23.773	0.013206	1800.16659
MURETE 03	0.12	0.35	0.305	23.16	0.01281	1807.96253
MURETE 04	0.12	0.355	0.3	23.68	0.01278	1852.89515
MURETE 05	0.12	0.345	0.33	23.25	0.013662	1701.80061
MURETE 06	0.12	0.35	0.31	23.74	0.01302	1823.34869
					PROMEDIO	1793.85573

Fuente: “Elaboración propia”

Tabla N° 09. Resultado de densidad, Para muretes con adobe sumergido en lechada.

muestra	dimensiones			peso (kg)	volumen (m3)	densidad (Kg/m3)
	ancho(m)	largo (m)	alto (m)			
MURETE 01	0.125	0.355	0.315	25.79	0.01397813	1845.02571
MURETE 02	0.125	0.36	0.34	27.49	0.0153	1796.73203

MURETE 03	0.125	0.36	0.32	24.94	0.0144	1731.94444
MURETE 04	0.125	0.35	0.32	27.31	0.014	1950.71429
MURETE 05	0.125	0.355	0.33	27.45	0.01464375	1874.51985
MURETE 06	0.125	0.345	0.325	25.88	0.01401563	1846.51059
					PROMEDIO	1840.90782

Fuente: “Elaboración propia”

3.2.4. SUCCIÓN:

Primeramente las unidades se pesaron, luego se metieron al horno a una temperatura de 100° C durante 5 horas, si bien la norma establece por 24 horas pero con la finalidad de evitar el proceso de cocción y que dicho tiempo es para ladrillos, se buscó el tiempo de secado en horno del adobe.

Pasado las 5 horas de secado a 100°C se notó que el adobe prácticamente su peso se mantenía constante. Por lo que el tiempo de secado en horno para estos adobes a 100 °C es en promedio de 5 horas.

Luego se tomaron las dimensiones de la cara del espécimen que estará en contacto con el agua.

Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla N° 10. Resultado de Succión, para adobes normal y sumergido.

N° de Muestra	Base(cm)	Largo (cm)	Área superficie (cm ²)	peso inicial (gr)	Peso seco (gr)	Peso con agua (gr)	peso agua succionada (gr)	Succión (gr/min/200 cm ²)	succión promedio (gr/min/200cm ²)
A-1	12	22	264	4280	4205	4246	--	--	
A-2	12	22	264	4200	4130	4169	--	--	
Ac-1	12.5	22.5	281.25	4346	4237	4335	98	69.7	62.9
Ac-2	12.5	22.5	281.25	4291	4186	4265	79	56.2	

Fuente: “Elaboración propia”

En el cuadro A es las muestras de adobe normal, y Ac son las muestras de adobe sumergido en lechada.

A pesar que las muestras de adobe normal presentaron un peso seco menor que el peso con agua succionada, la succión fue imposible determinarla, debido a que el peso final no se contabiliza al peso de las partículas que se desprendieron (desintegraron) en la cara en contacto con el agua.

En estas muestras se puede observar que el agua tuvo un ascenso capilar de 9.5mm⁶.

⁶ En las tesis de Cabrera, D. (2010) y Delgado, E. (2006). El ascenso capilar de sus muestras de adobe haciende de 1 a 2.5 cm, tomando estas referencias podemos decir que nuestra muestra de adobe tiene bajo ascenso capilar, ya que la norma no estable rangos para definir estos parámetros.

Fotografía N° 05. Ascenso capilar del agua en la muestra del adobe normal.



Por otro lado en las muestras sumergido en lechada no se desprendieron partículas por lo que si se puedo determinar la succión, la succión promedio resulto de 62.9 gr/min/200cm².

En estas muestras el ascenso capilar fue en promedio de 3.5 cm, esto debido a que el concreto tiene mayor capacidad de absorción del agua, y debido a que estuvo en el horno a 100°C perdió todo el agua y su calor de hidratación se elevó, y al contacto con el agua trata de equilibrar su calor, también se notó al desprender la capa de la lechada la succión básicamente es de esta capa mas no humedeciendo el adobe.

⁷ En concordancia de la NTP 399.613 y la norma E.070, artículo 10 “especificaciones Generales”, título 10.4. inciso b, establece para ladrillo de arcilla la succión promedio que se debe aceptar es de 10 a 20 gr/mim/200cm², teniendo como base estos parámetros podemos establecer parámetros para definir si nuestra succión es alto o bajo para nuestra muestra de adobe.

Fotografía N° 06. Ascenso capilar del agua en la muestra del adobe sumergido en lechada Agua- cemento.



3.2.5. ABSORCIÓN:

Transcurrido el tiempo de secado, en este caso igual tiempo que para succión, se extrajeron del horno las muestras, para luego pesarlas con una aproximación de 0.5gr y proceder a colocar a cada espécimen en su respectiva batea.

El proceso de degradación en los adobes convencionales se dio a los 9 minutos de contacto con el agua, generándose el desmoronamiento de partículas ubicadas en el contorno, pasado las 4 horas y media el agua llegó ingresar al núcleo, saturándolo casi por completo, haciendo del mismo una masa de barro sin consistencia ni capacidad portante, adicionalmente se formó una espuma,

producto del aire contenido en los vacíos y unas partículas sucias livianas emergieron a la superficie.

Finalizada las 24 horas de inmersión, los especímenes de adobe terminaron por desintegrarse, produciéndose un desmoronamiento total y formándose un desmorte trapezoidal, perdiendo totalmente su resistencia y consistencia, haciendo imposible su extracción para la medición de los pesos en estado saturado.

Fotografía N°07. Adobe normal trascurrido 4: 30 horas de sumergido.



En el caso del adobe sumergido en lechada, trascurrido 4:30, empieza a verse rajaduras, por el mismo hecho de que el agua empieza a filtrar y aumenta el volumen del adobe.

Empezó a generarse pequeños desprendimiento de capas de la lechada seca ocasionado mayor penetración del agua.

Trascurrido las 24 horas de inmersión, al retirar de la bandeja se genera un desprendimiento de material, pero al contrario del adobe convencional no se generó una destrucción total del espécimen.

Fotografía N° 08. Estado del adobe con lechada trascurrido 24 horas de sumergido.



En ambos casos es imposible hacer la medición por que los adobes terminaron por desintegrarse y fracturarse.

3.2.6. COMPRESIÓN (UNIDAD):

Como resultado de los diversos ensayos tenemos los resultados aceptables tal y como mostraremos líneas abajo.

Fotografía N° 09. Ensayo a la compresión de unidades de adobe normal y sumergido en lechada Agua - cemento.



Tabla N° 11. Resultado de ensayo a compresión, unidades de adobe normal.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	ancho(cm)	largo (cm)	alto (cm)		
UNIDAD 01	10	10	10	2480.2	24.8
UNIDAD 02	10	10	10	3407.3	34.07
UNIDAD 03	10	10	10	3126.2	31.26
UNIDAD 04	10	10	10	3424.8	34.25
UNIDAD 05	10	10	10	3620.8	36.21
UNIDAD 06	10	10	10	3400.2	34
UNIDAD 07	12.5	22.5	8.5	10800.8	38.4
UNIDAD 08	12.5	22.5	8.5	10866.9	38.64
				PROMEDIO	36.88

Fuente: "Elaboración propia"

Observamos que el valor promedio de las 4 mejores muestras ensayadas es $f_o = 36.88 \text{ Kg/cm}^2$, sobre pasando el valor mínimo que establece la norma $f_o=10.2 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla N° 12. Resultado de ensayo a compresión, unidades de adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	ancho(cm)	largo (cm)	alto (cm)		
UNIDAD 01	10	10	10	2808.5	28.09
UNIDAD 02	10	10	10	3400.3	34
UNIDAD 03	10	10	10	2774.8	27.75
UNIDAD 04	10	10	10	2970.3	29.7
UNIDAD 05	10	10	10	3515.4	35.15
UNIDAD 06	10	10	10	3426.8	34.27
				PROMEDIO	33.28

Fuente: “Elaboración propia”

3.2.7. TRACCIÓN (PARA EL MORTERO):

Tabla N° 13. Resultado de ensayo a tracción indirecta del mortero, pilas de adobe normal.

Muestra	Dimensiones		Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)		
M-1	12	23	264.3	0.48
M-2	12	23	210.76	0.38
M-3	12	23	228.61	0.41
M-4	12	23	255.26	0.46
M-5	12	23	222.56	0.4
M-6	12	23	215.48	0.39
			PROMEDIO	0.44

Fuente: “Elaboración propia”

La resistencia ultima del mortero a tracción indirecta es el promedio de las cuatro mejores muestras de seis la misma que debe ser mayor o igual a 0.12 kgf/cm²

$$\delta = \alpha \frac{P}{ab} = 0.44 \text{ kgf/cm}^2$$

Como podemos observar el resultado es mucho mayor a la resistencia última establecido por el reglamento E.080.

Fotografía N° 10. Falla del mortero en muestras de adobe normal.



Tabla N° 14. Resultado de ensayo a tracción indirecta del mortero, pilas de adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.

muestra	Dimensiones		Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)		
M-1	12.5	23.5	1335.1	2.27
M-2	12.5	24	1013.86	1.69
M-3	12.5	24	996.01	1.66
M-4	12.5	23.5	1112.25	1.89
M-5	12.5	24	1203.62	2.01

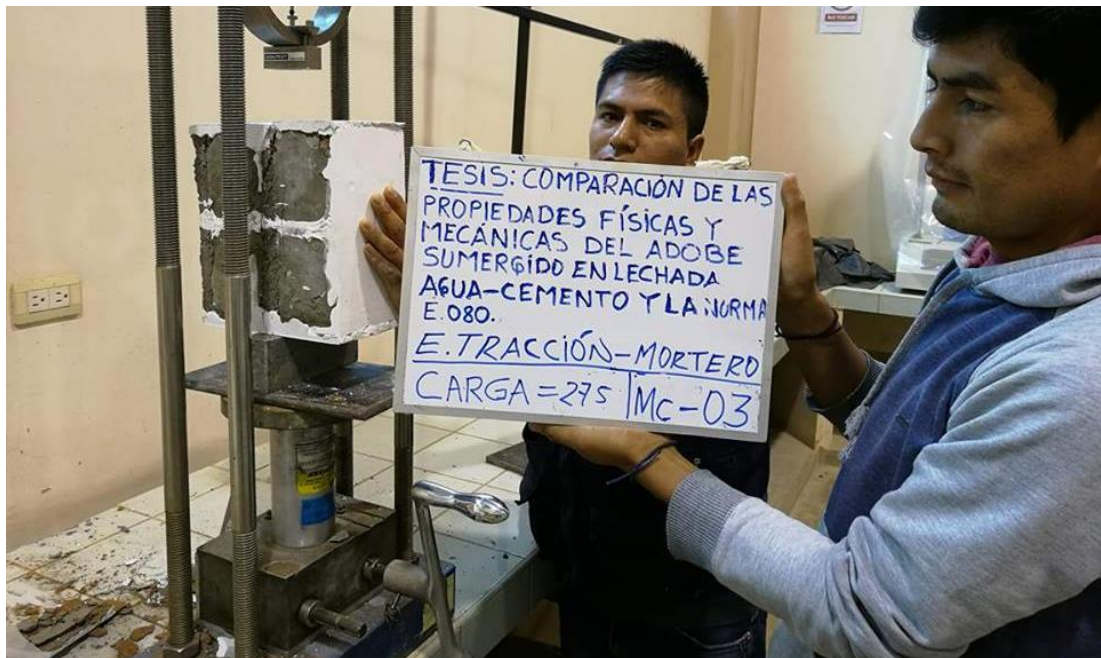
M-6	12.5	23.5	986.74	1.68
			PROMEDIO	1.97

Fuente: “Elaboración propia”

$$\delta = 1.97 \text{ kgf/cm}^2$$

El esfuerzo de tracción del mortero de concreto es mucho mayor que el del adobe normal, esto debido fundamentalmente a la mejor adherencia que se tiene en estas muestras.

Fotografía N° 11. Ensayo de tracción indirecta del mortero en muestras sumergidos en lechada Agua - Cemento.



3.2.8. COMPRESIÓN (PILAS):

La compresión de pilas se realizó en la maquina universal, obteniendo resultados satisfactorios, se muestran fotografías de los ensayos.

Fotografía N° 12. Ensayo a compresión de pilas, izquierda: adobe normal, Derecha: adobe sumergido en lechada.



Tabla N° 15. Resultado de ensayo a compresión, pilas de adobe normal.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)	alto (cm)		
PILA 01	12	22	40	4700	17.8
PILA 02	12	22	41	5110	19.36
PILA 03	12	22	41.5	4740	17.95
PILA 04	12	22.5	40.5	5200	19.26

PILA 05	12	22	41	5000	18.94
PILA 06	12.5	22	41.5	5024	18.27
				PROMEDIO	18.96

Fuente: “Elaboración propia”

La norma define f'_m o esfuerzo de compresión último como el valor promedio de las 4 mejores muestras de 6, la misma que debe ser mayor o igual a 6.12 Kgf/cm²

$$f'_m = 18.96 \text{ Kgf/cm}^2$$

Valor mucho mayor que lo mínimo solicitado.

Con ello podemos hallar f_m (Esfuerzo Admisible en Compresión de la Pila).

$$f_m = 0.40 f'_m = 7.58 \text{ Kgf/cm}^2$$

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento se obtendría $f_{ca} = 1.25f_m = 9.48 \text{ Kgf/cm}^2$.

Tabla N° 16. Resultado de ensayo a compresión, pilas de adobe sumergidas en lechada Agua - Cemento.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)	alto (cm)		
PILA 01	12.5	22.5	41.9	7130	25.35

PILA 02	12.5	22.5	41.5	6060	21.55
PILA 03	12.5	22.5	41.8	6660	23.68
PILA 04	12.5	22.5	42.5	5780	20.55
PILA 05	12.5	22.5	41.2	6543	23.26
PILA 06	12.5	22.5	41.7	5976	21.25
				PROMEDIO	23.46

Fuente: "Elaboración propia"

De los resultados se obtiene el esfuerzo a compresión último

$$f'_m = 23.46 \text{ Kgf/cm}^2$$

Esfuerzo Admisible en Compresión de la Pila.

$$f_m = 0.40 f'_m = 9.384 \text{ Kgf/cm}^2$$

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento.

$$f_{ca} = 1.25 f_m = 11.73 \text{ Kgf/cm}^2$$

3.2.9. TRACCIÓN INDIRECTA (MURETES):

A continuación se muestra fotografías de los ensayos a tracción indirecta de los dos tipos de especímenes.

Fotografía N° 13. Ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe normal.



Fotografía N° 14. Ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada.



Tabla N° 17. Resultado de ensayo a tracción indirecta, muretes de adobe normal.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)	alto (cm)		
MURETE 01	12	34	34	582	0.71
MURETE 02	12	35.5	35.5	385	0.45
MURETE 03	12	35	35	456	0.54
MURETE 04	12	35.5	35.5	615	0.72
MURETE 05	12	34.5	34.5	429	0.52
MURETE 06	12	35	35	536	0.64
				PROMEDIO	0.65

Fuente: “Elaboración propia”

El esfuerzo último del murete f'_t es el promedio de las cuatro mejores muestras.

$$f'_t = 0.65 \text{ Kgf/cm}^2$$

El esfuerzo ultimo mínimo sugerido por el reglamento E.080 es 0.25 Kgf/cm², por lo que el valor obtenido es aceptable ya que se encuentra por encima de dicho valor.

El esfuerzo ultimo de corte es $v_m = 0.40 f'_t$

$$v_m = 0.26 \text{ Kgf/cm}^2$$

Tabla N° 18. Resultado de ensayo a tracción indirecta, muretes de adobe sumergidas en lechada Agua - Cemento.

muestra	Dimensiones			Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
	Espesor (cm)	largo (cm)	alto (cm)		
MURETE 01	12.5	35.5	35.5	1109	1.25
MURETE 02	12.5	36	36	1999	2.22
MURETE 03	12.5	36	36	1545	1.72
MURETE 04	12.5	35	35	1679	1.92
MURETE 05	12.5	35.5	35.5	1352	1.52
MURETE 06	12.5	34.5	34.5	1487	1.72
				PROMEDIO	1.9

Fuente: "Elaboración propia"

El esfuerzo último del murete es:

$$f'_t = 1.90 \text{ Kgf/cm}^2$$

El esfuerzo último de corte es:

$$v_m = 0.76 \text{ Kgf/cm}^2$$

3.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.3.1. DENSIDAD:

Analizando los resultados obtenidos para la unidad, notamos que las unidades de adobes sumergidos en lechada son menos densos que las unidades normales, esto debido a que en las unidades con lechada tiene un ligero incremento en sus dimensiones, aumentando de esta manera el volumen y la masa de las mismas.

También podemos notar un incremento de peso en las unidades con lechada de 260 a 270 gramos con respecto a las unidades normales.

En las pilas podemos notar que la densidad de las unidades con lechada es ligeramente mayor que las pilas con adobe normal, esto debido a que para estos especímenes se utilizó mortero de concreto en relación 1:4, el incremento de peso en relación de una pila y otra es en promedio de 2 kilogramos y medio.

Con relación a los muretes se puede interpretar mejor los resultados, un metro cuadrado de muro de adobe normal de dimensiones de 12x22x8.5 pesa 215.15 kilogramos aproximadamente, y un metro cuadro de muro con adobe sumergido en lechada Agua - Cemento de dimensiones 12.5x22.5x9 (en promedio) pesara 230 kilogramos aproximadamente, como podemos apreciar el incremento de peso no es significativo.

3.3.2. SUCCIÓN.

En esta parte se vio que el adobe normal tiene una ligera capacidad de succionar agua, comprobando que se superó con grandes expectativas las condiciones del reglamento para que el adobe sea aceptado.

El adobe normal tuvo una ascensión capilar de 9.5mm en promedio, relativamente baja, por lo que podemos decir que tendrá una mayor resistencia al contacto con el agua.

No se pudo hallar la succión debido a que al contacto con el agua se desprendió partículas de la muestra, por lo que el peso con agua no sería real.

Respecto a las muestras de adobe con lechada se tuvo una succión de 62.9 gramos de agua en un minuto en un área de 200 cm², y una capilaridad de 3.5 cm, por lo que podemos decir que se tiene una succión media, esto debido a que el cemento se sigue hidratando y al contacto con el agua inmediatamente hay intercambio de calor, por otra parte al someterle a temperatura de 100°C se perdió todo el agua, por lo que el cemento elevó su calor de hidratación.

3.3.3. ABSORCIÓN.

El adobe convencional pasado 4 horas y media pierde toda capacidad de resistencia a esfuerzo, tiempo relativamente alto para un adobe convencional, por lo que podemos decir que el adobe es de una alta calidad.

Por el tiempo de duración sumergido en el agua también se podría decir que el material utilizado para la preparación de los adobes fueron los adecuados y de alta calidad, otra prueba anticipada que las pruebas de roturas serán satisfactorios.

Respecto al adobe con lechada, pasado las 4 horas y media se observó pequeñas rajaduras de la lechada este debido a que el agua penetrada aumentando el volumen del adobe ocasionando las mencionadas fisuras.

Se observó que dicha muestra presenta una alta resistencia al contacto con el agua, mejorando con grandes crees al adobe tradicional, mejorando de este modo esta propiedad física del adobe.

Este adobe sumergido al termino de 24 horas si bien se quebró al retirarlo de la bandeja pero no termino desintegrando, este adobe a las 12 horas de sumergido en el agua recién empezó a desprenderse pequeñas capas de la lechada, ocasionando así mayor penetración del agua.

En comparación a las dos muestras se notó grandemente que el adobe con lechada aumento considerablemente su resistencia al contacto con el agua.

3.3.4. ENSAYO A COMPRESIÓN DE UNIDADES.

Los ensayos a compresión de unidades de adobe normal en cubos de 10 cm de arista en promedio tubo una resistencia de 36.88 kgf/cm², cuyo valor es

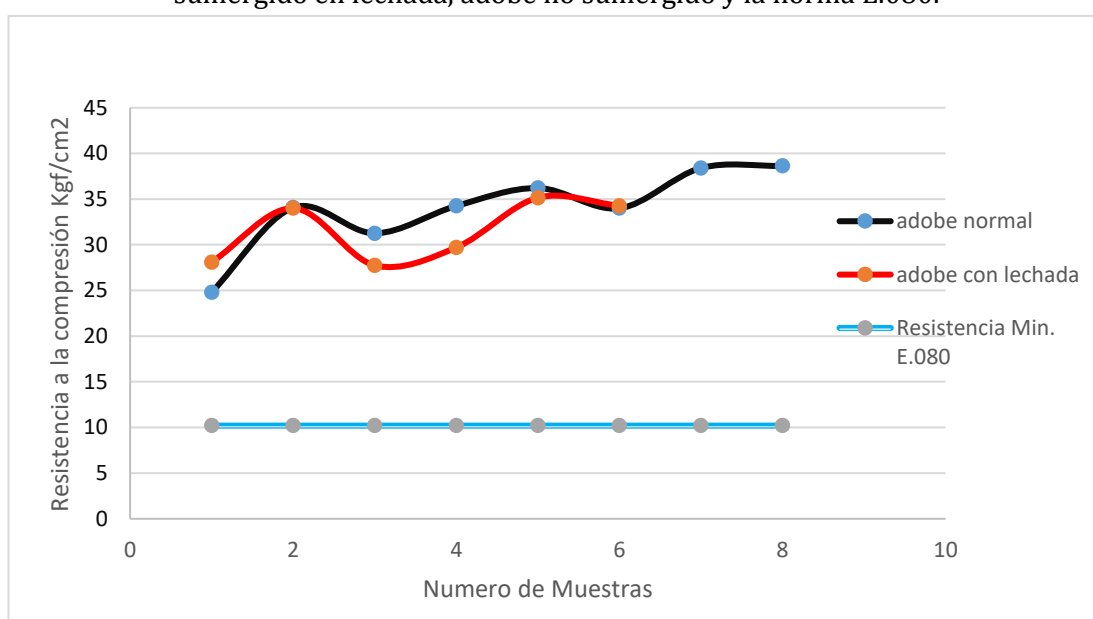
más del triple de lo requerido por el reglamento, pasando de esta manera una de los requerimientos para ser aceptada los adobes.

Las unidades de adobe sumergido en lecha tuvieron una resistencia en promedio de 33.28 kgf/cm².

Como se puede observar la resistencia bajo en 3 kgf/cm² esto debido a que al sumergirlo en la lecha de alguna manera ingresa agua, perdiendo de esta manera su compactación inicial, ya que al humedecerse tiende a aumentar su volumen esto hace que las fibras tiende a soltarse disminuyendo su resistencia.

En este sentido esto sería una desventaja encontrada en las unidades al sumergirlo en lechada agua cemento.

Grafico N° 02. Comparación de resultados de compresión de unidades entre adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080.



Fuente: "Elaboración propia",

Como se puede apreciar en el gráfico N°02 el 100% de las muestras pasan lo mínimo requerido por el reglamento, que en este caso es de 10.2 Kgf/cm².

También podemos notar los resultados entre el adobe sumergido y el no sumergido, tal como se explicó líneas arriba la resistencia disminuye en una pequeña cantidad en comparación al adobe normal, también se puede notar que algunas muestras superan la resistencia de los adobes tradicionales.

También se puede notar que los resultados no tienen muchas dispersiones, validando de esta manera nuestras muestras, por ende nuestros resultados.

3.3.5. ENSAYO A TRACCIÓN DEL MORTERO:

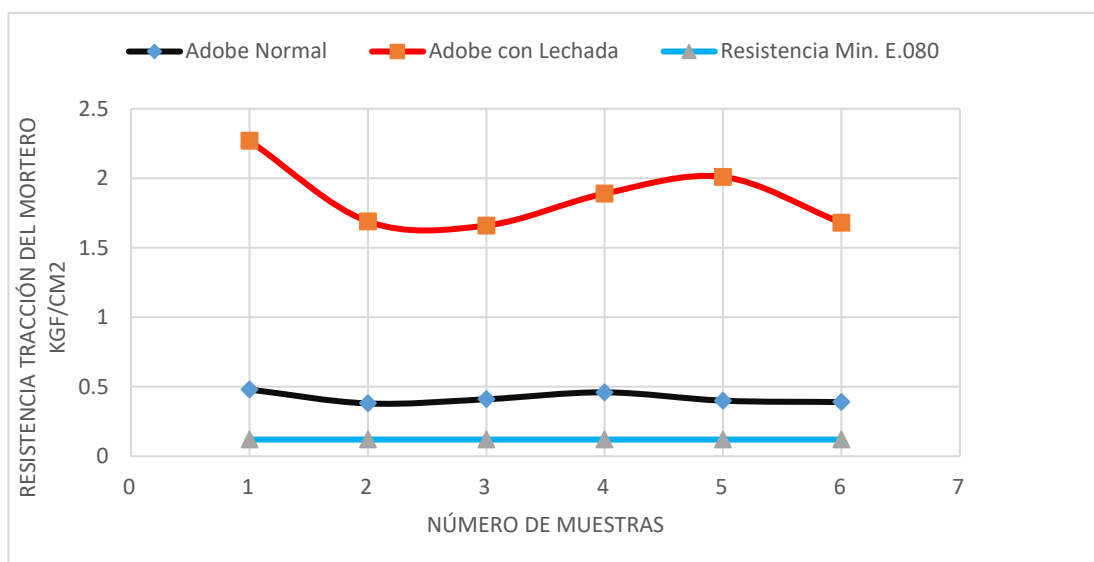
El ensayo para determinar la resistencia a la tracción indirecta del mortero nos dio como resultado valores altos en relación a lo establecido por la norma E.080 en su capítulo 8.3. Tanto de mortero de barro como mortero de cemento arena

La resistencia promedio de tracción indirecta del mortero fue de 0.44 kgf/cm² en más de tres veces mayor a lo requerido por el reglamento, en este ensayo fallo básicamente la adherencia entre el mortero y el adobe.

En el mortero para los adobes sumergidos en lechada fue en una relación de 1:4 (cemento: arena) que al ensayo en tracción indirecta de la muestra tuvo

una resistencia promedio de 1.97 kgf/cm², dieciséis veces mayor que lo requerido por la norma y 12 veces mayor que el mortero tradicional, el fallo ocurrió por la adherencia, claro está que hubo mayor adherencia en este tipo de probeta, viéndose en los resultados.

Grafico N° 03. Comparación de resultados a tracción de pilas para probar el mortero, con adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080.



Fuente: "Elaboración Propia".

Como se puede apreciar en el grafico N°03 el 100% de los resultados pasa lo mínimo requerido por la norma, y en la misma se puede notar la mejora de la resistencia del mortero a tracción de las muestras con lechada en comparación de las muestras con adobe normal, evidenciándose una vez más la mejor adherencia que tiene con el mortero.

También se nota en el gráfico que los resultados circundan a un valor promedio, de esta manera no existe mucha dispersión entre los resultados, validando de esta manera la confiabilidad de los resultados.

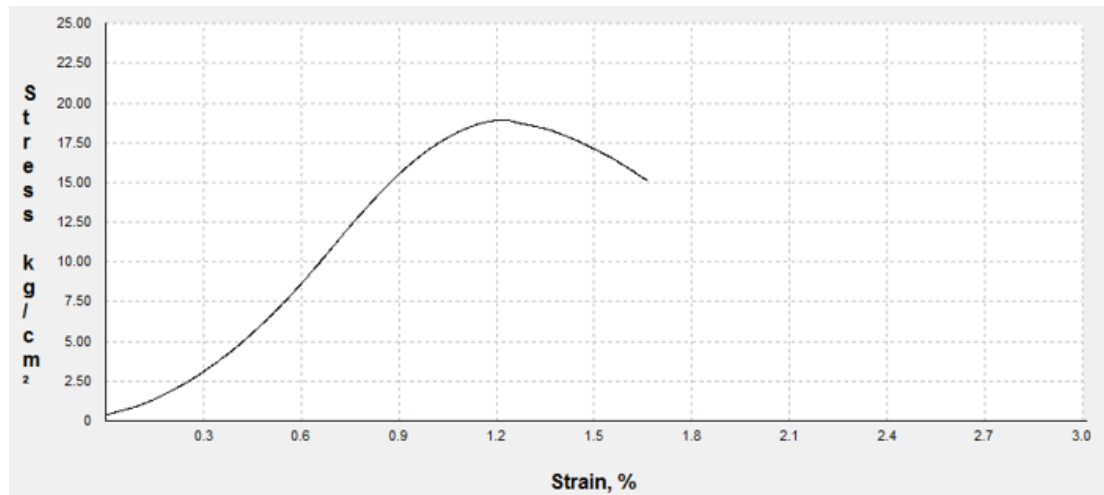
3.3.6. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PILAS:

En este ensayo en las muestras de adobe normal se encontró con una resistencia promedio de 18.96 kgf/cm² valor más del triple requerido por el reglamento, pasando con creces este requerimiento.

En esta parte también los puntos débiles fueron las juntas, fallaron los primeros los adobes en contacto con la máquina con fracturas a 45°, al desmenuzarse las muestras observamos que el mortero no tiene buena adherencia con el adobe, disminuyendo de alguna forma su resistencia.

El comportamiento de falla en la curva esfuerzo deformación, se tuvo una falla dúctil, es decir llegó a un máximo pero siguió resistiendo esfuerzo hasta llegar al colapso, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Grafico N° 04. Curva esfuerzo – deformación del ensayo a compresión de pilas con adobe normal.



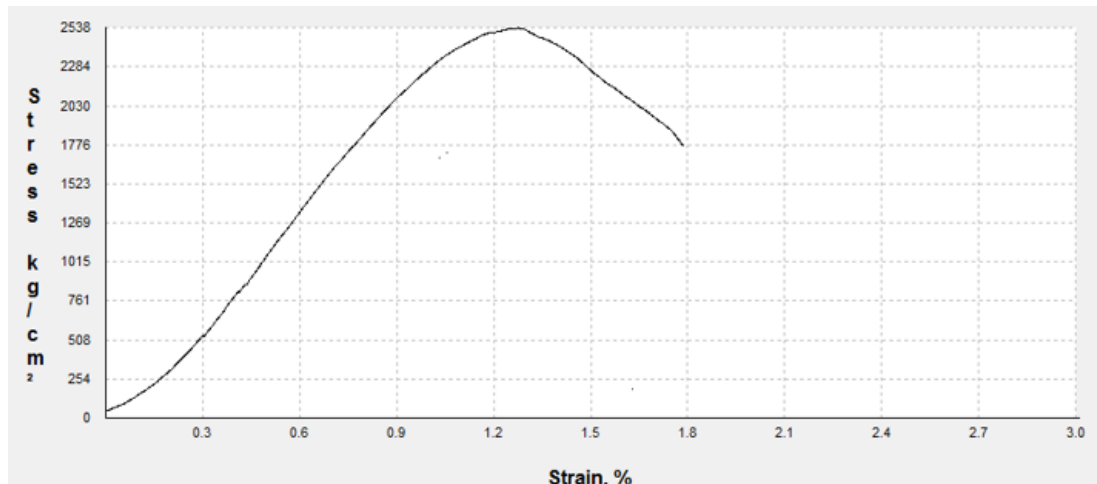
Fuente: “Laboratorio Estructuras FICA - UNHEVAL”

En los ensayos con pilas de adobes sumergidos en lechada agua cemento en promedio se llegó a una resistencia de 23.46 kgf/cm², valor superior a los ensayos con adobe normal.

La junta tuvo un mejor comportamiento, mejor adherencia, por lo que los resultados salieron mayores, mejorando de esta manera la resistencia a la compresión de pilas.

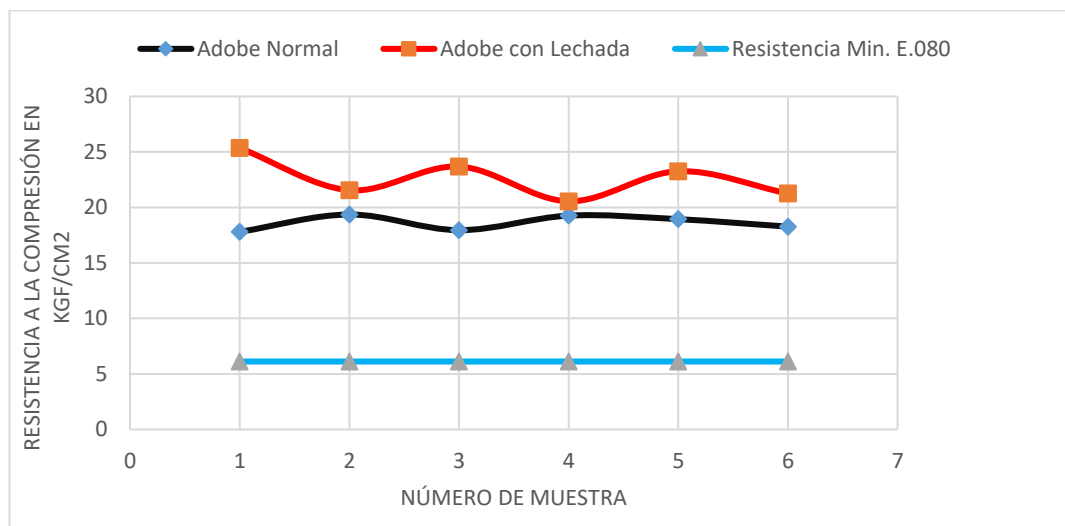
En estas muestras de la misma manera se tuvo un comportamiento dúctil semejante a las muestras del adobe normal.

Grafico N° 05. Curva esfuerzo – Deformación del ensayo a compresión de pilas con adobe sumergido en lechada Agua - Cemento.



Fuente: “Laboratorio Estructuras FICA - UNHEVAL”

Grafico N° 06. Comparación de resultados a compresión de pilas con adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080.



Fuente: “Elaboración Propia”.

Como se puede apreciar en el grafico N°06 los resultados de adobe normal y con lechada están por encima de lo solicitado por la norma, a la vez se nota también que el 100% de las muestras pasan dicho requerimiento.

Se nota también que el mayor valor de los resultados de pilas con adobe normal es inferior al menor valor de los resultados de las pilas con adobe sumergido en lechada, viéndose de esta manera la mejora visible al utilizar estos adobes.

También el grafico N°06 se puede notar que los resultados tienden a ser lineal, validando de esta manera la confiabilidad de los resultados.

3.3.7. ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA DE MURETES.

En esta parte se ensayó probetas de 35cmx35cm en promedio, dimensiones inferiores a lo requerido por el reglamento el cual recomienda 65cmx65cm, pero debido a que no se cuenta con una máquina para realizar ensayos con estas dimensiones, se redujo las dimensiones proporcionalmente.

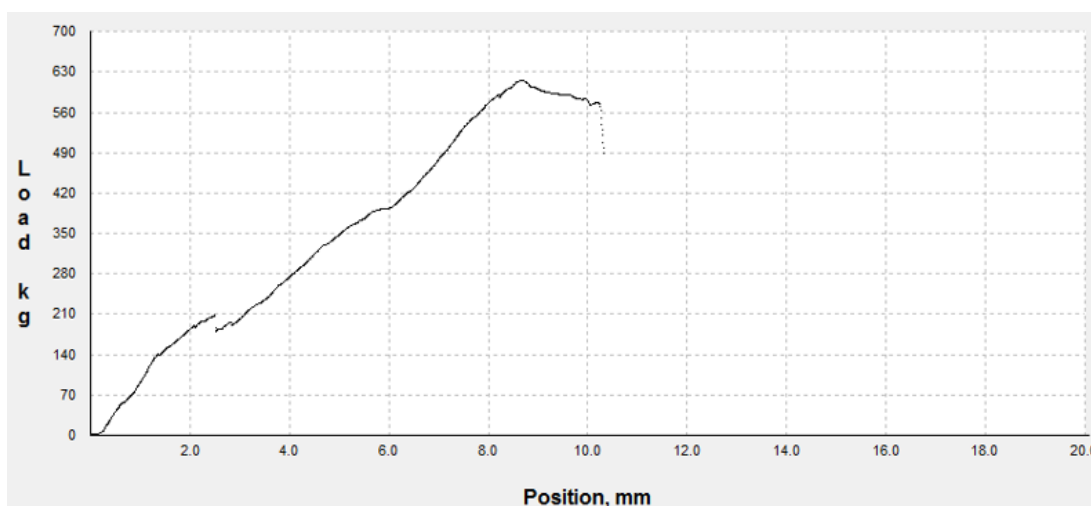
El ensayo a tracción indirecta dio resultados satisfactorios en comparación a lo requerido por el reglamento E.080, el cual nos solicita que la resistencia ultima sea mayor o igual a 0.25 kgf/cm².

En muretes con adobe normal se tuvo una resistencia promedio de 0.62 kgf/cm² casi el triple de lo requerido por la norma.

La falla se dio en las juntas, básicamente por adherencia, las unidades de adobe salieron intactas, originándose la rotura en la junta, viéndose de esta manera la baja adherencia que tiene el mortero y las unidades de adobe.

El comportamiento de los muretes fue dúctil, puesto que la rotura se origina después de haber alcanzado su resistencia máxima, existiendo una deformación anticipada a la correspondiente de la carga máxima.

Grafico N° 07. Curva esfuerzo – Deformación del ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe normal



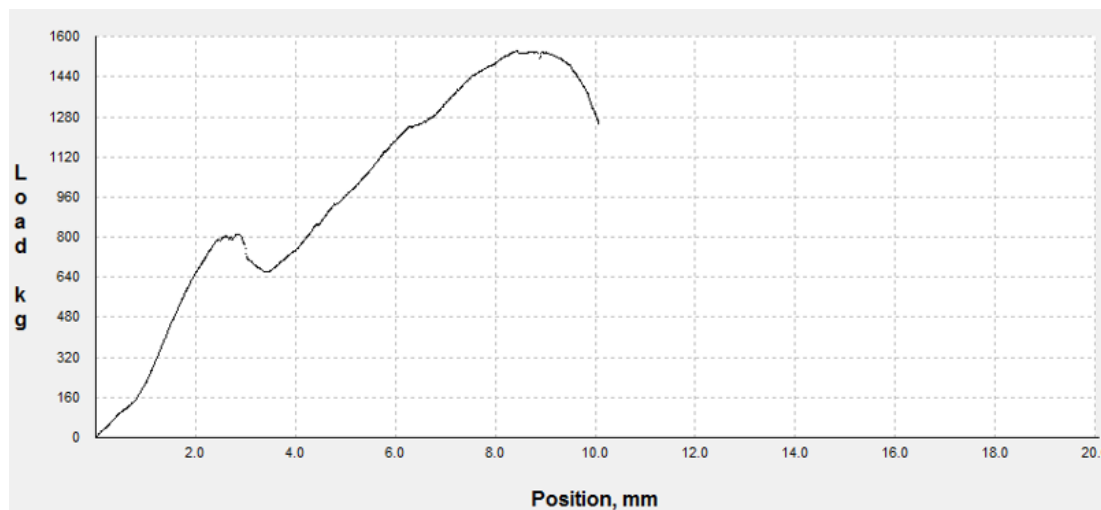
Fuente: “Laboratorio Estructuras FICA - UNHEVAL”

En lo que respecta a los ensayos de muretes con adobe sumergido en lechada agua cemento, la resistencia ultimo promedio fue 1.9 kgf/cm², valor casi 8 veces mayor a lo solicitado por el reglamento y mayor a tres veces que los muretes con adobe normal.

En esta parte también la falla se originaron en las juntas, en algunas muestras fallaron las unidades de adobe, viéndose de esta manera que las unidades de adobe con lechada mejora su adherencia con el mortero, tal y como podemos observar en los resultados y la inspección a los especímenes ensayados.

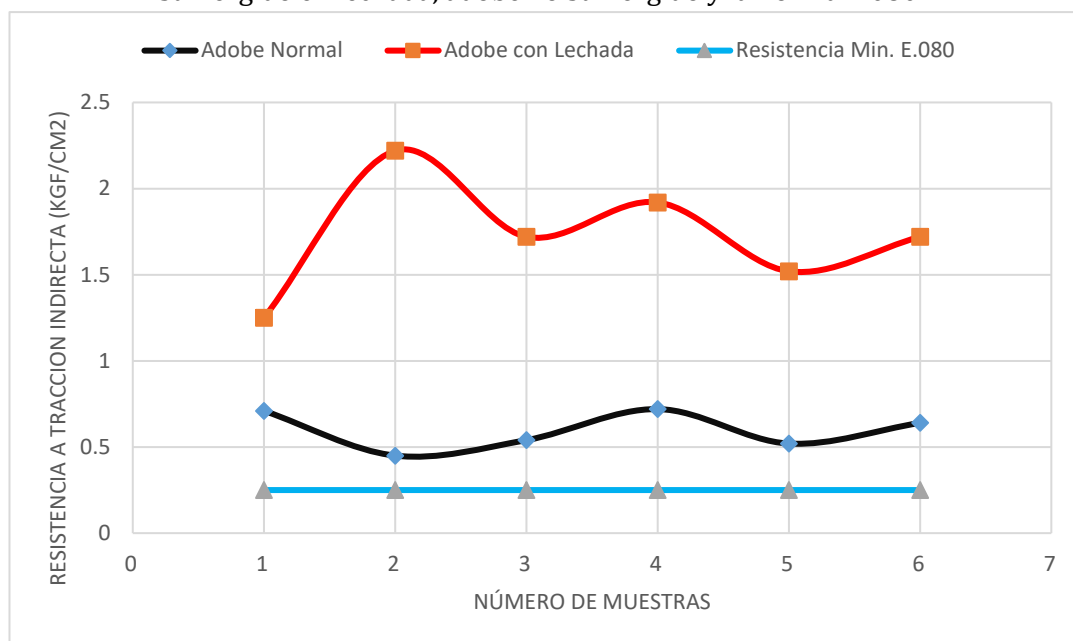
Las muestras también tuvieron un comportamiento dúctil, claro con comportamiento extraño en algunos tramos de la curva esfuerzo deformación.

Grafico N° 08. Curva esfuerzo – Deformación del ensayo a tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada Agua – Cemento.



Fuente: “Laboratorio Estructuras FICA - UNHEVAL”

Grafico N° 09. Comparación de resultados a tracción indirecta de muretes con adobe sumergido en lechada, adobe no sumergido y la norma E.080.



Fuente: “Elaboración Propia”

Como se puede apreciar en el grafico N°09 los resultados de todas las muestras están por encima de lo mínimo requerido por la norma, y las muestra con adobe sumergido, en comparación de las muestras con adobe normal están muy por encima, mejorando de esta manera en gran magnitud esta propiedad mecánica.

También se nota que los resultados tienden a lineal, de esta manera no hay gran dispersión de resultados, generando resultados confiables del 100% de las muestras.

3.3.8. ANÁLISIS DE COSTOS.

El adobe normal tamaño ladrillo en el mercado se vende a 20 céntimos, al sumergirlo en lechada Agua - Cemento aumenta 10 céntimos por unidad, ya que en 100 unidades se invierte 15 kilos de cemento, por lo que origina un costo final por unidad de 30 céntimos.

Haciendo el análisis de precio unitario en un metro cuadrado de muro con adobe normal y 2 cm de junta entra 41 adobes de 22cmx12cmx8.5cm, invirtiendo un total de 47.00 soles por metro cuadrado.

De la misma forma en un metro cuadrado con adobes sumergidos en lechada y una junta de 2cm entran 37 unidades de 22.5cmx12.5cmx9cm, invirtiéndose un total de 58.00 soles por metro cuadrado.

De esta manera los costos por unidad suben en 10 céntimos y por metro cuadrado de muro aumenta en 11 soles, montos bajos al comparar las ventajas que se ganan, lo cual compararemos en el siguiente ítem.

CONCLUSIONES

1. Como comparación de resultados mostramos el siguiente cuadro, las mismas que nos mostraran más claro las conclusiones de esta investigación.

tipo de ensayo	Norma E.080	adobe no sumergido	adobe sumergido
absorción	-	-	-
succión	-	-	62.9
compresión unidad	10.2	36.88	33.28
tracción mortero	0.12	0.44	1.97
compresión pilas	6.12	18.96	23.46
tracción indirecta muretes	0.25	0.65	1.9

Como se puede apreciar en el cuadro, la resistencia de las muestras con adobe sumergido mejora considerablemente, principalmente lo que es albañilería, es decir pilas y muretes.

2. En las pruebas de succión y absorción, en lo que es adobe no sumergido, no se pudo calcular dichos ensayos debido a que en contacto con el agua pierden material, la cual afecta con su peso verdadero alternado de esta manera los resultados; en lo que es succión con adobe sumergido se tuvo un resultado bajo, evidenciando de esta manera la mejora de esta propiedad debido a que al sumergirlo en lechada se pudo calcular este valor y la misma es relativamente bajo.

En las pruebas de absorción si bien es cierto que ambos especímenes se desintegraron, pero se notó grandemente la mejor resistencia del adobe

con lechada en contacto con el agua, que pasado 24 horas no se desintegro en su totalidad, lo cual si paso en el adobe normal pasado las 4 horas y media de estar en contacto con el agua, viendo de esta manera que el adobe adquiere una relativa impermeabilidad.

3. El tiempo de sumersión del adobe varía entre 9 a 10 minutos, pasado este tiempo el adobe empieza a perder su primera capa, también se notó que en menor tiempo de sumersión disminuye la adherencia entre la lechada y el adobe, considerando de esta manera el tiempo máximo de sumersión sin que el adobe pierda material de su primera capa, esto debido a que se sabe, cuanto más tiempo el adobe se encuentra en contacto con el agua esta pierde resistencia.

En los ensayos a compresión de las unidades se tuvo una pérdida de resistencia este debido a la sumersión del adobe en la lechada durante el tiempo antes mencionado.

4. La relación de agua cemento fue de 0.85, relación optima donde el adobe tubo mejor adherencia y se genera una superficie más uniforme para el correcto asentado con el mortero.
5. El incremento del precio al realizar el mejoramiento del adobe es de 10 céntimos por unidad. Y un promedio de 11 soles por metro cuadrado.
6. En el ensayo del mortero a tracción indirecta se tuvo in incremento de 1.53 kgf/cm². En comparación a la unidad patrón, que en este caso es pilas de dos adobes no sumergidos esto en porcentaje aumenta en más del 200%

7. En los ensayos a compresión de pilas se tuvo un incremento en la resistencia de 4.50 kgf/cm². comparado a pilas con adobe no sumergido, aumentado de esta manera en más del 20 % de su resistencia.
8. En los ensayos a tracción indirecta de muretes se tuvo un incremento en la resistencia de 1.28 kgf/cm². Comparado con muretes de adobes no sumergidos, incrementando su resistencia en más del 90 %
9. Entre las ventajas y desventajas del adobe sumergido en Lechada Agua – Cemento podemos mencionar:

VENTAJAS.

- Mayor capacidad de resistencia en contacto con el agua.
- Se impermeabiliza en un promedio del 70%.
- Mayor capacidad de resistencia en compresión de albañilería, tanto directo e indirecto.
- Mayor adherencia del mortero y las unidades de adobe.
- Se puede tarregar con mortero cemento – arena sin la necesidad de la utilización de mallas o alambres para la adherencia, disminuyendo de esta manera los costos de acabados.
- Alta adherencia del tarrageo con el muro, similar a muros de ladrillo.

DESVENTAJAS.

- Disminuye su resistencia a la compresión de la unidad.
- Un pequeño mayor costo.

- No existe maquinaria para sumergir los adobes en lechada y producir en grandes cantidades.
- Su manipulación y apilado es mucho más delicado, ya que al chancarlo se puede desprender las capas de la lechada.

10. El tipo de suelo que se utilizó para la fabricación de adobes es SP-SC arena mal graduado con arcilla, con un límite líquido de 28% y un plástico de 20%, es decir con un índice de plasticidad de 8% (plasticidad media con característica de suelo arcilloso).

11. En conclusión validamos la hipótesis General “la Lechada Agua – Cemento si mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe”.

SUGERENCIAS

1. En lo que refiere a las pruebas de absorción y succión, se recomienda realizar investigaciones respecto al tiempo de secado en horno, ya que no existe una norma específica para adobe, la cual en el presente trabajo se tomó como referencia procediendo para ladrillos, por lo que se buscó un tiempo adecuado de secado con el fin de evitar el proceso de cocción del adobe.

En la misma también se recomienda investigar el tiempo de sumersión en el agua para la prueba de absorción, ya que en un plazo de 24 horas como especifica la norma es demasiado alto para el adobe.
2. Hacer ensayos previos de sumersión definitiva de los adobes el tiempo óptimo en la cual el adobe puede estar sumergido, ya que esto varía de acuerdo a la calidad del adobe.
3. En la construcción y preparación de los adobes seguir los lineamientos del reglamento nacional de edificaciones, principalmente E. 0.80.
4. Debido a que se notó que la lechada no aporta una resistencia a esfuerzos como unidad, sino netamente de adherencia y mejor respuesta al contacto con el agua se podría disminuir relativamente la relación agua/cemento con el fin de disminuir costos.
5. Si se quiere utilizar adobes sumergidos en lechada para construcción, se recomienda que los adobes tengan una resistencia a la compresión de

unidades de 15 kgf/cm² a más, esto debido a que se generen pérdidas de resistencia al sumergir en la lechada.

6. Debido a que el principal problema en las fallas en los ensayos es la adherencia del mortero y las unidades, se puede realizar investigaciones para mejorar la adherencia.
7. Diseñar y verificar los resultados en una vivienda.
8. Determinar a escala real el comportamiento estructural, al usar estos adobes mejorados.

BIBLIOGRAFIA

- Abanto Castillo, F. (2000). Tecnología del Concreto. Lima: San Marcos.
- Apac, R. A., (1993) Tesis: Estudio-Propuesta Experimental para Mejorar el comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a las sollicitaciones sísmicas. Huánuco: UNHEVAL.
- Cabrera, D., (2010.). Tesina: Mejoramiento de las Construcciones de Adobe ante una Exposición Prolongada de Agua por efecto de Inundaciones. Lima: PUCP.
- Cobreros, C., (n. d.). Tesina: Uso de Fibras Vegetales Procedentes de Explotaciones Agrícolas en la Edificación Sostenible. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Delgado, E., (2006). Tesis: Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado. Lima: PUCP.
- INSTRON, (n. d.). Glossary of Materials Testing. Obtenida el 04 de junio de 2013, de <http://www.instron.com.ar/wa/glossary/>
- Morales, R., Torres, R., Rengifo L. A., Irala, C. (1993). Manual para la Construcción de viviendas de Adobe. (pp. 39 - 59) Lima: Talleres Gráficos de Víctor Castillo M.
- Perú. Ministerio de Construcción Vivienda y Saneamiento. (2017). Norma E-80 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima: El Peruano.
- Perú. Ministerio de Construcción Vivienda y Saneamiento. (2006). Norma E-80 Adobe. Lima: El Peruano.
- USAC (2002, p. 10) Preparando mi casa para futuros eventos climatológicos. Obtenida el 04 de junio de 2013, de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc15314/doc15314-b.pdf>
- PUCP – CIID (n. d.) Nuevas casas resistentes de adobe. Lima: SENCICO.

- Rubiños, A. C. (2009). Tesis: Propuesta de reconstrucción post terremoto de Viviendas de Adobe Reforzado. Lima: PUCP.
- Zelaya, V. A. (2007). Tesis: Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.

ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N° 01. Extracción de tierra de la cantera de cruz pata.



Fotografía N° 02. Prueba de color, dental y olfativa de la muestra de tierra.



Fotografía N° 03. Prueba de la resistencia seca de la bolita – cantera cruz pata



Fotografía N° 04. Prueba de la botella, de la cantera Tin Tin y cruz pata.



Fotografía N° 05. Muestra lavada listo para el análisis granulométrico.



Fotografía N° 06. Muestra en proceso de tamizaje.



Fotografía N° 07. Muestra en proceso de cálculo del Limite Liquido.



Fotografía N° 08. Muestra en proceso de cálculo del Limite Plástico.



Fotografía N° 09. Muestras extraídas del horno listas para cálculo de peso seco.



Fotografía N° 10. Preparación del barro para la fabricación del adobe reforzado.



Fotografía N° 11. Tesistas en proceso de fabricación de los adobes reforzados.



Fotografía N° 12. Preparación del mortero (Laboratorio de Suelos Fica-Unheval).



Fotografía N° 13. Asentado de Pilas de Adobe Normal (Laboratorio de Suelos-FICA).



Fotografía N° 14. Asentado de Muretes de Adobe Normal (Laboratorio de Suelos).



Fotografía N° 15. Capeo de Unidades de Adobe Normal para ensayo a Compresión.



Fotografía N° 16. Sumergido de Adobe Normal en Lechada Agua/Cemento.



Fotografía N° 17. Ensayo a compresión de unidades de adobe sumergidas en A/C.



Fotografía N° 18. Ensayo a compresión de unidades de Adobe Normal (10*10*10cm).



Fotografía N° 19. Ensayo a compresión de unidades de adobe Normal (22x12x8.5cm)



Fotografía N° 20. Pilas capeadas listas para ser ensayadas en la maquina universal.



Fotografía N° 21. Ensayo a compresión de pilas de adobe normal.



Fotografía N° 22. Tesistas y personal de laboratorio ensayo a compresión de pilas.



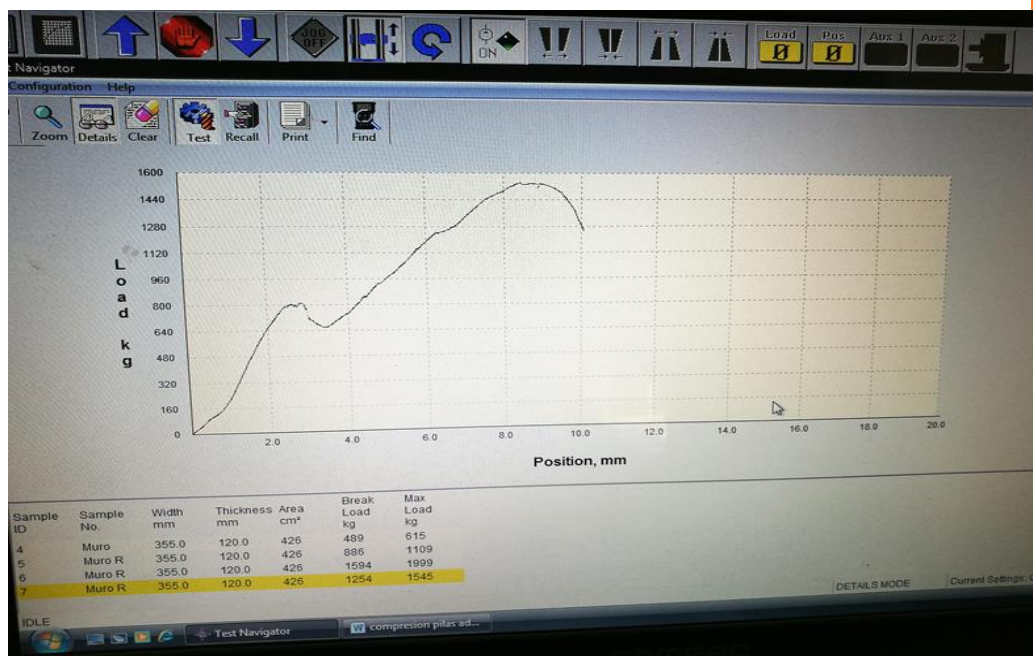
Fotografía N° 23. Ensayo a compresión de pilas de adobe sumergido en A/C.



Fotografía N° 24. Tracción Indirecta de muretes de adobe normal.



Fotografía N° 25. Tracción Indirecta de muretes de adobe sumergido en lechada a/c.



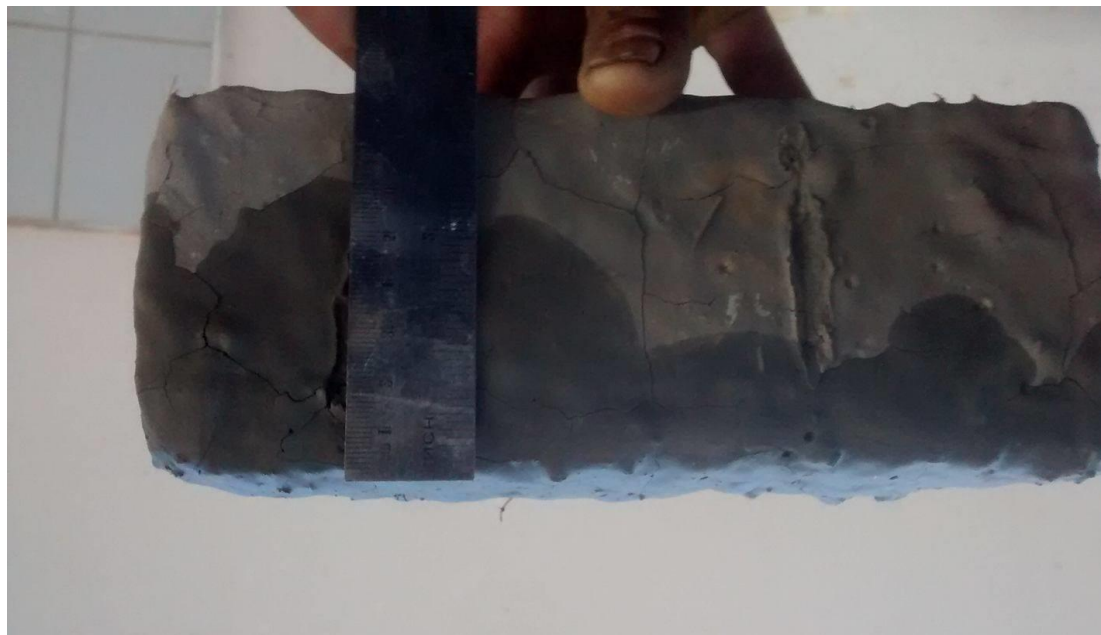
Fotografía N° 26. Grafica del ensayo tracción indirecta de muretes (esf./defor.).



Fotografía N° 27. Ensayo de absorción de adobe sumergido en lechada a/c.



Fotografía N° 28. Ensayo de absorción de adobe adobe normal.



Fotografía N° 29. Ensayo de succión del adobe sumergido en lechada A/c.



Fotografía N° 30. Ensayo de succión del adobe normal.



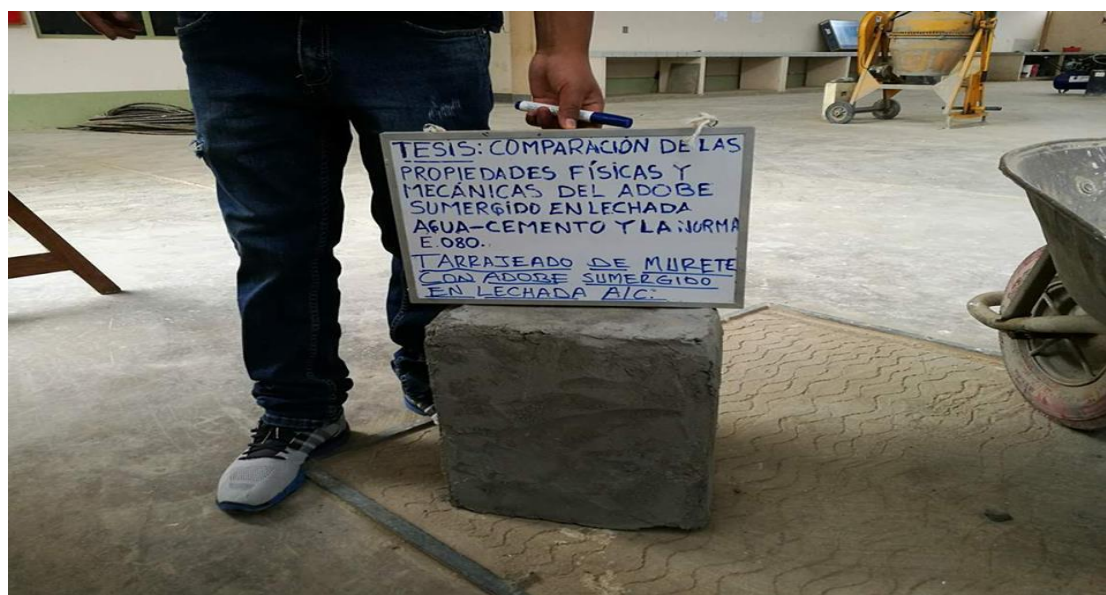
Fotografía N° 31. Ensayo de tracción indirecta de mortero con adobe normal



Fotografía N° 32. Ensayo de tracción indirecta de mortero con adobe sumergido a/c.



Fotografía N° 33. Ensayo de resistencia a compresión de la lechada $a/c=0.85$.



Fotografía N° 34. Tarrajeado de murete con adobe sumergido en lechada a/c .

RESULTADOS Y APUNTES DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.

**COPIA DE RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PLAN DE TESIS. Y
SUSTENTACIÓN DE TESIS**