

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

**TESIS PARA OBTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Renzo Alcantara Aguinaga**

**ASESOR**

**Cesar Eduardo Cachay Lazo**

**<https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>**

**Chiclayo, 2023**

**Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas entre  
bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema  
Consolid y óxido de calcio**

PRESENTADA POR  
**Renzo Alcantara Aguinaga**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Juan Merino Roncero  
PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
SECRETARIO

Cesar Eduardo Cachay Lazo  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres Luz Angelica Aguinaga Ramos y Juan Pablo Alcántara Rodríguez, y a mi hermano Fabrizio Alcántara Aguinaga, por apoyarme y animarme a seguir adelante durante toda mi formación académica, y ahora más al culminar esta etapa de mi vida.

A mis amigos y familia, que me ayudaron durante la elaboración de mi proyecto de investigación, y por demostrarme que puedo contar con ellos cuando sea necesario. Y una mención especial a mis mascotas Birko y Sasha, que me acompañaron fielmente todas las noches en las que debía quedarme hasta tarde a avanzar.

## **Agradecimientos**

Agradecer inmensamente y con toda sinceridad a todas las personas que me ayudaron en mayor o menor medida en el desarrollo de este proyecto de investigación: a mis padres y mi hermano por no dudar de mi capacidad y de alentarme a seguir adelante. A mi familia y amigos que me ayudaron con la recolección de material y los contactos necesarios para elaborar mi proyecto de investigación y por solidarizarse conmigo. A la universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por los años de formación y las oportunidades. Y a mi asesor, el ingeniero Cesar Eduardo Cachay Lazo, por orientarme en el desarrollo de mi tesis.

## Informe de Tesis - Renzo Alcantara

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>15%</b>	<b>14%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repository.eafit.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>documentop.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>97</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>123</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>125</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>129</b>

## RESUMEN

La necesidad de plantear mejoras en el comportamiento de los bloques de adobe en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas es de suma importancia, esto debido a que a nivel mundial resulta ser uno de los materiales de construcción más utilizados, sobre todo en zonas donde los niveles de desarrollo son muy bajos. Y es que ello implica que su implementación no siga las regulaciones que las normas establecen para su uso, lo que supone un riesgo para la población, principalmente en zonas sísmicas y/o con lluvias frecuentes. Por ello, se propone el uso del Sistema Consolid y el óxido de calcio para estabilizar los bloques de adobe empleados en construcción y mejorar sus propiedades mecánicas en cuanto a resistencia frente a la compresión y módulo de rotura, y sus propiedades físicas en cuanto a alabeo, absorción, succión y variación dimensional. Obteniendo como resultado que su resistencia frente a la compresión pasó de  $14.82 \text{ kg/cm}^2$  para los bloques convencionales, a  $26.36 \text{ kg/cm}^2$  para los estabilizados; que su módulo de rotura pasó de  $14.43 \text{ kg/cm}^2$  a  $20.97 \text{ kg/cm}^2$  para los bloques estabilizados; que su absorción pasó de  $32.94\%$  a  $9.90\%$  para los bloques estabilizados; que su succión pasó de  $23.24\% \text{ gr/200cm}^2$  a  $16.13\% \text{ gr/200cm}^2$  para los bloques estabilizados; y que por su parte los resultados de alabeo y variación dimensional no notaron cambios importantes; concluyendo finalmente que se logra una mejora considerable en la mayoría de las propiedades importantes de los bloques de adobe al estabilizarlo con los aditivos propuestos.

**Palabras clave:** Adobe, estabilización, Sistema Consolid, óxido de calcio, propiedades mecánicas, propiedades físicas

## ABSTRACT

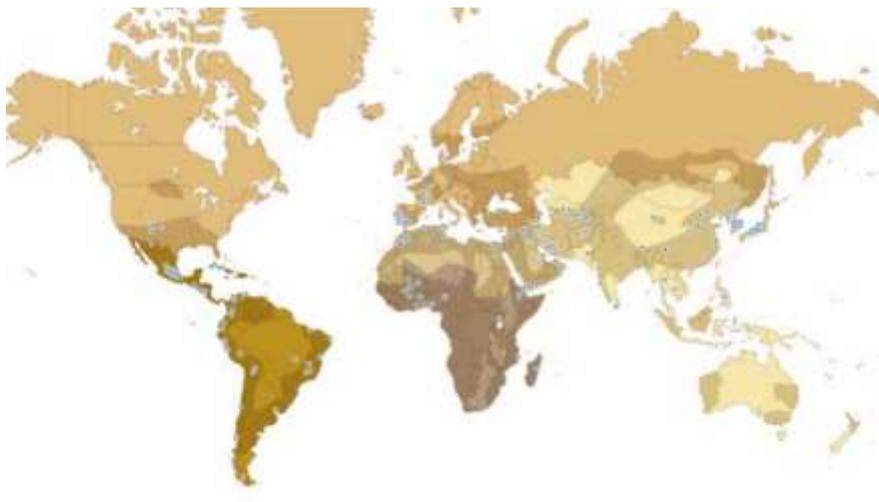
The need to improve the behavior of adobe blocks in terms of their mechanical and physical properties is of the utmost importance, this because worldwide it turns out to be one of the most used construction materials, especially in areas where levels of development are very low. And it is that this implies that its implementation does not follow the norms that the norms established for its use, which supposes a risk for the population, mainly in seismic zones and/or with frequent rains. For this reason, the use of the Consolid System and calcium oxide is proposed to stabilize the adobe blocks used in construction and improve their mechanical properties in terms of resistance to compression and modulus of rupture, and their physical properties in terms of warpage, absorption, suction and dimensional variation. Obtaining as a result that its resistance to compression went from 14.82 kg/cm<sup>2</sup> for the conventional blocks, to 26.36 kg/cm<sup>2</sup> for the stabilized ones; that its modulus of rupture went from 14.43 kg/cm<sup>2</sup> to 20.97 kg/cm<sup>2</sup> for the stabilized blocks; that its absorption went from 32.94% to 9.90% for the stabilized blocks; that its suction went from 23.24% gr/200cm<sup>2</sup> to 16.13% gr/200cm<sup>2</sup> for the stabilized blocks; and that for their part, the results of warpage and dimensional variation did not notice important changes; finally concluding that a considerable improvement is achieved in most of the important properties of adobe blocks by stabilizing it with the proposed additives.

**Keywords:** Adobe, stabilization, Consolid System, calcium oxide, mechanical properties, physical properties.

## INTRODUCCIÓN

El adobe se constituye, en la construcción, como uno de los materiales de uso más frecuente en diversos lugares del mundo dada su facilidad de elaboración, su bajo costo económico en comparación con otras alternativas como los ladrillos de arcilla, y la gran accesibilidad de las materias primas necesarias para fabricarlos.

Su uso en la construcción se ha implementado por siglos en todo el mundo, como lo detallan Houben y Guillaud [1], los bloques de tierra cruda muestran características de universalidad y diversidad, ya que monumentos históricos y arquitectónicos que los emplean, se encuentran por toda Latinoamérica, África, Europa central y el medio este. Tanto es así, que la influencia cultural e histórica se sigue manteniendo hasta la fecha, por lo que a mediados de la década del 2010 se llegó a tener una relación tal que 1 de cada 3 habitantes en el mundo vivían en construcciones hechas en base de tierra [2].



*Fig. 1 Distribución de la arquitectura de tierra en el mundo y de las 150 propiedades de tierra inscritas en la Lista del Patrimonio Mundial.*

**Fuente:** UNESCO [2]

Sin embargo, como se puede apreciar en la figura 1, su uso, en gran parte, se encuentra más frecuente en zonas donde los niveles de pobreza son considerables como lo es Latinoamérica y África. Esto implica que su elaboración e implementación no siempre sigue los lineamientos que las normas establecen para su uso. Sin considerar que de por sí, las construcciones de adobe son altamente vulnerables a las actividades sísmicas en comparación con las que emplean bloques de arcilla.

La informalidad y las deficiencias de ciertas propiedades del adobe como material de construcción, añadido al hecho de que Perú se considera un país con alta actividad sísmica por su ubicación entre las placas litosféricas de Nazca y Sudamericana, conforman un gran peligro para la seguridad de la población que, por necesidad, optan por el empleo de este material.

Un claro ejemplo de lo antes expuesto es el terremoto que ocurrió en el departamento de Ica en agosto de 2007, que de acuerdo a la escala de Richter, llegó a 7.9 grados afectando así, las ciudades de Pisco, Ica y Cañete, donde un aproximado del 85% de las viviendas, edificaciones, y monumentos históricos construidos en adobe, se vieron afectadas al punto del colapso [3], a diferencia de las edificaciones de concreto armado o de albañilería que mostraron daños pero no tan extremos [4].



*Fig. 2 Daño de clase 05 (Colapso) en viviendas de adobe en Pisco por el sismo de Ica de 2007*

**Fuente:** Centro Regional de Sismología para América del Sur [4].

Por su parte, en muchas ciudades del departamento de Lambayeque, se puede ser testigo del uso del adobe en la construcción de viviendas, monumentos históricos, entre otros. Tomando en consideración que toda la costa peruana presenta un mayor riesgo sísmico que otras zonas del país (ya sea sierra o selva), la amenaza de posibles daños frente a un movimiento telúrico es latente.

Adicionalmente a ello, el adobe se caracteriza además por ser un elemento higrófilo, puesto que es susceptible de absorber la humedad del aire en el medio, por lo que pierde parte de su resistencia frente a esfuerzos incluyendo los de su propio peso [5]. Esto implica un grave problema sobre todo en zonas de constantes lluvias, donde se pueden llegar a tener casos de desplomes de muros debido a la constante presencia de humedad que favorece la formación de

hongos, mohos, entre otros, que disminuyen la cohesión del lado externo de los muros hechos con bloques de adobe, provocando así su desintegración [6].



*Fig. 3 Pérdida de sección de un muro de bloques de adobe por aumento de la humedad capilar: A la derecha: Vivienda en Fuerteventura, Las Palmas (España). A la izquierda: Muro en Poza de Sal, Burgos (España).*

**Fuente:** Fernando Vegas y Camilla Mileto [6]

En función a lo expuesto, nace la necesidad de investigar y proponer alternativas de mejora para los materiales utilizados actualmente en la construcción, en este caso el adobe. Y es que, en base a esta realidad problemática, surge la pregunta de investigación: ¿Habrà una mejora significativa en las propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales sin adicionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio?

En respuesta a ello, se espera evidentemente que la adición del Sistema Consolid en conjunto con el óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe, mejorará considerablemente sus propiedades mecánicas y físicas en comparación con bloques convencionales sin adiciones.

Como sustento para la justificación de este proyecto de investigación, se contempla diversos ámbitos considerados relevantes y de interés, siendo el primero de estos el del apartado social, y es que la situación problemática deja en evidencia la gran necesidad de evaluar alternativas económicas que busquen optimizar las propiedades de los materiales de construcción ya disponibles, en este caso el adobe. De esta manera, la investigación acerca de las mejoras de las propiedades mecánicas y físicas de los nuevos bloques con adiciones de Sistema Consolid y óxido de calcio permite dar un paso más en este rubro, buscando proporcionar una mayor seguridad frente a las acciones de la humedad o incrementar su resistencia en casos de sismos, para la población que opte por utilizar este material como base para la construcción de

viviendas. Dado que no se requiere de una cocción de los bloques de adobe, esta no generará la contaminación que sí se produce por parte de las unidades de arcilla, además de que su elaboración sigue siendo relativamente sencilla.

Otro aspecto contemplado dentro de la justificación de este proyecto, es del ámbito cultural, y es que muchos monumentos históricos se encuentran en la región y muchas veces son sometidos a restauraciones totales o parciales debido a posibles daños que puedan sufrir con el tiempo, por lo que siempre será necesario el desarrollo de nuevas técnicas o mejoramiento de materiales para garantizar una mejor conservación de lo que forma parte de nuestra historia. Dichas edificaciones no solo tienen importancia a nivel local, sino nacional e internacional, pues forman parte de la identidad y cultura de la población como peruanos. Además, las técnicas o mejoramientos que se puedan desarrollar en el marco de esta investigación no deberían tener un limitante geográfico, por lo que podría emplearse la misma metodología en cualquier parte del país y por ende en cualquier tipo de trabajo de conservación de monumentos históricos o similares.

Y finalmente, el ámbito científico también se plantea como parte de la justificación, ya que la búsqueda de nuevas alternativas de mejoramiento de materiales de construcción, como lo es para esta investigación el adobe, puede servir de guía para otros investigadores en este campo, y desarrollar mejoras en las características de los bloques de adobe u otro elemento de construcción por medio de diferentes adiciones, así como de utilizar los resultados para complementarlo con nuevas técnicas o procedimientos constructivos en futuras investigaciones. También se puede utilizar los procedimientos realizados como guía metodológica para empezar proyectos de investigación y así aumentar el conocimiento de lo que ya se sepa sobre el tema.

Lo expuesto sobre la necesidad y justificación para elaborar el presente proyecto de investigación, se puede resumir planteando el **objetivo general** de la investigación:

- Realizar un análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas entre bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

Del mismo modo, para lograr el objetivo antes planteado, se especificaron los siguientes **objetivos específicos**:

- Determinar las propiedades mecánicas de los bloques de adobe a estabilizar y de aquellos sin adiciones, en función a su módulo de rotura y resistencia frente a la compresión.

- Determinar las propiedades físicas de los bloques de adobe a estabilizar y de aquellos sin adiciones, en función a los resultados obtenidos de los ensayos de alabeo, absorción, succión y variación dimensional.
- Determinar la dosificación óptima del aditivo líquido Consolid 444 para el suelo utilizado en los bloques de adobe en razón de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.5 lt/m<sup>3</sup>
- Determinar la dosificación óptima del aditivo sólido Solidry para el suelo utilizado en los bloques de adobe en razón de 10, 15, 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>
- Determinar la dosificación óptima del óxido de calcio para el suelo utilizado en los bloques de adobe en razón de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% del peso.
- Analizar el comportamiento y viabilidad del óxido de calcio en el trabajo conjunto con el aditivo sólido Solidry.
- Realizar una comparación de costos y determinar la factibilidad del uso de las adiciones en la estabilización de bloques de adobe.
- Proponer las especificaciones técnicas del uso del Sistema Consolid y óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

Se presentarán los antecedentes revisados para sustentar el propósito de esta tesis. Para ello se ha tomado como criterio de investigación solo revisar artículos científicos para los antecedentes revisados de origen internacional, mientras que para los que corresponden a los del contexto nacional y local, se han considerado tesis de investigación.

También se presentarán las bases teóricas que, ha conveniencia, se ha subdivido en bases legales (donde se tratarán las normas principales que rigen el rubro de esta investigación), definiciones de normas (donde se presentará la definición de términos importantes, pero desde lo establecido por las normas peruanas), y definiciones de términos básicos (donde se presentará la definición de otros conceptos en función de la literatura revisada, ya sean libros o documentos oficiales y avalados).

### ANTECEDENTES

**Abid, Kamoun, Jamoussi, El Feki** [7], determinan como problema latente el incremento en los precios de los materiales usados en construcción en Túnez, por lo que la población se ve obligada a construir con lo que se encuentre a disposición y que evidentemente sea económico. Para ello, proponen evaluar el potencial del uso de geo materiales del depósito de Jebel Mennchar para desarrollar ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento. Del depósito se extrajeron muestras de arena, arcilla roja y arcilla arenosa, además del cemento como materia prima. En base a esto, el objetivo principal que se buscaba era la caracterización de dichas muestras como insumo principal para la elaboración de ladrillos en bruto con altas propiedades mecánicas, superiores a las de las construcciones de ladrillo cocido y analizadas en términos de sus propiedades físicas: resistencia a la flexión y compresión, ensayos ultrasónicos y de succión. En conjunto, se realizaron 13 mezclas diferentes para la elaboración de los bloques. En cada mezcla se iban variando los porcentajes de las materias primas y la proporción de cemento como elemento estabilizante. En lo que al módulo de rotura y resistencia frente a la compresión corresponde, las muestras fueron analizadas luego de 28 días, determinando que alcanzaron un valor de 2.3 MPa utilizando el 15% de cemento. Llegando a la conclusión de que el cemento se presenta como una gran ventaja en el ámbito de la estabilización de bloques de este tipo, mejorando su resistencia mecánica, así como de aumentar su durabilidad. También concluyeron que la proporción del estabilizador y el tiempo de secado son puntos importantes influyentes en las características de las unidades.

**Losini, Grillet, Bellotto, Woloszyn, Dotelli** [8], enfatizan en la necesidad de buscar métodos para estabilizar suelos con los que elaborar bloques de tierra cruda que impliquen aditivos naturales de tal manera que no se contamine lo que ya se está ahorrando al momento de optar por esta alternativa en lugar de bloques de arcilla que implica un proceso de cocción. En la revisión realizada, se analizaron más de 50 estudios independientes, incluyendo diferentes tipos de tierra cruda de construcción: adobes, yesos, bloques de tierra comprimida y tierra apisonada; además de incluir biopolímeros como elementos estabilizantes del suelo, determinando que el uso de aditivos naturales o biopolímeros tiene un futuro prometedor como alternativa sustentable para la estabilización química de suelos. Estos biopolímeros constan básicamente de materiales fabricados o de desechos de la agricultura o de producción industrial, sobre todo fibras, principalmente a base de polisacáridos (celulosa) o queratina (proteínas). Entre los materiales con estas cualidades se encuentran: fibras de cáñamo, partículas de bambú, fibras de avena, cáscara de coco, cáscara de arroz, fibras de oliva, fibras de alga, residuos de aceitunas quemadas, paja de cebada, planta de maíz, virutas de madera, entre otros. Resultando en conjunto que estos biopolímeros tienen la capacidad de agrupar las partículas del suelo y modificar su ductilidad, plasticidad, viscosidad, su capacidad de repelar la humedad y su cohesión; sin embargo, recomiendan realizar investigaciones más profundas para entender las modificaciones que se hacen a nivel microscópico. Todas concluyen en que la estabilización por el uso de dichos materiales cambia la densidad y la porosidad del suelo, influenciando en su resistencia mecánica, durabilidad y propiedades higrotérmicas. Pero coincide también en que el análisis de cual es mejor es complicado determinar, pues todo depende de las condiciones de los ensayos, la fuerza de compresión aplicada y las condiciones de secado durante la preparación de las muestras.

**Amu, Fajaba, Oke** [9], plantearon el uso de la ceniza de cáscara de huevo como material estabilizador como suplemento de la cal industrial. Para presentar su artículo de investigación, enfocaron el efecto estabilizador que este material tuviese, en suelos arcillosos expansivos. Para ello, realizaron pruebas para poder determinar la óptima dosificación de cal y la cantidad apropiada de la combinación de la cal y la ceniza de cáscara de huevo para luego ir reemplazando poco a poco el porcentaje de cal por el de la ceniza. Finalmente se obtuvo que la proporción adecuada alcanzó un 4% de ceniza de cáscara de huevo más un 3% de cal. Las pruebas aplicadas fueron las de Máxima Densidad Seca (Maximum Dry Density, MDD), resultando que la muestra original sin adiciones tenía una densidad máxima de 1508.00 kg/m<sup>3</sup>,

mientras que al adicionarle el 7% de cal, se redujo a  $1484.00 \text{ kg/m}^3$ , por su parte la mezcla 3% de cal + 4% de ceniza la redujo hasta  $1473.00 \text{ kg/m}^3$ ; El California Bearing Ratio (CBR) que determinó que la muestra original era de 4.8% (sub rasante pobre), mientras que con el 7% de cal pasó a 45.5%, pero al adicional la relación cal y ceniza de cáscara de huevo se obtuvo un valor de 4.1%; ensayos de compresión no confinada, resultando en que para muestras sin curado, la muestra original tenía un valor de resistencia de  $59.64 \text{ kN/m}^2$ , mientras que con el 7% de cal se obtuvo  $187.25 \text{ kN/m}^2$ , pero con la adición de 3% de cal + 4% de ceniza, se obtuvo un valor de  $93.50 \text{ kN/m}^2$ ; y ensayos de resistencia al corte triaxial sin drenaje, que obtuvo que con 7% de cal se aumentó la cohesión de  $49 \text{ kN/m}^2$  a  $125 \text{ kN/m}^2$ , mientras que la combinación cal-ceniza de cáscara de huevo, se redujo la cohesión de  $125 \text{ kN/m}^2$  a  $73 \text{ kN/m}^2$

**Huaraca** [10], en los últimos años se han visto incrementados los avance en lo que a aditivos que buscan mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos concierne; sin embargo, el rubro de los aditivos plastificantes y superplastificantes, como lo es el sistema CONSOLID, han sido mayormente enfocados a mejorar las propiedades del concreto, por lo que el autor considera fundamental realizar un estudio de este sistema y su influencia en la mejora de su resistencia por medio del aumento de la densidad del suelo, así como de disminuir su porosidad y evitar así la ascensión capilar. Para realizar dicho estudio, se realizó una medición del CBR no sumergido mediante 36 ensayos, y otros 36 ensayos para la ascensión capilar. Teniendo como resultados que, para un suelo grava mal graduado de grava, producto de la mezcla de limolita, argilita y arenisca se puede pasar de tener un valor de 17 de CBR a uno de 87, habiendo aumentado en 5 veces más su valor. Por su parte, se llegó a la conclusión de que el aditivo líquido C444 disminuyó en 5% la permeabilidad del suelo tratado, mientras que el aditivo sólido Solidry, contribuyó a disminuir la permeabilidad también, pero que conforme se utilizaban dosificaciones mayores de este, el valor de permeabilidad aumentaba, siendo importante determinar la dosificación óptima para la tipología de suelo tratado.

**Flores, Paredes** [11], expresan la necesidad de buscar formas de mejorar las características del adobe como material de construcción económico y de fácil producción y acceso, por lo cual, proponen utilizar la cascarilla de arroz en 3%, 6% y 10%, lo obtenido de la calcinación de cascarilla de arroz al 3%, 5% y 8% del peso, y la viruta de madera en 2%, 4% y 6%, como adiciones con el fin de mejorar el comportamiento de los bloques de adobe que se fabriquen con ellos. Para ello, realizaron diversos ensayos para cada material adicionado, entre ellos, los correspondientes a la evaluación del módulo de rotura y resistencia frente a la compresión de

bloques de 40x20x10 cm para definir su calidad, ensayos de succión y absorción, el análisis del tiempo de desintegración de los bloques sumergidos en agua, el factor económico entre el uso de dichos aditivos y la disponibilidad de los mismos en la zona. Finalmente se obtuvieron como resultados que los adobes con adiciones de viruta obtenida de la madera tienen un 6% más de duración sumergidos bajo agua en relación a los otros, superando por mucho al adobe tradicional. Por otro lado, las unidades que emplearon la cascarilla de arroz al 10% obtuvieron los resultados más elevados en lo que a resistencia a la compresión confiere, siendo esta de 33.48 kg/cm<sup>2</sup>.

**Marcelo** [12], la presencia de grietas, deterioro de la carpeta asfáltica, hasta incluso el desprendimiento de parte de la estructura del pavimento de carretera que une Cerro de Pasco y Yanahuanca, y las consecuencias que estas conllevan, relacionadas con la seguridad de las personas que hacen uso de esta, motivaron a la autora a realizar su investigación sobre nuevos métodos de estabilización de suelos inestables. Por ello, plantea el uso de cal y cáscara de huevo en suelos con grandes cantidades de arcilla para mejorar la capacidad portante del mismo. Con el fin de demostrar su hipótesis, la autora optó por realizar ensayos al suelo original por medio de una muestra de una calicata, determinando un suelo de subrasante pobre; sin embargo, para la segunda muestra de otra calicata realizada, y adicionando a la misma 6% y 9% de pulverización, la categoría subió a subrasante regular. Pero cuando a la misma muestra se le aumentó el 6% de cal, se obtuvo una subrasante buena, sin embargo, la categoría no aumentó con el 9% de cal adicionada. Demostrando así, que el uso de cal en conjunto con la cáscara de huevo sí proporciona mejoras importantes en las propiedades de suelos inestables. Además, cabe señalar, que el porcentaje de contenido de humedad se vio reducido con la incorporación de ambos elementos. Reduciendo del 9.4% al 7.6% el índice de consistencia cuando se añadió la cáscara de huevo pulverizada, mientras que con el uso de cal se redujo el mismo índice de 9.4% a 3%, pasando de una plasticidad baja a una media.

**Sánchez** [13], dada la susceptibilidad del adobe a los movimientos sísmicos y la necesidad de construir de manera económica, es que la autora optó por analizar qué tanta mejora presentaba las unidades de adobe cuando se las estabilizaba con cemento al 4%, 8%, 10% y 12%. Para lograr su objetivo, decidió realizar diversas pruebas a las unidades convencionales y con adiciones, de tal manera que recurrió a las pruebas de resistencia frente a la flexión y compresión, absorción de agua; además de realizar ensayos a pilas de bloques para determinar su resistencia. Llegando a la conclusión de que las propiedades de dichos bloques con adición

mejoraron, pues la resistencia a la compresión pasó de ser de 20.75 a un rango entre 22.80 a 27.47 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia frente a la flexión pasó de ser de 7.05 a un rango entre 7.91 a 9.06 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el porcentaje de absorción de agua disminuyó, pasando de ser de 22.01% para el adobe patrón, mientras que, para la muestra estabilizado con cemento en todos sus porcentajes, se obtuvo valores entre 19.47% y 20.87%. Finalmente, pero no menos importante, se analizó el incremento económico frente a los bloques convencionales de adobe, obteniendo una variación incremental de 38.60 a 77.20%.

**Chamba** [14], para el año 2019 solo se han pavimentado 29.70 km en contraste con los 2029.10 km de red vial No Pavimentada, evidenciando que el poco avance en infraestructura vial en la región seguirá latente por muchos más años, por lo que el autor ve la necesidad de buscar alternativas que los futuros trabajos de pavimentación que se realicen duren por largos periodos de tiempo. Para ello, propone analizar dos alternativas que se adaptan a la necesidad que se presenta en la región que es la presencia de suelos arcillosos. Siendo estas dos opciones el NaCl y el Sistema Consolid, buscando en ambos casos determinar su efecto en la estabilización de suelos para luego analizar las variaciones que se presentan entre estas. En función de desarrollar su investigación, el autor propuso utilizar el cloruro de sodio en dosificaciones de 2%, 6%, 10% y 15%, mientras para el sistema CONSOLID, optó por utilizar 0.045% del aditivo CD444 adicionado con 1%, 1.5% y 2% de Solidry. Con ello, procedió a realizar ensayos Proctor y CBR de para determinar la resistencia del suelo con las adiciones. Obteniendo finalmente que al utilizar el 6% de cloruro de sodio se obtuvo un rango entre el 45 al 95 por ciento de compactación, una densidad seca máxima superior a 1.80 gr/cm<sup>3</sup> de CBR y un contenido de humedad de casi un 13 por ciento, mientras que, por su parte, el Sistema Consolid con 2 por ciento de solidry alcanzó un 55.07 por ciento con una máxima densidad seca superior a 1.80 gr/cm<sup>3</sup> de CBR y un contenido de humedad de casi 12 por ciento. Por su parte, la muestra patrón obtuvo valores de 2.40 por ciento de CBR, 1.80 gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca máxima y con presencia de humedad del 11.50 por ciento, por lo que las mejoras son evidentes con el uso de estos aditivos en comparación con la muestra sin adiciones.

## **BASES TEÓRICAS**

- **BASES LEGALES**

### **Norma de Estructuras: E.080 – “Diseño y construcción con tierra reforzada”**

Detalla los parámetros a considerar en lo que a características de los materiales de tierra reforzada (adobe y tapial) consiste; así también da los criterios necesarios para el diseño sismorresistente de estructuras que empleen estos materiales; además de dar los lineamientos para determinar el comportamiento adecuado de los muros hechos con bloques de adobe y tapial de acuerdo con lo estructurado dentro del diseño sismorresistente. Las características mecánicas, así como las físicas, los requisitos de uso en la construcción, las condiciones de tierra, la fabricación, su protección, reforzamiento y afectaciones como material de construcción están considerados también en esta norma [15].

### **Norma CE.080 – “Suelos y taludes”**

La norma CE020 se encarga de establecer las consideraciones mínimas que se deben tomar en consideración para realizar el mejoramiento que sea requerido por los suelos, en lo que a su resistencia confiere. Teniendo un alcance, no solo para obras lineales, sino para la estabilización de taludes o cualquier material que utilice el suelo como elemento de construcción y del cual sea necesario mejorar sus características. Considera también los métodos de estabilización ya sean químicos, mecánicos o los que impliquen una modificación topográfica. Así como para los taludes ya existentes o que recién hayan sido cortados [16].

- **DEFINICIONES DE NORMAS**

### **Adobe**

Consiste en un bloque de tierra cruda moldeado en forma de ladrillo, con medidas estándares, con diversas adiciones como la arena gruesa o la paja con el fin de incrementar su durabilidad y resistencia [15]. A diferencia de las unidades de arcilla, estos no se someten a cocción.

### **Adobe (técnica)**

Es aquella técnica que implica utilizar los bloques de adobe como material de construcción, y levantar así, muros de albañilería que estarán asentados con mortero de barro [15].

### **Edificación de tierra reforzada**

Son aquellas edificaciones que están conformadas por cimientos y sobrecimientos como parte de la cimentación, muros, entrepisos y techos, así como arriostres ya sean verticales u horizontales, además de refuerzos y conexiones. Todos estos elementos deben ser diseñados considerando los lineamientos que se establecen en la norma E080 con el fin de evitar daños en las edificaciones de este tipo (ya sea por colapso de techos o muros). Independientemente de la materia prima (tierra), este tipo de edificaciones pueden estar hechas a base de adobe o tapial [15].

### **Estabilización**

Es aquel procedimiento químico y/o físico por el que se busca mejorar las características y propiedades del suelo a tratar [16].

### **Método químico**

El método químico en la estabilización de suelos implica utilizar sustancias químicas especiales que, en pequeñas cantidades, modifiquen las características del suelo tratado de manera inmediata. Suele emplearse en suelos de tipo arcilloso [16].

### **Permeabilidad**

Es aquella propiedad del suelo por la que el agua, dentro de este, tiene la facilidad de pasar a través de sus discontinuidades o poros sin importar el tipo de suelo que sea [16].

### **Suelo expansivo**

Es aquel tipo de suelo que al entrar en contacto con cualquier forma de agua (humedecimiento), sufre un efecto de expansión de sus partículas que implicaría un peligro para las estructuras construidas sobre estos [16].

### **Tierra**

Es aquel material compuesto por cuatro componentes básicos, siendo estos: limo, arcilla, arena gruesa y fina [15].

- **DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS**

- **Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería**

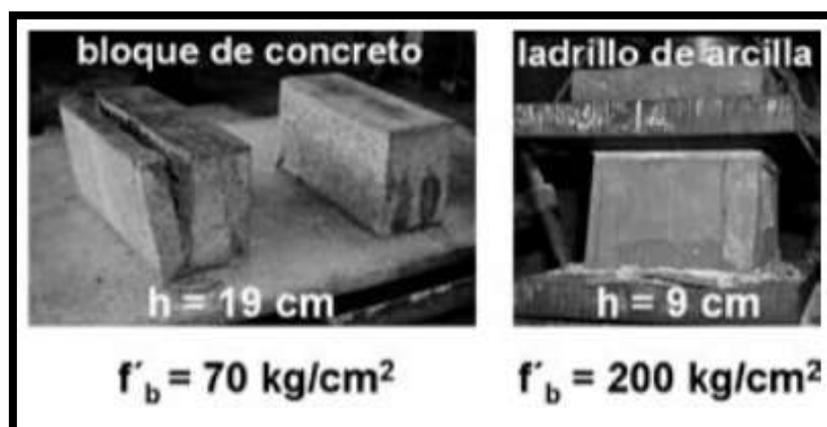
- **Resistencia frente a la compresión**

Dentro de las propiedades de las unidades de albañilería, la resistencia frente a la compresión resulta ser probablemente de las más relevantes y de las que mayor importancia tiene (o debería tener) para el ingeniero civil. Valores bajos de esta propiedad implica poca resistencia y poca durabilidad de las unidades, mientras que valores altos están relacionados con la buena calidad de las mismas.

Sin embargo, a pesar de su importancia, su forma de medición es difícil de determinar con precisión. Esto por diversos factores que tienen influencia directa en esta propiedad, como la variedad en los tamaños de las unidades (sobre todo de su altura) ya que se podría tener unidades con la misma masa, pero de diferentes alturas y arrojarían valores muy diferentes de resistencia a la compresión.

A partir de esa premisa, se puede plantear que, entre menor altura para la misma masa y forma de las unidades, mayor será la resistencia frente a la compresión. Esto quiere decir que los valores que se puedan obtener de las pruebas de resistencia frente a la compresión no solo darán los valores intrínsecos de la masa de la unidad de albañilería, sino que sus dimensiones y formas serán factores intervinientes [17].

Se representa por “ $f'_b$ ” y puede ser calculado al dividir la fuerza aplicada entre el área de la superficie de la unidad donde se aplica la fuerza, con lo cual, las unidades alveolares obtienen valores inferiores [18].



**Fig. 4** Variación de la resistencia frente a la compresión entre una unidad de arcilla y un bloque de concreto de diferentes alturas

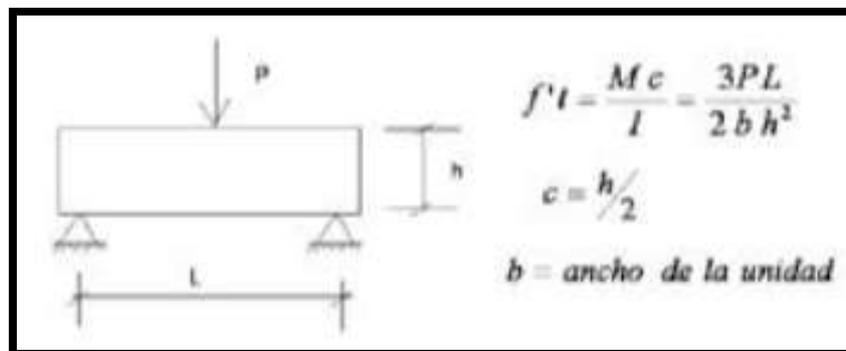
**Fuente:** San Bartolomé [18]

○ Resistencia frente a la tracción o módulo de rotura

La propiedad de la resistencia a la tracción es otra de las propiedades que más relevancia tienen las unidades pues se relaciona directamente con la resistencia frente a la compresión, y es que, si un muro se somete a compresión, la falla que presenten las unidades de albañilería será por tracción transversal. Es por ello por lo que el estudio de esta resistencia es un indicador más en la calidad que las unidades de adobe, concreto o arcilla puedan tener [18].

Se resumen en aquella propiedad que las unidades de albañilería tienen para resistir la falla frente a una carga puntual centrada en la superficie de la unidad donde se aplica la fuerza, que busca doblarla.

Se representa por “ $f_t$ ” y está en función de la carga aplicada y las dimensiones que la unidad de estudio tenga [18].



*Fig. 5 Cálculo de la resistencia frente a la tracción o módulo de rotura*

**Fuente:** San Bartolomé [18]

**Propiedades físicas de las unidades de albañilería**

○ Variación dimensional

Determina la altura de un muro de albañilería, ya que implica la variación en las medidas de dichas unidades e involucra a su vez la necesidad o no de aumentar el espesor del mortero por encima de lo requerido (de 9 a 12 mm), lo que implicaría un muro con menor resistencia en compresión [17]. He ahí la importancia de considerar esta propiedad física como parte de los cálculos del ingeniero civil.

○ Alabeo

El efecto que implica el alabeo como propiedad mecánica de las unidades de albañilería tiene igual relevancia que la variación dimensional [17], pues implica la curvatura vertical de la unidad de albañilería que afectaría la dimensión final del muro, por lo que se podría necesitar

de espesores de junta de mortero mayores a los requeridos y, por ende, reducir también su resistencia a la compresión.

○ Succión

La succión, por su parte, es aquella propiedad que relaciona la cantidad de agua que la cara en contacto con el mortero de una unidad de albañilería, absorbe, y por ello mismo resulta ser una propiedad que es fundamental definir puesto que de absorber grandes cantidades de agua del mortero, debilitaría la resistencia que puedan tener las unidades frente a la tracción y por ende la de todo el muro en conjunto [17]. Esto también sirve para definir si será necesario o no humedecer las unidades previo al asentamiento de las mismas, ya que de tener una succión mayor de 40 g/min en un área de aplicación de 200 centímetros cuadrados, será necesario humedecerlas.

○ Absorción

La absorción está relacionada a la variación de peso de las unidades de albañilería completamente saturadas y secas, de tal manera que, al expresarla en tanto por ciento del peso de toda la misma en estado seco, se obtiene el valor que implicaría la capacidad máxima que la unidad puede absorber [17].

**Ensayos en laboratorio de esfuerzos de rotura mínima de muestra de suelo para elaboración de bloques de adobe**

○ Ensayo de compresión en cubos

Este ensayo consta básicamente en realizar el ensayo de resistencia a la compresión a cubos de tierra de 0.10 m de arista con el fin de comparar la resistencia alcanzada con la establecida por la norma E.080 (10.20 kg/cm<sup>2</sup>).

*Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Molde en forma cúbica de 0.10 m arista.
- Máquina de compresión simple.

### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Extraer la muestra de suelo necesaria para elaborar 6 cubos de tierra.
- Añadir la mínima cantidad de agua necesaria para poder moldear el barro y colocarlo dentro del molde de madera, previamente humedecido.
- Dejar secar los cubos de tierra por 28 días, cubiertos del sol y del viento.
- Utilizar la máquina de compresión simple para determinar la resistencia alcanzada de cada cubo.
- Descartar los dos valores más bajos (por debajo del valor establecido por la norma) o los dos valores más extremos en cuanto a resistencia alcanzada. Promediando los cuatro resultados restantes y comparando dicho valor promedio con el valor de resistencia mínimo establecido por la norma.
- De igualar o superar la resistencia mínima, se concluye si el suelo utilizado es apropiado para la elaboración de adobes.

- Ensayo brasileño de tracción

Este ensayo consta básicamente en realizar el ensayo de tracción indirecta a probetas de tierra de 6" x 12" de diámetro y largo, con el fin de comparar la resistencia alcanzada con la establecida por la norma E.080 (0.81 kg/cm<sup>2</sup>).

### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Molde en forma cilíndrica de 6" x 12".
- Máquina de compresión simple.

### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Extraer la muestra de suelo necesaria para elaborar 6 probetas de tierra.
- Añadir una cantidad de agua entre 20% - 25% para poder moldear el barro y colocarlo dentro del molde de plástico.

- Dejar secar las probetas de tierra por 28 días, cubiertos del sol y del viento.
- Utilizar la máquina de compresión simple para determinar la resistencia alcanzada de cada probeta.
- Descartar los dos valores más bajos (por debajo del valor establecido por la norma) o los dos valores más extremos en cuanto a resistencia alcanzada. Promediando los cuatro resultados restantes y comparando dicho valor promedio con el valor de resistencia mínimo establecido por la norma.
- De igualar o superar la resistencia mínima, se concluyó si el suelo utilizado es apropiado para la elaboración de adobes.

### **Ensayos de laboratorio para obtener las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería**

#### ○ Ensayo de resistencia frente a la compresión

Se basa en emplear unidades de albañilería secas ya sea entera o dos mitades unidas con mortero (dependiendo de la norma), y aplicar una carga perpendicular a la cara de asentamiento que tiene la unidad. Se debe garantizar que exista un contacto directo y completo entre el cabezal de la máquina que permite realizar este ensay y la unidad de estudio. La carga se aplicará hasta la rotura [17].

Una vez llegado a ese punto, la resistencia frente a la compresión ( $f'_b$ ) se puede determinar dividiendo la fuerza alcanzada entre el área total si se tratase de una unidad maciza, o el área neta si se tratase de una unidad hueca [17].

La norma de estructuras E.080, establece como recomendación ensayar 6 unidades iguales, de tal manera que se descarten los 2 resultados menores y se obtenga un promedio entre los 4 más altos [15].

Se puede expresar la resistencia frente a la compresión tal que:

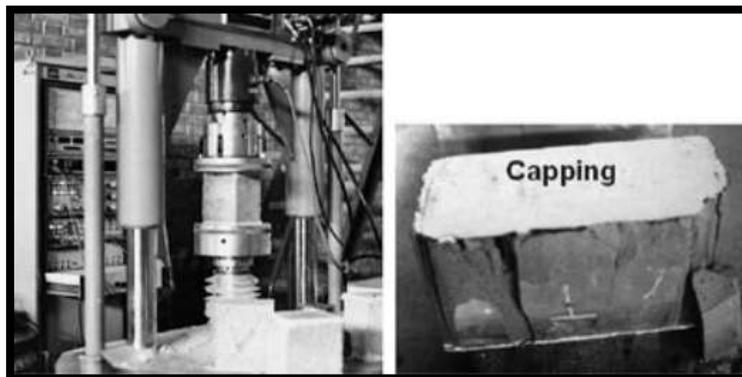
$$f'_b = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

$f'_b$  = Resistencia frente a la compresión de la unidad (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_u$  = Carga última con la que se llega a romper la unidad (kg)

$A$  = Área total o neta dependiendo de la unidad de estudio (cm<sup>2</sup>)



**Fig. 6** Ensayo frente a la compresión

**Fuente:** San Bartolomé [18]

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.
- Máquina de compresión simple.
- Mortero a base de cemento y dos partes de arena o yeso.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Pesar los bloques a ensayar.
- Aplicar una capa de refrentado tanto en la cara superior como inferior del adobe, esto con la finalidad de garantizar que la cara se encuentre completamente uniforme al momento de aplicar la fuerza compresora.
- Esta capa de refrentado se hace a base de cemento y dos partes de arena y se deja secar por 24 horas antes de realizar el ensayo.
- Utilizar la máquina de compresión simple para determinar la resistencia alcanzada de cada bloque de adobe.
- Se ensayan como mínimo 5 unidades.

- Ensayo de resistencia frente a la tracción o módulo de rotura

Este ensayo se realiza en la misma máquina que se utiliza en el ensayo frente a la compresión con una unidad entera apoyada en una luz de al menos 18 centímetros la cual es cargada justo

al centro de su cara. La condición de la unidad es idéntica a la del ensayo a la compresión. Y el resultado de la resistencia estará en función de la carga que logra la rotura de la unidad y sus dimensiones [17], tal como se expresa a continuación:

$$f'_t = \frac{3 * P * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

$f'_t$  = Resistencia frente a la tracción de la unidad (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_u$  = Carga última con la que se llega a romper la unidad (kg)

$L$  = La luz entre los apoyos donde se coloca la unidad (cm)

$b$  = El ancho de la unidad de estudio (cm)

$h$  = El alto de la unidad de estudio (cm)



**Fig. 7** Ensayo de resistencia frente a la tracción

**Fuente:** San Bartolomé [18]

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.
- Varillas de apoyo.
- Máquina de compresión simple.

### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Ensayar 6 bloques de adobe.
- Colocar los bloques a ensayar sobre dos apoyos de tal manera que el tramo que se forme entre dichos apoyos sea menor a la longitud del bloque.
- Colocar un tercer apoyo en el centro de la cara donde se le aplicará la fuerza de compresión.
- Colocar la cara con más imperfecciones de tal manera que sea esa la que esté directamente sobre la carga aplicada.
- Aplicar la fuerza de compresión de la máquina hasta que la unidad se parta por la mitad.
- Asegurar que los apoyos del bloque de adobe ensayado estén libres para rotar en las direcciones transversales y longitudinales, además de que estas no ejerzan ninguna fuerza en dichas direcciones.
- Registrar la fuerza con la que el bloque de adobe se parte.

### **Ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas de las unidades de albañilería**

#### ○ Ensayo de variación dimensional

Se realiza de manera sencilla promediando las dimensiones de diferentes unidades de estudio. Las mediciones deben realizarse al milímetro para luego analizar el resultado entre todas las muestras designadas para el ensayo. Se debe realizar la medición de cada dimensión de la unidad, para luego promediar todos por cada una (promedio de dimensiones de altura, de largo y de ancho). Luego se separan todas las medidas menores al promedio de cada dimensión en un grupo, y las mayores al promedio en otro grupo, para luego realizar los siguientes cálculos [17]:

*Dimensiones promedio:  $P_1 \times P_2 \times P_3$*

*Variación en porcentaje (V):*

$$+V = \frac{P - P_{min}}{P} \times 100$$

$$-V = \frac{P_{max} - P}{P} \times 100$$

### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio
- Vernier
- Brocha

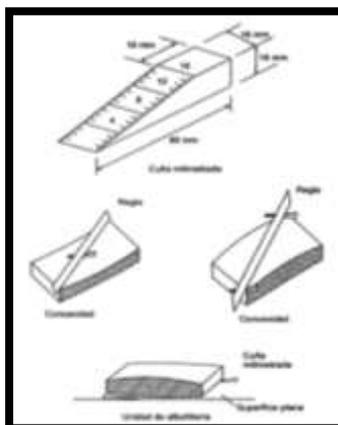
### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Con ayuda de una brocha, limpiar todos los bloques de adobe a ensayar, en sus 6 caras, hasta eliminar todo el excedente.
- Utilizando el vernier, proceder a tomar medida de las 3 dimensiones de cada bloque (longitud, ancho y altura), considerando 4 medidas por cada dimensión, es decir, por cada cara de un solo bloque de adobe se tomaron 4 medidas diferentes de longitud, de ancho y de altura.
- La toma de medidas se realiza en la mitad de cada cara analizada.
- Se registran todas las mediciones y se promedian para su posterior análisis.

#### ○ Ensayo de alabeo

Este ensayo implica la toma de medida de la convexidad y concavidad de las unidades de estudio en milímetros [17], tal y como se expresa en la figura 08:



**Fig. 8** Medición de la convexidad y concavidad

**Fuente:** Casabonne [17]

### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.
- Cuñas milimetradas.
- Brocha.
- Regla metálica.

### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Con ayuda de la brocha, limpiar los bloques a ensayar de tal manera que se elimine todas las imperfecciones de todas las caras de cada bloque.
- Realizar la medición correspondiente para la concavidad o convexidad de cada bloque.
- Para la concavidad, la regla metálica se debe colocar diagonalmente sobre la cara más grande del bloque y proceder a medir la separación desde el centro de la regla hasta la cara del bloque de adobe.
- Para la convexidad, la regla metálica se debe colocar diagonalmente sobre la cara más grande del bloque y proceder a medir la separación desde los extremos de la regla hasta los extremos del bloque de adobe de tal manera que ambas distancias sean la misma.

#### ○ Ensayo de succión

Consiste en tener las unidades a ensayar completamente secas (por secado en horno) para posterior a ello ser colocado en un soporte con entrada de agua por 1 minuto para luego retirar la unidad humedecida y pesarla [17], y calcular la succión en función de la siguiente expresión:

$$Succión = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A}$$

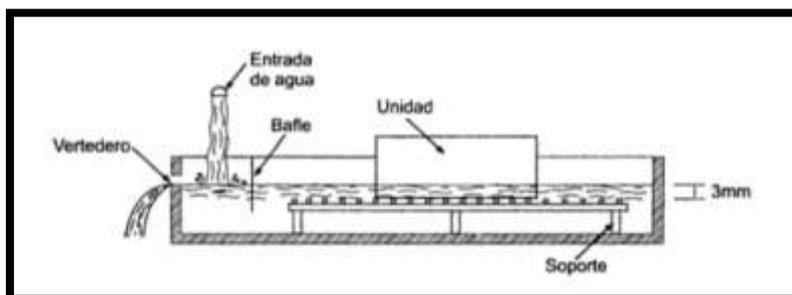
Donde:

$P_m$  = Peso de la unidad sumergida parcialmente en agua por 1 minuto (kg)

$P_s$  = Peso de la unidad sin humedad con el uso de un horno (kg)

$A$  = Área de contacto con el agua (cm<sup>2</sup>)

*Succión* = expresada en gramos/200 cm<sup>2</sup>/min o solo en gramos



**Fig. 9** Ensayo de succión

**Fuente:** Casabonne [17]

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bandeja metálica
- Nivel de mano
- Vernier
- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio
- Agua
- Cronómetro
- Balanza electrónica
- Varillas metálicas para soporte de bloques de adobe
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Colocar los bloques de adobe en un horno a 110° C por 24 horas con el fin de obtener bloques con un 0% de humedad previo al ensayo.
- Colocar las varillas metálicas a una separación de 110 mm desde cada extremo del largo del bloque de adobe.
- Asegurar que la bandeja esté completamente nivelada, para ello, utilizar un nivel de mano.

- Llenar de agua la bandeja hasta llegar al nivel de las varillas de metal.
- Medir 3 mm por encima de las varillas y se proceder a agregar más agua hasta llegar al nivel marcado.
- Listo lo anterior, pesar el bloque de adobe y colocar inmediatamente sobre las varillas metálicas, dentro de la bandeja.
- Paralelamente, cronometrar 1 minuto exactamente, tiempo en el que se deja al bloque de adobe succionar toda el agua posible.
- Pasado el tiempo, sacar inmediatamente la unidad y proceder a pesar.
- Los pesos se registran y se repite el procedimiento para los 5 bloques de análisis.

○ Ensayo de absorción

A diferencia del de succión, consisten en sumergir completamente la unidad de albañilería en agua fría por 24 horas y analizar la diferencia de pesos entre el seco y el saturado. Por su lado, la absorción máxima consiste en hervir las unidades durante 5 horas y determinar la variación de peso de las muestras [17].



**Fig. 10** Ensayo de absorción

**Fuente:** San Bartolomé [18]

*Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.
- Pozo de inundación.
- Balanza electrónica.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Secar completamente los bloques de estudio en el horno por 24 horas a 110° C.
- Pesar los bloques completamente secos.
- Colocar los bloques en un pozo de inundación por 24 horas.
- Sacar los bloques y secarlos con un trapo.
- Pesar los bloques sumergidos.

#### **Ensayos de laboratorio para la muestra de suelo a trabajar**

##### ○ Obtención en laboratorio de muestras representativas (Cuarteo)

Es un procedimiento que de por sí no proporciona ningún valor numérico, pero eso no implica que no tenga la misma importancia que otro tipo de ensayos, pues de realizar mal este procedimiento, se podría obtener muestras distorsionadas para los siguientes ensayos a realizar.

Se basa en la NTP 339.089 y que básicamente (para el cuarteo manual) consiste en [19]:

- Colocar la muestra de suelo sobre una superficie apropiada que evite la pérdida de material de cualquier manera.
- Mezclar completamente y apilarlo todo en forma cónica.
- Se aplasta el cono con cuidado hasta formar un círculo con características de diámetro y espesor homogéneos.
- Se divide en cuatro secciones iguales, para luego separar dos cuartos que se encuentren opuestos entre sí.
- Los otros dos grupos que no se utilizaron se vuelven a mezclar y se repita el procedimiento hasta obtener la cantidad requerida.

##### ○ Mínima cantidad de muestra de suelo para realizar el ensayo de granulometría

De acuerdo con el Manual de Ensayo de Materiales, lo mínimo requerido de muestra para estudios en suelos del tipo arenoso, debe corresponder a 115 gr del material que se quede o no

en el tamiz N°10; mientras que, para aquellos del tipo limoso o arcilloso, la cantidad pasa a ser de 65 gr [19].

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz (N° 10) 2,00 mm
Nominales	Redondeados	
9,5 mm (3/8")	10 mm	500 g
19,0 mm (3/4")	20 mm	1000 g
25,4 mm (1")	25 mm	2000 g
38,0 mm (1.1/2")	40 mm	3000 g
50,8 mm (2")	50 mm	4000 g
76,2 mm (3")	80 mm	5000 g

**Tabla 1** Requerimiento mínimo de muestra que se necesita según el tamaño máximo nominal de la muestra de estudio

**Fuente:** Manual de Ensayo de Materiales [19].

○ Determinación del contenido de humedad en un suelo

Es la relación que se obtiene entre el peso de la cantidad de agua que la muestra presente y el de sus partículas sólidas expresada en tantos por ciento. Para este tipo de ensayo se utiliza el calor proporcionado por un horno a 110° C. La variación de peso de la muestra secada con la original, corresponde al peso del agua que existía inicialmente en él [19].

Para determinar la cantidad mínima a utilizar en este ensayo, el manual mencionado líneas arriba brinda la siguiente información:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (N° 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (N° 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

**Nota.-** \* Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

**Tabla 2** Cantidad mínima recomendada de masa para el ensayo de contenido de humedad

**Fuente:** Manual de Ensayo de Materiales [19].

*Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Recipiente metálico.

- Balanza electrónica.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Extraer una muestra del suelo del cual se conocerá su contenido de humedad.
- Pesar dicha muestra y dejar secar por 24 horas en un horno a 110° C.
- Pesar la misma muestra pasadas las 24 horas y se anotó la variación de peso.

#### ○ Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Consiste en obtener diversos porcentajes de peso de una misma muestra que vayan siendo retenidos por tamices de diversos tamaños de malla. De esta manera se puede obtener el resultado de los componentes de la muestra original y llegar a la conclusión de qué tipo de suelo es el de estudio.

El procedimiento consiste básicamente en ir pasando la muestra de suelo a través de los tamices mientras se realiza un movimiento manual de lado a lado con el fin de permitir que todas las partículas tengan la opción de pasar por el mallado. La cantidad de muestra debe ser vertida en pequeñas cantidades para no saturar el tamiz y recolectar valores erróneos [19].

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Balanza electrónica.
- Serie de tamices.
- Rodillo para triturar.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Preparar la muestra por el método del cuarteo.
- Lavar y dejar secar por 24 horas en el horno a 110° C.

- Tamizar la muestra pasadas las 24 horas, utilizando la serie de tamices, registrando los pesos retenidos por cada uno.

- o Determinación del límite líquido de los suelos

Corresponde al porcentaje de humedad que un suelo contiene de tal manera que lo posicione entre los estados líquido y sólido. Tiene utilidad pues, en conjunto con valores de índice de plasticidad y límite plástico, permite determinar el comportamiento del suelo ensayado en función de su compactibilidad, impermeabilidad, compresibilidad, resistencia al corte, entre otras [19]. Para el uso de este ensayo se hace uso de la herramienta de laboratorio llamada Copa de Casagrande.

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Copa de Casagrande.
- Balanza electrónica.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.
- Recipientes metálicos.
- Espátula.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Tamizar la muestra seleccionada por el tamiz N°40 para trabajar con lo pasante de este tamiz.
- Colocar un poco de la muestra (250 gr) y añadir agua en pequeñas cantidades hasta formar una masa.
- La masa formada se coloca dentro de la copa de Casagrande y con ayuda de una espátula aplanar de tal manera que se pueda hacer una ranura central.
- Posterior a ello, se procede a realizar golpes con la copa de Casagrande con el fin de contabilizar la cantidad de golpes necesarios para hacer que la ranura antes mencionada se junte lo más posible.

- Determinado el número de golpes para juntar la ranura en al menos un punto, extraer un trozo de la muestra total y calcular el contenido de humedad bajo el mismo procedimiento descrito con anterioridad.
- Realizar el mismo procedimiento con diversas cantidades de agua con el fin de registrar entre 25 y 30 golpes aproximadamente.
- Todos los pesos húmedos y secos, así como el número de golpes, se anotan para su posterior análisis.

- Determinación del límite plástico de los suelos

Corresponde a la cantidad de agua (humedad) más baja requerida para hacer bastones de barro de 1/8" de diámetro sin que estas se desmoronen. Sus resultados sirven para determinar el índice de plasticidad de un suelo [19].

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Vidrio esmerilado.
- Balanza electrónica.
- Agua destilada.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.

#### *Procedimiento del ensayo*

En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Tamizar la muestra seleccionada por el tamiz N°40 para trabajar con lo pasante de este tamiz.
- Añadir cierta cantidad de agua a lo pasante del tamiz N°40, lo suficiente para poder formar pequeñas tiras de barro.
- Estas tiras se colocan sobre el vidrio esmerilado y con las yemas de los dedos se procede a darles un diámetro de 3 mm aproximadamente.
- Se sigue moldeando hasta que aparezcan las primeras grietas luego de los 3 mm dados inicialmente.

- Las muestras ya formadas, se pesan para realizar el contenido de humedad siguiendo la misma metodología antes explicada.

- o Ensayo Proctor

Este ensayo busca principalmente definir la relación existente que hay del contenido de agua antes expuesto y el peso unitario seco de la muestra de suelo previamente compactado en moldes de 4" a 6" de diámetro, utilizando un pisón de 44.50 Newton a una elevación promedio de 457 milímetros para lograr la energía requerida de 2700 kN-m/m<sup>3</sup>.

Este ensayo solo puede realizarse para aquellos suelos que tengan como máximo el 30% de partículas que no puedan pasar el tamiz de 3/4".

El procedimiento es sencillo, pues se ira llenando el molde en 5 capas para luego aplicar la fuerza requerida determinada con las características anteriormente descritas, un numero de 25 veces por capa. Se puede utilizar el suelo que pase el tamiz N°4 o en el de 3/8" (cuando sea más del 20% el peso de suelo que se retenga en el tamiz N°4 [19].

#### *Instrumentos requeridos*

En cuanto al desarrollo en sí del ensayo, se especifica a continuación lo necesario para ejecutarlo.

- Muestra de suelo.
- Molde de 4" de diámetro.
- Pisón para compactar.
- Horno con capacidad de temperatura de al menos 110° C.
- Balanza electrónica.

#### *Procedimiento del ensayo*

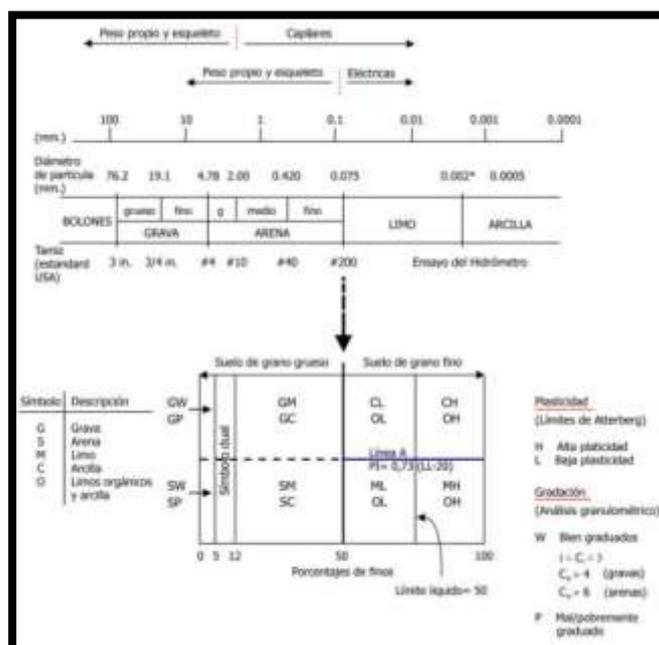
En cuanto al desarrollo del ensayo, este se lleva a cabo siguiendo los lineamientos de la norma designada para el mismo, siendo este:

- Se determina el tipo de método del ensayo Proctor modificado a utilizar. Para ello, se hizo uso del tamiz N°04, por el que se pasó el total de la muestra designada para el ensayo.
- Del total de muestra, agrupar en bolsas de 3 kg para los distintos puntos de la curva de compactación del ensayo (en total 3).
- Añadir a dichas muestras, diversos porcentajes de agua.

- Añadir de a pocos la muestra humedecida por capas para ser debidamente compactadas a 25 golpes utilizando el pisón.
- Realizar 3 capas.
- Pesar la muestra compactada y proceder a realizar el contenido de humedad.
- Repetir el procedimiento para tres puntos con diversos porcentajes de humedad.
- De la curva a obtener, se conoce que las ordenadas representan la densidad seca del suelo, siendo la ordenada máxima la densidad seca máxima, mientras que el contenido de humedad que le corresponde dicha densidad, lleva por nombre contenido de humedad óptimo.

### Clasificación de suelos SUCS

Esta clasificación es de los métodos de más extendidos en el mundo, y básicamente consta analizar el cantidad de finos de una muestra de suelo, que corresponde a las partículas que pasen por el tamiz N°200. En función de los porcentajes se puede ir determinando la clasificación: si menos de la mitad de la muestra de suelo pasa a través del tamiz N°200, entonces se considera uno de tipo “grueso” que puede ser subclasificado en arena o grava por medio del porcentaje que pase el tamiz N°4. Por el contrario, si pasa más de la mitad del peso de la muestra, se le considera como del tipo “fino”, y que a su vez puede subclasificarse en limos y arcillas, pero estos se diferencian por medio de los límites de plasticidad [20].



**Fig. 11** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**Fuente:** Universidad de Buenos Aires [20]

El sistema SUCS utiliza la siguiente nomenclatura para clasificar las arenas y gravas:

W: Bien graduadas

P: Mal graduadas

M: Del tipo limosas

C: Del tipo arcillosas

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS USCS						
GRUESOS < 50% que pasa 0,08 mm						
Tipo de suelo	Símbolo	% Ret. en 5mm	% que pasa* 0,08mm	C <sub>c</sub>	C <sub>u</sub>	Índice de Plasticidad * IP
Gravas	GW	≥50% de lo retenido en 0,08 mm	< 5	> 4	1 a 3	< 0,73 (WL-20) o < 4 > 0,73 (WL-20) y > 7
	GP			Si no Cumple requisitos de GW es GP		
	GM					
	GC					
Arenas	SW	<50% de lo retenido en 0,08 mm	< 5	> 6	1 a 3	< 0,73 (WL-20) o < 4 > 0,73 (WL-20) y > 7
	SP			Si no Cumple requisitos de SW es SP		
	SM					
	SC					
*Entre 5 y 12 % usar símbolo doble: como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC						
**Si IP ≈ 0,73(WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73(WL-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC						

*Fig. 12 SUCS - Suelos gruesos*

**Fuente:** Universidad Tecnológica de Chile [21]

FINOS ≥ 50 % PASA 0.08 mm			
Tipo de suelo	Símbolo	Lím. Líquido WL	Índice de Plasticidad * IP
Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0,73 (WL-20) o < 4
	MH	> 50	< 0,73 (WL-20)
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	> 0,73 (WL-20) y > 7
	CH	> 50	> 0,73 (WL-20)
Limos o Arcillas Orgánicas	OL	< 50	**WL seco al horno
	OH	> 50	≤ 75% del WL seco al aire
Altamente Orgánicos	P <sub>1</sub>	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente	
*Si IP ≈ 0,73(WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73(WL-20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH.			
**Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WL seco al Horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej.: CH-MH en vez de CL-ML			
Si WL = 50; CL-CH ó ML-MH			

*Fig. 13 SUCS - Suelos finos*

**Fuente:** Universidad Tecnológica de Chile [21]

Es evidente que el tamiz N°200 y el N°4 toma bastante relevancia en esta clasificación, y esto es pues porque son los tamices que logran definir con claridad los límites que diferencian los porcentajes del tipo de suelo. Mientras que para suelos del tipo grueso se emplean porcentajes en función de lo retenido en tamices, para los del tipo fino, se emplean los límites de Atterberg para su clasificación.

### **Clasificación de suelos AASHTO**

Esta clasificación subdivide a los suelos sin materia orgánica en grupos desde A-1 hasta A-7, tomando como criterio que el primer grupo corresponde a una muestra de suelo de las condiciones óptimas para su uso en subrasantes (esto quiere decir, que se trata de un suelo bien graduado compuesto de grava y arena, y pequeñas cantidades de arcilla), mientras que los suelos orgánicos, los clasifica en un grupo adicional (A-8).

Por su parte, si el suelo involucra grandes cantidades de finos, pasa a identificarse por su índice de grupo o IG, donde la relación de este valor depende de la calidad del suelo, pues a mayor valor de IG menor será la calidad del mismo. Además, como criterios fundamentales, se basa en el tamaño de las partículas del suelo (en tanto por ciento de peso de toda la muestra que pase por los tamices N° 10, 40 y 200), el límite líquido y plástico, y los sobre tamaños que, a pesar de no considerarse, se registran de igual manera [21].

El valor de IG puede calcularse como:

$$IG = (IP - 10) * (F - 15) * 0.01 + (0.20 + 0.005 * (WL - 40)) * (F - 35)$$

Donde:

F= % que pasa por el tamiz N°200

WL= Valor que corresponde al límite líquido

IP = Valor que corresponde al índice de plasticidad

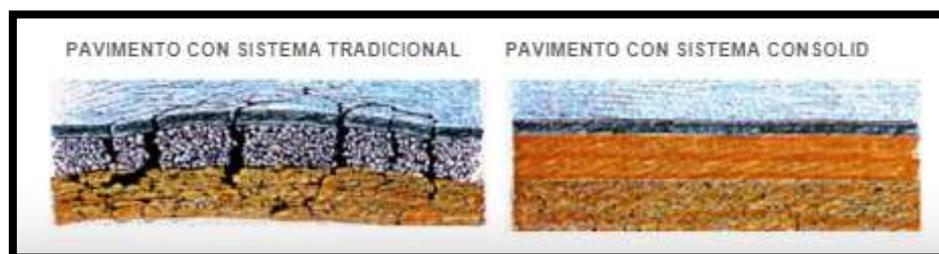
SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasificación General	Suelos granulares ( $\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos finos ( $>35\%$ Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5** A-7-6**	
2 mm	$\leq 50$										
0,5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$								
0,08 mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$			$\geq 36$				
WL				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas Limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
	** A-7-5 : $IP \leq (WL-30)$					A-7-6 : $IP > (WL-30)$					
	$IG = (F - 35)(0,2 + 0,005 (WL - 40)) + 0,01 (F - 15)(IP - 10)$ * Para A-2-6 y A-2-7 : $IG = 0,01 (F - 15)(IP - 10)$ Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$ ; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

**Fig. 14** Clasificación AASHTO

**Fuente:** Universidad Tecnológica de Chile [21]

### Sistema Consolid

Es un estabilizador químico de suelos enfocado en aquellos con características cohesivas o semi cohesivas, puesto que este tipo de suelos cuentan con la propiedad de petrificarse en largos periodos de tiempo, por lo que el sistema entra en acción, acelerando dicha propiedad mediante procesos catalizadores o seudo catalizadores. Está conformado por dos productos que actúan en conjunto, siendo estos el componente líquido Consolid 444 y el componente sólido Solidry [22].



**Fig. 15** Diferencia entre pavimentos con sistema tradicional y con Sistema Consolid

**Fuente:** Consolid Productos Viales [22].

#### ○ Propiedades del Sistema Consolid

Sus mejores resultados se pueden apreciar sobre suelos con un 20% de arcilla, pero pudiendo trabajar con cualquier tipo de suelo, logrando aumentar su capacidad de soporte entre 2 a 10

veces más, así como la reducción del hinchamiento libre del suelo y su absorción por capilaridad. Además, sin considerar que su empleo no requiere de maquinaria especial, su uso se vuelve sencillo y económico. A pesar de tratarse de un sistema conformado por elementos químicos, el Sistema Consolid no presenta daños adversos por lo que es un producto eco amigable [22].

### **Consolid 444**

Es el nombre que lleva el componente líquido que conforma el Sistema Consolid. Es de característica semi viscosa lechosa, compuesto principalmente de Amonio cuaternario, amina grasa, ácido fórmico, entre otros. [23]

Se caracteriza por tener la propiedad de aglomerar irreversiblemente las partículas finas que pueda tener un determinado suelo. Su funcionamiento se basa principalmente en actuar sobre el agua absorbida por el suelo, buscando reducir la tensión superficial de la misma que se encuentre rodeando las partículas de suelo, para que pueda luego evaporarse, logrando de esta manera que estas se reacomoden de tal manera que favorezca su compactación [22]. Esto puede resumirse en las siguientes características:

- La petrificación del suelo, ya que compacta y brinda protección capilar.
- La conversión de los finos del suelo en ligantes de manera natural.
- El incremento significativo de la capacidad portante del suelo tratado.

En lo que respecta a su dosificación, esta va a estar ligada a la tipología del suelo, pero su aplicación habitual está en el orden del 0.04% del suelo tratado [22].

### **Solidry**

Es el nombre que lleva el componente sólido que conforma el Sistema Consolid. Es de característica granulada en polvo, conformado por la unión de intercambiadores iónicos y catalizadores a nivel concentrado, pero como producto final, está compuesto además de cemento y cal hidratada [23].

Trabaja en conjunto con el componente líquido Consolid 444, ya que este se encarga principalmente de reforzar la permeabilidad que indirectamente se pueda lograr con el Consolid 444, bloqueando los capilares y adicional a ello, evitando que el agua del exterior pueda penetrar en la superficie que haya sido estabilizada. Su diseño está enfocado principalmente a suelos con plasticidad elevada, puesto que, con su aplicación, llevará el índice plástico del mismo a valores en los que pueda ser tratado adecuadamente [22]. Esto puede resumirse en las siguientes características:

- Petrificación irreversible del suelo tratado.
- Impermeabilización, actuando sobre la carga de los iones de las partículas, logrando así la entrada de agua.

En lo que respecta a su dosificación, esta va a estar ligada a la tipología de suelo, pero su aplicación habitual está en el orden del 0.5 a 2% respecto del suelo tratado [22].

### **Óxido de calcio (estabilización)**

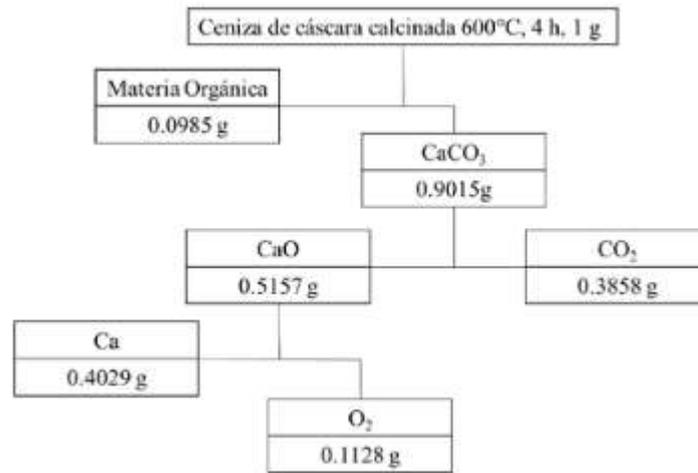
Es componente principal, pero no único, de lo que comúnmente se denomina cal viva, puesto que esta puede estar conformada tanto por el óxido de magnesio (MgO) como por el óxido de calcio (CaO) [24].

Este último reacciona químicamente con la arcilla presente en el suelo dándole propiedades de plasticidad, trabajabilidad y resistencia. Cuánto mejore el suelo tratado va a depender principalmente del tipo de suelo, el porcentaje de cal empleado, el tiempo de curado y las condiciones de humedad [24]. En promedio, se requiere valores de entre 15% al 20% de arcilla para asegurar una reacción en esta. Por el contrario, de emplear suelos granulares como arenas, gravas y limos, la cantidad de arcilla es mínima por lo que la reacción que el óxido de calcio tenga con el suelo será despreciable [25].

Sus efectos como estabilizantes pueden verse inmediatamente y/o a lo largo del tiempo. Siendo los efectos inmediatos, los relacionados a los que se pueden presenciar previo al curado, y corresponden a la floculación-aglomeración de partículas que se presenta cuando el óxido de calcio entra en contacto con las arcillas del suelo. Mientras que los efectos a largo plazo corresponden a los que se pueden apreciar posterior al curado y corresponden a las propiedades de resistencia y durabilidad [24].

### **Ceniza de triturado de cáscara de huevo**

Visto desde el análisis de la ingeniería de materiales, resulta ser una fuente de la cual se puede obtener óxido de calcio de alta pureza [26]. A partir de la cáscara de huevo se puede obtener, por medio del calcinado, materia orgánica en un porcentaje pequeño, y carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en mayor proporción, el cual se puede seguir descomponiendo por calcinación, a óxido de calcio (CaO) y el excedente del mismo proceso, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Siendo el producto, un material que puede ser empleado en la ingeniería civil [26].



**Fig. 16** Diagrama de flujo de la obtención de CaO y calcio obtenido de la calcinación de la trituración de la cáscara de huevo

**Fuente:** Revista Tópicos de investigación en Ciencias de la Tierra y Materiales [26]

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tipo de investigación: Aplicada**

La investigación del tipo aplicada se centra principalmente en la búsqueda de la aplicación inmediata del conocimiento obtenido para una determinada situación problemática antes que brindar las bases de un conocimiento universal [27].

El proyecto de investigación a desarrollar viene a ser del tipo aplicada puesto que el enfoque del mismo es la búsqueda de la mejora de las propiedades de los bloques de adobe convencionales con los que la población de bajos ingresos económicos suele construir sus viviendas, estando ante un latente problema frente a sismos o lluvias de gran intensidad. Para ello, se aplicarán las teorías que existen, y a partir del procesamiento de la información mediante experimentación, se determinará la mejor alternativa para la solución de este problema.

### **Diseño de investigación: Experimental**

Es aquella que pretende modificar deliberadamente las variables de tal manera que se pueda así verificar o no la hipótesis planteada por el investigador [27].

Por ello, el diseño de investigación que se está desarrollando es experimental, puesto que aquí se manipularán los bloques de adobe fabricados, mediante el uso del Sistema Consolid y el óxido de calcio, con el fin de verificar si existe una mejora en las propiedades mecánicas y físicas de los bloques de adobe frente a los convencionales sin adiciones.

### **Nivel de investigación: Descriptivo**

La investigación descriptiva en función de la metodología empleada, es aquella que busca estudiar principalmente las propiedades que sean más importantes de las muestras de estudio ensayadas que se quieran estudiar [27], en este caso, los bloques de adobe a estabilizar con Sistema Consolid y óxido de calcio.

Por ello, la presente investigación es del tipo descriptiva puesto que se seleccionarán las características más relevantes del objeto de estudio para luego describirlas y/o clasificarlas al detalle, todo esto mediante ensayos de laboratorio a los bloques de adobe a estabilizar con Sistema Consolid y óxido de calcio.

### **Técnicas e instrumentos por utilizar**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Análisis documental	Artículos científicos
	Libros
	Tesis de investigación
Análisis técnico	Normas
	Informes técnicos
	Manuales del MTC
Experimental	Pruebas y ensayos de laboratorio
Análisis y procesamiento de datos	Formatos para recopilación de datos

*Tabla 3 Técnicas e instrumentos para el desarrollo de la investigación*

**Fuente:** Propia

### **Objeto de estudio**

En este caso, el objeto de estudio no existe con anterioridad, pues este corresponde a los bloques de adobe que serán fabricados y estabilizados con Sistema Consolid y el óxido de calcio.

### **Población**

La población de estudio estará conformada por los bloques de adobe fabricados de dimensiones de 25x12.50x9.00 cm que serán estabilizadas utilizando el Sistema Consolid y el óxido de calcio.

### **Muestra**

La muestra de estudio corresponderá a la misma cantidad finita que de la población, siendo esta de 188 bloques de adobe fabricados de dimensiones de 25x12.50x9.00 cm y estabilizados utilizando Sistema Consolid y el óxido de calcio obtenido de la ceniza del triturado de la cáscara de huevo.

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD DE MUESTRAS	OBSERVACIONES
Ensayo de resistencia a la compresión simple y determinación de dosificación	Estabilizada	144	Se realizarán 6 unidades de adobe por cada dosificación de aditivo siendo: 4 dosificaciones para Consolid 444, 4 para Solidry, y 4 para CaO. Además se repetirá el procedimiento para los 2 tiempos de curado.
	Sin adiciones	12	Se realizarán 6 unidades para cada tiempo de curado.
Ensayo de resistencia a la tracción por fractura	Estabilizada	6	Se realizarán 6 unidades con el tiempo de curado adecuado
	Sin adiciones	6	Se realizarán 6 unidades con el tiempo de curado adecuado
Ensayo de alabeo, variación dimensional, succión y absorción	Estabilizada	10	Se realizarán 10 unidades para los ensayos de alabeo y variación dimensional, de las 10 unidades, 5 se utilizarán para el ensayo de succión y las otras 5 para el de absorción
	Sin adiciones	10	Se realizarán 10 unidades para los ensayos de alabeo y variación dimensional, de las 10 unidades, 5 se utilizarán para el ensayo de succión y las otras 5 para el de absorción
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>		<b>188</b>	

*Tabla 4* Tabla de estimación de la cantidad de muestras del estudio

**Fuente:** Propia

### Definición de variables

○ Variable independiente:

La adición del Sistema Consolid y óxido de calcio en bloques de adobe, que está compuesta a su vez por la cantidad del aditivo Consolid 444 en litros, la cantidad del aditivo Solidry en kilogramos y la cantidad de óxido de calcio en kilogramos.

○ Variable dependiente:

Propiedades mecánicas y físicas de los bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, que está compuesta por la absorción, el alabeo, la succión y la variación dimensional como propiedades físicas; y el módulo de rotura y la resistencia frente a la compresión como parte de las propiedades mecánicas.

○ Variabes intervinientes:

Se consideran las propiedades que solo serán medidas una vez, correspondientes a la muestra de suelo original: el límite de Atterberg, la clasificación del suelo, el contenido de humedad, el Proctor modificado, y el tiempo de curado.

### Operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (INSTRUMENTO, ENSAYO, NTP)	
I N D E P E N D I E N T E	Adición del Sistema CONSOLID y óxido de calcio	Corresponde a la cantidad que será utilizada del componente Consolid 444 medida en litros por metro cúbico del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación del componente líquido C444	0.5, 1.0, 1.5 Y 2.5 l/m3	l/m3	Vaso de precipitado
		Corresponde a la cantidad que será utilizada del componente Solidry medida en kilogramos por metro cúbico del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación del componente sólido Solidry	10, 15, 25, 35 kg/m3	kg/m3	Balanza digital
		Corresponde a la cantidad que será utilizada del óxido de calcio medida en tantos por ciento del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación de óxido de calcio	0.5, 1.0, 1.5, 2.0% del peso del bloque	%	Balanza digital
D E P E N D I E N T E	Propiedades mecánicas y físicas de los bloques de adobe estabilizados con sistema CONSOLID y óxido de calcio	Variación dimensional	-	%V	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruana 399.604 y 399.613	
		Alabeo	-	mm	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y	
		Succión	-	% gr/200cm2	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y	
		Absorción	-	% A	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y	
	Corresponde a las propiedades mecánicas de los bloques de adobe con adiciones de sistema CONSOLID y óxido de calcio	Resistencia frente a la compresión	-	f'b kg/cm2	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y	
		Módulo de rotura	-	kg/cm2	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y	

*Tabla 5 Operacionalización de variable independiente y dependiente*

Fuente: Propia

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (INSTRUMENTO, ENSAYO, NTP)
I N T E R V I N I E N T E	Límite de Atterberg	-	-	%	Manual de ensayo de materiales MTC -2016, Método para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos - Norma Técnica Peruana 339.129
	Clasificación de suelo	-	-	tipo	Manual de ensayo de materiales MTC -2016, Método para clasificación de suelos con propósitos de ingeniería - Norma Técnica Peruana 339.134
	Contenido de humedad	-	-	%	Manual de ensayo de materiales MTC -2016, Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - Norma Técnica Peruana 339.127
	Proctor modificado	-	-	gr/cm3	Manual de ensayo de materiales MTC -2016
	Tiempo de curado	-	-	días	-

*Tabla 6 Operacionalización de variable interviniente*

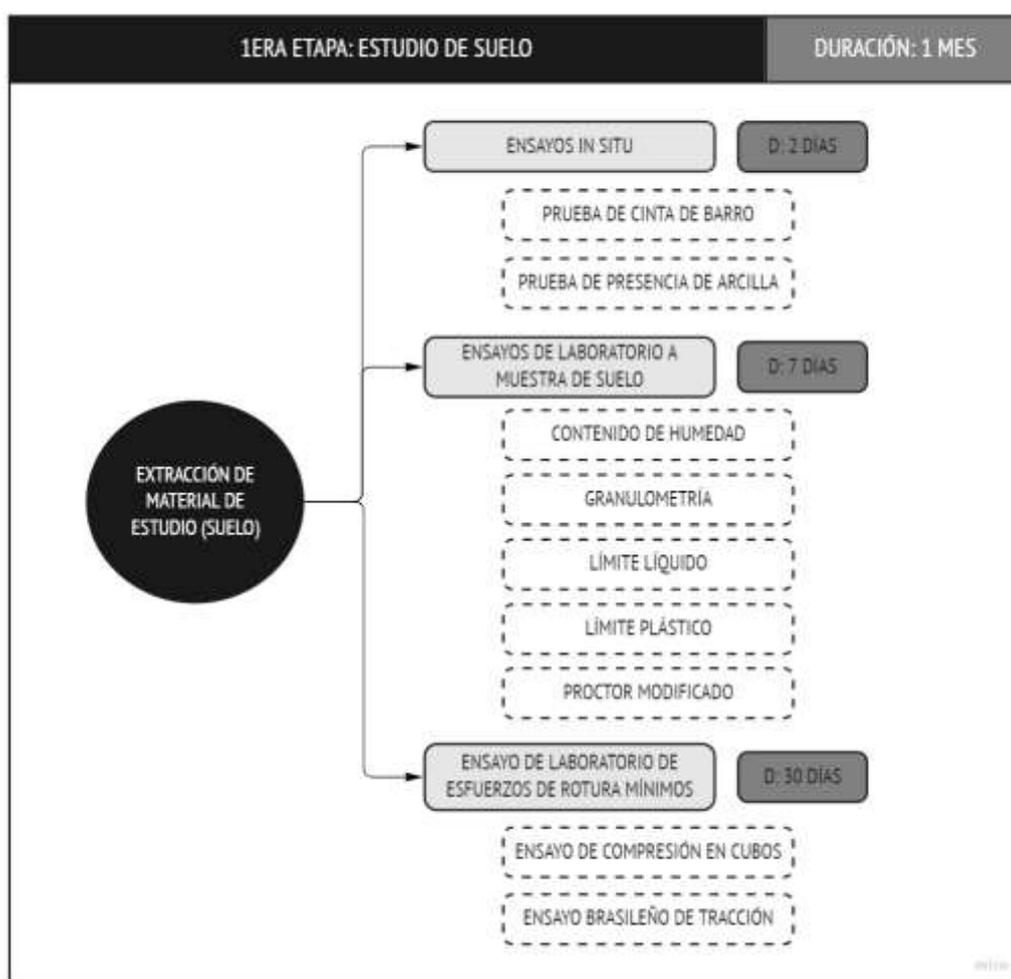
**Fuente:** Propia

### Estrategia metodológica para demostrar la hipótesis

Para poder demostrar la hipótesis planteada, se decidió dividir el desarrollo del proyecto en tres etapas:

- Primera etapa: Estudio de suelo y recolección de materiales

En la primera etapa se planteó y delimitó la recolección de los materiales de estudio que abarca: el suelo y los aditivos. En esta etapa se determinaron todas las características del suelo para establecer si este es de apto uso para la elaboración de bloques de adobe, para lo cual, se realizaron los ensayos que la norma E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada, dividiéndolos por su naturaleza: ensayos in situ (prueba de cinta de barro y prueba de presencia de arcilla), ensayos de laboratorio a la muestra de suelo (contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico y Proctor modificado) y ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimo (ensayo de compresión en cubos y ensayo brasileño de tracción).



*Fig. 17 Primera etapa de demostración de hipótesis: Estudio de suelo*

**Fuente:** Propia

○ Segunda etapa: Determinación de dosificación de aditivos

En esta etapa se planteó la determinación de la dosificación de aditivos a emplear (Sistema Consolid y óxido de calcio) por medio del ensayo de resistencia a la compresión. Para ello, con los resultados de la primera etapa, se determinó el contenido de humedad adecuado para la elaboración de bloques de adobes. Con ello se realizaron los bloques de adobe de muestra patrón (convencionales), y los bloques de adobe con el primer componente del Sistema Consolid (Consolid 444, formulación líquida). Estos últimos se realizaron en función a las dosificaciones planteadas en los objetivos, para luego determinar cuál de todas es la que mejor comportamiento presentó. Luego de ello, se elaboraron los nuevos bloques con la mejor dosificación de la formulación líquida, pero combinada con diferentes dosificaciones del segundo componente del Sistema Consolid (Solidry, formulación sólida). Al finalizar el ensayo de resistencia a la compresión, se obtuvo los bloques de adobe con la mejor dosificación del Sistema Consolid como tal. Finalmente, se repitió el procedimiento con el último aditivo (óxido de calcio), obteniendo finalmente la dosificación final de todos los aditivos para realizar los ensayos pertinentes.

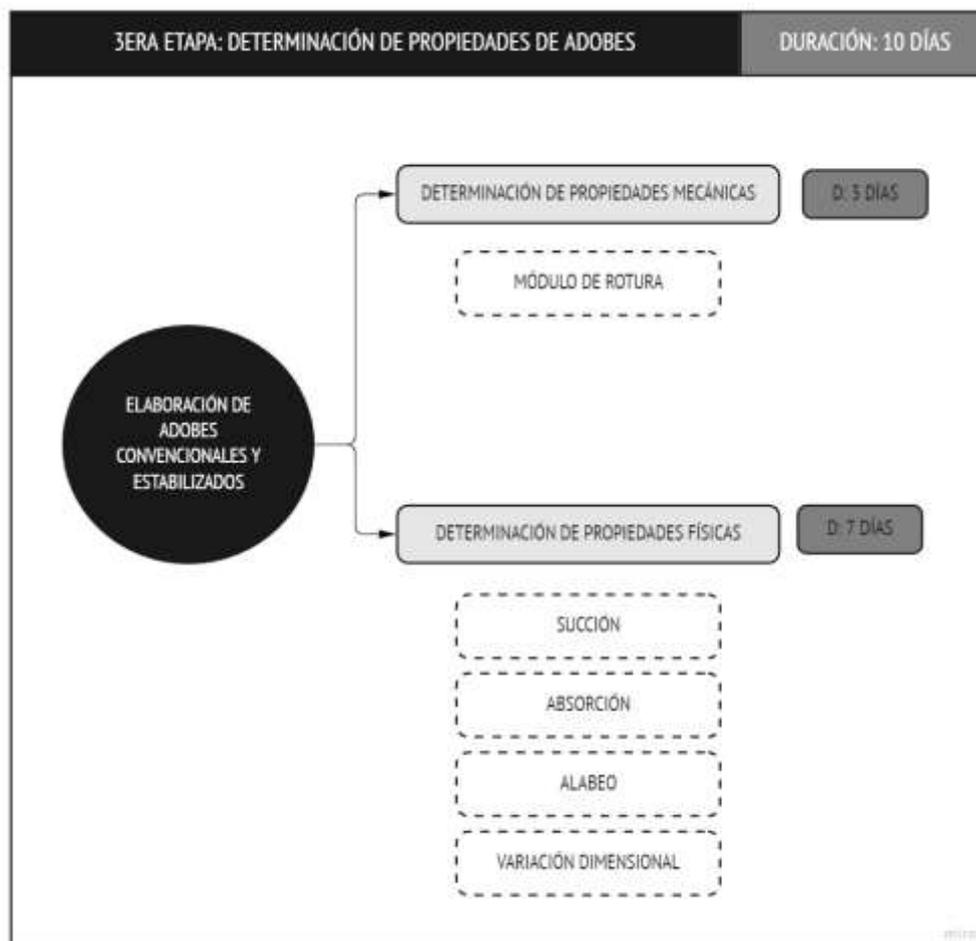


**Fig. 18** Segunda etapa de la demostración de hipótesis: Determinación de dosificación de aditivos

**Fuente:** Propia

○ Tercera etapa: Determinación de propiedades de bloques de adobe

En esta última etapa se llevaron a cabo los últimos ensayos que corresponden netamente a determinar los otros puntos objetivos, es decir, las propiedades tanto mecánicas (solo módulo de rotura, ya que los resultados de la segunda etapa cubren parte de este apartado) como físicas (succión, absorción, alabeo y variación dimensional) de los bloques de adobe convencionales como los estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.



**Fig. 19** Tercera etapa de demostración de hipótesis: Determinación de propiedades de adobes

**Fuente:** Propia

A continuación, se presenta un flujograma del desarrollo en laboratorio de los ensayos planificados para la obtención de resultados que sustenten el objetivo de la investigación:

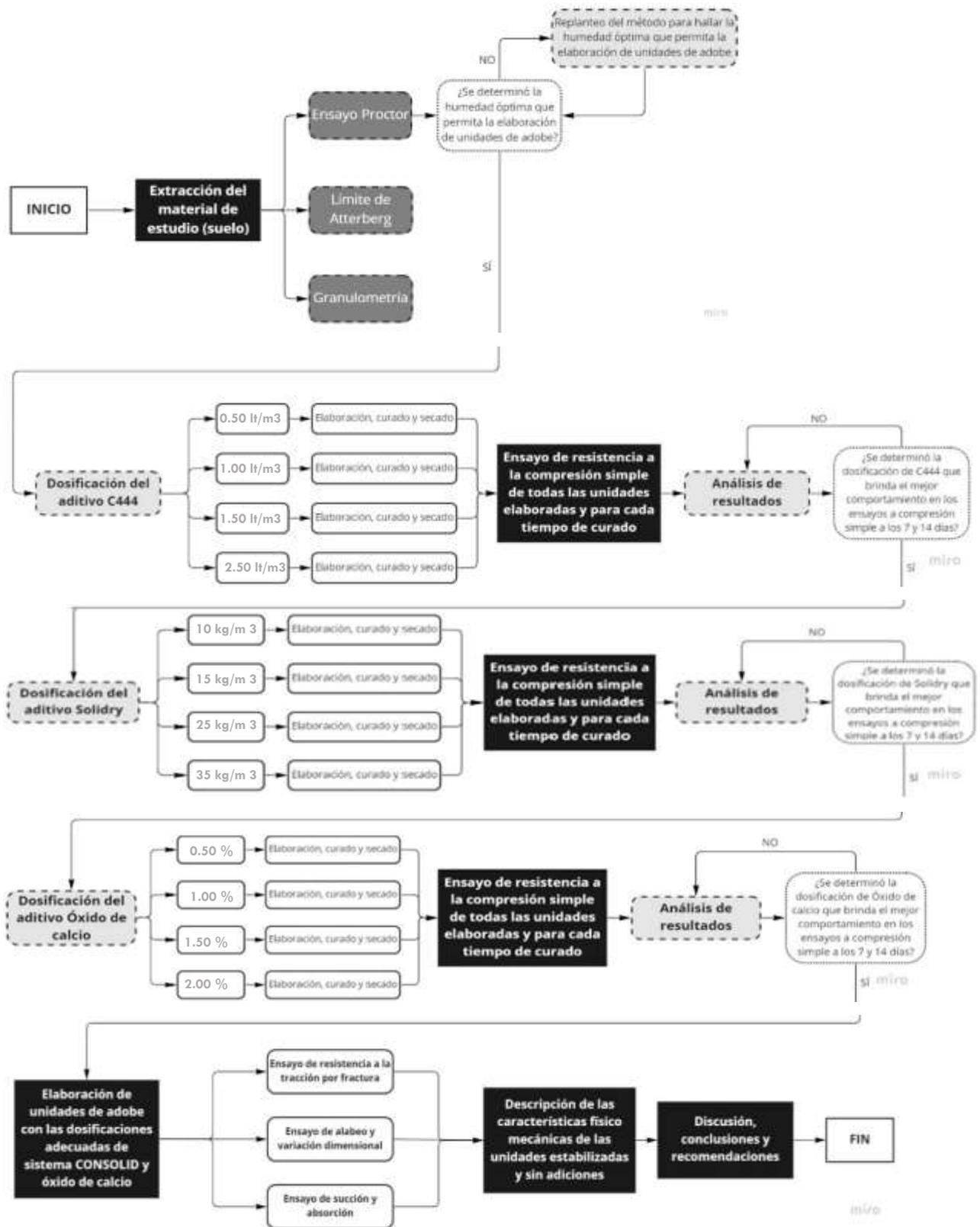


Fig. 20 Flujograma de desarrollo de ensayos y obtención de resultados

Fuente: Propia

### Ejecución de la estrategia metodológica para demostrar la hipótesis

#### ○ Recolección de muestra y aditivos

Se dividió el apartado en los tres pilares principales que conforman la base del desarrollo de este proyecto, siendo estos:

#### ▪ Muestra de suelo

La muestra de suelo se obtuvo por colaboración de terceros, en un terreno particular en las Casuarinas, Lambayeque, a 5 minutos del mercado modelo de la ciudad, como se puede apreciar en la figura 21 con imágenes satelitales.



*Fig. 21 Ubicación satelital del terreno de donde se extrajo la muestra de estudio*

**Fuente:** Google Maps

Se tenía de conocimiento que el suelo de la zona era utilizado por la población para la elaboración de adobes, razón por la que se decidió hacer uso de la misma. El área del terreno a

la que se tuvo acceso se encontraba cubierta por vegetación por lo que se tuvo que preparar la misma para poder trabajar adecuadamente. Para ello se hizo uso de palanas con las que extraer la vegetación y aplanar el terreno.

Cabe resaltar que el suelo utilizado tanto para los ensayos como para la elaboración de bloques de adobe, se encontraba a 30 cm de profundidad (descartando, por ende, la capa superficial). Además de ello, se extrajeron unos 25 kg para los ensayos de suelo pertinentes.



*Fig. 22 De izquierda a derecha: Estado del terreno previa intervención. Eliminación de vegetación, aplanado y, limpieza manual del terreno*

**Fuente:** Propia



*Fig. 23 De izquierda a derecha: Medición de los 30 cm considerados para empezar a extraer la muestra de suelo de interés. Extracción de muestra de suelo para ensayos de laboratorio*

**Fuente:** Propia



**Fig. 24** Extracción de suelo para la elaboración de bloques de adobe para la investigación

**Fuente:** Propia

- Sistema Consolid

Los aditivos que conforman el sistema Consolid fueron proporcionados por la empresa CH33 Engineering, en colaboración con la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Se tuvo entonces a disposición tanto de la formulación líquida (NLF – Consolid 444) y la formulación sólida (NSF – Solidry).



**Fig. 25** De izquierda a derecha: Formulación líquida (NLF - Consolid 444). Formulación sólida (NSF - Solidry)

**Fuente:** Propia

- Cáscaras de huevo

Con el fin de obtener el óxido de calcio, se recolectó por un periodo de 3 meses, cáscaras de huevo. Esto se hizo en colaboración con el chifa Nanjin, que proporcionó el insumo mencionado en grandes cantidad. A parte también se recolectaron cáscaras de manera particular de familiares y otros.



**Fig. 26** Cáscaras de huevo recolectadas para la obtención de óxido de calcio

**Fuente:** Propia

- Ensayos in situ a muestra de suelo

Según queda estipulado en la norma E.080 correspondiente, se deben realizar dos ensayos esenciales en campo con el fin de determinar si el suelo que se desea utilizar para la elaboración de adobes, tenga la cantidad suficiente de arcilla. Razón por la cual se procedieron a realizar dichos ensayos siendo estos:

- Prueba de cinta de barro

Para llevar a cabo esta prueba, lo que se hizo fue humedecer la tierra lo suficiente para poder moldearla y colocarla sobre un saco donde poder trabajar.



**Fig. 27** Humedecimiento de la muestra para elaboración de cilindros de 12 mm de diámetro

**Fuente:** Propia

Con ello se hicieron tubos de 12 mm de diámetro aproximadamente, para después, con el uso de la yema de los dedos, adelgazar y dejarlo colgar lo más que se pueda sin que esta se rompa. Una vez así, se procedió a medir la tira hecha, puesto que en función a su longitud se determina si contiene grandes cantidades de arcilla o no.

En este caso, como las tiras alcanzaron una longitud de 35 cm aproximadamente (siendo mayor a lo requerido por la norma, 20-25 cm, con un mínimo de 10 cm), se pudo determinar que el suelo cuenta con buena cantidad de arcilla.



*Fig. 28 De izquierda a derecha: Medición del espesor de la tira de barro. Medición de la longitud alcanzada por la tira de barro sin romperse*

**Fuente:** Propia

- Prueba de presencia de arcilla

Para este ensayo, lo que se hizo fue de igual manera humedecer la tierra lo suficiente para poder amasar la misma y tener mayor trabajabilidad. Con ello, se realizaron 4 bolitas que fueron dejadas secando por 48 horas protegidas de la humedad o cualquier otra fuente de agua. Pasado el periodo de tiempo mencionado, se procedió a tratar de aplastar las bolitas con el índice y el pulgar. Esto pues, la norma establece que, de llegar a romperse, la tierra no contaría con la cantidad necesaria de arcilla para la elaboración de adobes.



**Fig. 29** *Elaboración de la mezcla y bolitas de barro para el ensayo de contenido de arcilla*

**Fuente:** Propia



**Fig. 30** *De izquierda a derecha: Bolitas de barro elaboradas y dejadas a secar para ensayo de presencia de arcilla. Presión aplicada a las bolitas de barro luego de 48 horas de secado para determinar la presencia o no de arcilla en el suelo*

**Fuente:** Propia

○ Ensayos de laboratorio a muestra de suelo

Se consideró realizar los siguientes ensayos de laboratorio con el fin de determinar propiedades de la muestra de suelo consideradas necesarias para el correcto desarrollo de la investigación, como el tipo de suelo, su contenido de humedad, entre otros.

▪ Ensayo de contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad se llevó a cabo para poder conocer el estado de humedad del suelo natural y como información relevante para el desarrollo de otros ensayos y resultados. Cabe destacar que este ensayo se realizó inmediatamente a la muestra de suelo recién extraída para obtener resultados lo más fieles a la realidad posible.



**Fig. 31** De izquierda a derecha: Muestra seleccionada y pesada, previo secado, en recipiente sin considerar la tara del recipiente. Muestra llevada a secar por 24 horas en horno a 110° C

**Fuente:** Propia



**Fig. 32** Muestra pesada, sin considerar la tara del recipiente, pasadas las 24 horas de secado en horno a 110° C

**Fuente:** Propia

- Ensayo de granulometría por tamizado

El ensayo de granulometría se llevó a cabo para poder determinar el tipo de suelo con el que se está trabajando. El procedimiento por realizar se siguió de acuerdo a la norma correspondiente, explicada en las bases teóricas.

Cabe resaltar, que la diferencia del procedimiento regular, en este caso se optó por triturar la muestra a ensayar, esto debido a que se trataba de una mezcla homogénea sin presencia de grava (solo arcilla en su mayoría), y así tener resultados más adecuados.



*Fig. 33 Preparación de la muestra para la elaboración del ensayo de granulometría*

**Fuente:** Propia



*Fig. 34 De izquierda a derecha: Lavado de la muestra y secado por 24 horas en horno a 110° C. Tamizado de la muestra luego del tiempo de secado y registro de pesos retenidos*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de determinación del límite líquido de un suelo

El ensayo de límite líquido se llevó a cabo para poder determinar, en conjunto con otros ensayos, el tipo de suelo con el que se está trabajando. Además, que los resultados de este ensayo en conjunto con los del Proctor modificado, resultarán de importancia para determinar el rango de humedad óptima con la que se deberá trabajar el barro con el que se hagan los adobes a futuro.



**Fig. 35** De izquierda a derecha: Formación de pasta añadiéndole diversas cantidades de agua a la muestra pasante del tamiz N°40. Colocación de la muestra en la copa de Casagrande y realización de ranura central

**Fuente:** Propia



**Fig. 36** De izquierda a derecha: Extracción de muestra para contenido de humedad, anotando debidamente los pesos y número de golpes. Pesado de cada muestra correspondiente para contenido de humedad

**Fuente:** Propia

- Ensayo de determinación del límite plástico de un suelo

El ensayo de límite plástico se llevó a cabo para poder determinar, en conjunto con otros ensayos, el tipo de suelo con el que se está trabajando. El procedimiento por realizar se siguió de acuerdo a la norma correspondiente, explicada en las bases teóricas.



*Fig. 37 De izquierda a derecha: Elaboración de bastones con pasante del tamiz N°40. Bastones listos para ser pesados y realizar contenido de humedad*

**Fuente:** Propia



*Fig. 38 Pesado de la muestra de bastones realizados para contenido de humedad*

**Fuente:** Propia

- Proctor modificado método "A"

El ensayo de Proctor modificado se llevó a cabo para poder determinar la curva de compactación de la muestra de suelo, relacionando el contenido de humedad y su peso unitario seco. Esta información, en conjunto con los resultados del límite líquido, sirvieron como rango de humedad que el suelo debería tener para la elaboración de bloques de adobe.

Como la cantidad de muestra retenida no llegó al 20% del peso total, se definió el método A como el requerido a emplear.



*Fig. 39 De izquierda a derecha: Peso de muestra para ensayo Proctor modificado - método "A"*

**Fuente:** Propia



*Fig. 40 De izquierda a derecha: Separación de la muestra para incorporar el agua designada progresivamente. Mezclado total de la muestra*

**Fuente:** Propia



**Fig. 41** De izquierda a derecha: Compactación por capas de la muestra en molde (25 golpes por cada capa, un total de 3 capas). Pesado de la muestra para contenido de humedad

**Fuente:** Propia

○ Ensayos en laboratorio de esfuerzos de rotura mínimo

Con el fin de determinar si el suelo que se desea utilizar, cumple los requerimientos mínimos en cuanto a esfuerzos de rotura mínimo se requiere, la norma E.080 establece dos ensayos regulados: el de compresión en cubos y el brasileño de tracción. Esto debido a que, a diferencia de los bloques de arcilla o el concreto, el adobe es más complicado de ser regulado en cuanto a sus esfuerzos de rotura mínimo, por lo que la única forma de verificar su correcto comportamiento es con los ensayos mencionados a la muestra de tierra.

▪ Ensayo de compresión en cubos

Este ensayo se desarrolló con el fin de determinar la resistencia frente a la compresión de la muestra de suelo para elaborar bloques de adobe.

Cabe destacar que la preparación de la mezcla se optó hacer como se realiza la mezcla para adobe, esto quiere decir que la mezcla de barro se preparó con 24 horas de anticipación a la elaboración de dichos cubos de tierra. Esto con el fin de garantizar una correcta absorción del agua empleada para realizar el barro. Además, se optó por dejar secar la muestra de suelo 5 días antes de la elaboración de la mezcla, esto con el fin de controlar la cantidad de agua empleada. Los cubos se dejaron secar por 28 días cubiertos del sol y el viento.

El procedimiento por realizar se siguió de acuerdo a la norma correspondiente, explicada en las bases teóricas.



*Fig. 42 De izquierda a derecha: Elaboración de cubos de tierra para ensayo de resistencia. Cubos de tierra secos.*

**Fuente:** Propia



*Fig. 43 Ensayo de resistencia frente a la compresión en cubos de tierra*

**Fuente:** Propia

- Ensayo brasileño de tracción

Este ensayo se desarrolló con el fin de determinar la resistencia frente a la tracción indirecta de la muestra de suelo para elaborar bloques de adobe. Las probetas se dejaron secar por una semana dentro de los moldes, esto pues, la práctica demuestra que, a diferencia de la elaboración

de bloques de adobe o de probetas de concreto, las probetas de tierra tienden a ser más delicadas de manipular. Dejarlas secar dentro de su molde por una semana antes de proceder a desmoldarlo, resulta ser la mejor alternativa.

El desmoldado se realizó utilizando una compresora. Además, el molde de plástico fue recubierto de arena fina con el fin de evitar que el barro se pegase a los bordes.

Las imperfecciones en las probetas fueron resanadas con barro a modo de tarrajeo para garantizar uniformidad.

El procedimiento general por realizar se siguió de acuerdo a la norma correspondiente, explicada en las bases teóricas.



**Fig. 44** *Elaboración de probetas de barro para ensayo brasileño de tracción*

**Fuente:** Propia



**Fig. 45** *Probeta de tierra desmoldada a espera de secado*

**Fuente:** Propia



**Fig. 46** Ensayo brasileño de tracción a probetas de tierra

**Fuente:** Propio

○ Elaboración de bloques de adobe convencionales

Para la elaboración de bloques de adobe convencionales, se hizo requerimiento de los siguientes materiales:

- Muestra de suelo.
- Agua.
- Paja o pajilla.
- Pala.
- Molde de madera.
- Plástico protector.

Para poder preparar la mezcla para los adobes, se requirió analizar los resultados de los ensayos de límite líquido y Proctor modificado, esto pues los valores de ambos ensayos sirven como rango para obtener el valor de cantidad de agua necesaria para elaborar correctamente los adobes. Teniendo como resultado de ambos ensayo: 18.30% para el ensayo Proctor modificado y 39.90% para el ensayo de límite líquido. Dados ambos valores, se planteó realizar mezclas con valores de porcentaje de humedad en esos rangos, siendo estos: 20%, 25%, 30% y 35%. Sin embargo, la norma E.080 establece que el porcentaje de agua para elaborar la mezcla de agua no debe exceder del 20% por lo que este valor fue la cantidad que se utilizó finalmente para hacer los bloques de adobe.

Determinada la cantidad de agua a utilizar, lo que se hizo fue pesar todos los materiales en baldes, de tal manera que se pueda conocer el peso equivalente de cada uno en una sola unidad de medida y poder fijar una dosificación de materiales.

PESO DE MATERIALES POR BALDE		
1 BALDE	3697.00 g	TIERRA
	550.00 g	PAJILLA
185.00 g	3000.00 ml	AGUA

**Tabla 7** *Peso de materiales para bloque de adobe por balde*

**Fuente:** Propia

En base a ello, se realizó el cálculo necesario para determinar la cantidad de baldes de cada material para elaborar 12 bloques de adobe, esto pues, para los ensayos de resistencia a la compresión, se planteó utilizar (de igual manera que el ensayo de resistencia a la compresión en cubos) 6 bloques para el análisis, pero como del mismo modo también se planteó analizar a dos tiempos de curado: 14 y 28 días, de ahí entonces la cantidad de 12 bloques.

Con ello planteado, se definió entonces la siguiente dosificación:

USAR PARA 12 ADOBES		
9.0 baldes de tierra	3.0 baldes de pajilla	3.0 baldes de agua
33273.00 g	1650.00 g	9000.00 ml
76%	4%	20%
<b>PESO TOTAL</b>	<b>43923.00 g</b>	

**Tabla 8** *Dosificación para elaborar mezcla para 12 bloques de adobe*

**Fuente:** Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se realizó la dosificación considerando el 20% de agua como se estableció en un inicio, además de un 4% de pajilla, esto por recomendación de la norma E.080 que establece utilizar pajilla o arena gruesa para evitar fisuramiento. Nótese además que el peso total para la mezcla de 12 adobes resulta un valor de 3660.25 gr por adobe fresco.

Determinada la dosificación, el procedimiento se puede describir de la siguiente manera:

- Se separaron los 9 baldes de tierra en un espacio de trabajo designado.
- Se añadió progresivamente los tres baldes de agua e ir mezclando continuamente con ayuda de una pala.

- Se añadió progresivamente dos baldes y medio de paja e ir mezclando continuamente con ayuda de una pala.
- Una vez hecha la mezcla, se le dio forma de un pequeño morro y se la cubrió con una capa de paja equivalente a medio balde.
- Terminada de realizar la mezcla, se cubrió el pequeño morro para protegerlo del entorno.
- Se dejó reposar la mezcla por 24 horas.
- Pasadas las 24 horas, se revolvió la mezcla y se procedió a en moldar para hacer los bloques de adobe.
- Los moldes de adobe se humedecieron completamente y se cubrieron con una capa de arena fina con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera al molde y no pueda desmoldarse.
- Se desmoldó sobre una superficie previamente aplanada y también cubierta con arena fina para evitar que el bloque fresco se adhiriera al suelo.
- Se dejó secar por 28 días cubriendo los bloques del sol y el viento.



*Fig. 47 Pesado de los materiales por balde para la dosificación de bloques de adobe*

**Fuente:** Propia



**Fig. 48** De izquierda a derecha: Elaboración de la mezcla de tierra, agua y paja con ayuda de una pala. Cubierta del morro de mezcla para protegerlo durante las 24 horas de secado

**Fuente:** Propia



**Fig. 49** De izquierda a derecha: Completo humedecimiento del molde de madera previo a moldado. Colocación y enrazado de la mezcla en el molde de madera

**Fuente:** Propia



**Fig. 50** De izquierda a derecha: Desmoldado de adobes convencionales requeridos. Protección de los adobes con cubierta de plástico por 28 días de secado

**Fuente:** Propia

○ Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de adobe convencionales

Si bien la norma que rige los ensayos de propiedades mecánicas de unidades de albañilería, establece que se deben emplear como mínimo 5 unidades de estudio para el ensayo de resistencia frente a la compresión, se creyó conveniente llevar a cabo el ensayo de manera similar al del ensayo de resistencia a la compresión en cubos, analizando 6 especímenes para los dos tiempos de secado propuestos (14 y 28 días). Esto pues dicha indicación se encuentra específicamente en la norma E.080 que rige los bloques de adobe.

De los 6 bloques de estudio, se descartaron los 2 valores que no tuvieron concordancia con los demás, para luego promediar los 4 valores restantes. Este ensayo se realizó con el fin de comparar el comportamiento de los bloques estabilizados y determinar si existe una mejoría o no en su resistencia a la compresión. Esto debido a que la norma E.080 no establece parámetros mínimos de resistencia para los bloques de adobe como tal.

Más allá de ello, el procedimiento para realizar el ensayo, fue el mismo que se encuentra detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



*Fig. 51 De izquierda a derecha: Pesado de bloques de adobe previo al ensayo. Aplicación de fuerza de compresión a bloque de adobe convencional*

**Fuente:** Propia

○ Elaboración de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444

Para la elaboración de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444, se hizo requerimiento de los siguientes materiales:

- Muestra de suelo.
- Agua.
- Paja o pajilla.
- Pala.
- Molde de madera.
- Aditivo Consolid 444.
- Jeringa.
- Plástico protector.

Para poder preparar la mezcla para los adobes, se utilizó la misma dosificación empleada para los bloques de adobe convencionales expresado en la tabla 8 antes expuesta. Con la diferencia, que se le añadió la cantidad correspondiente del aditivo Consolid 444 en razón de las proporciones propuestas, siendo así:

DOSIF. ADITIVO	CONSOLID 444	
0.50 lt/m <sup>3</sup>	0.00141 lt	1.41 ml
1.00 lt/m <sup>3</sup>	0.00281 lt	2.81 ml
1.50 lt/m <sup>3</sup>	0.00422 lt	4.22 ml
2.00 lt/m <sup>3</sup>	0.00563 lt	5.63 ml

**Tabla 9** Cantidad en mililitros de aditivo Consolid 444 requerida por cada dosificación propuesta para 1 bloque de adobe

**Fuente:** Propia

Considerando que la dosificación para la elaboración de bloques de adobe, se realizó para 12 bloques, entonces a la mezcla final se le añadió las cantidades anteriores mostradas multiplicadas por 12. Cabe destacar que el aditivo se diluye en agua previa aplicación, por lo que de la cantidad total que corresponde a la dosificación propuesta, se la separó en 1 parte de concentrado y 3 de agua, quedando así:

DOSIFICACIÓN DE CONSOLID 444			CONCENTRADO	AGUA
0.50 lt/m <sup>3</sup>	16.88 ml	20.00 ml	4.00 ml	16.00 ml
1.00 lt/m <sup>3</sup>	33.75 ml	35.00 ml	7.00 ml	28.00 ml
1.50 lt/m <sup>3</sup>	50.63 ml	55.00 ml	11.00 ml	44.00 ml
2.00 lt/m <sup>3</sup>	67.50 ml	70.00 ml	14.00 ml	56.00 ml

**Tabla 10** Cantidad en mililitros de aditivo Consolid 444 requerido para elaborar mezcla para 12 bloques de adobe

**Fuente:** Propia

Debido a que las cantidades añadidas del aditivo como se expresan en la tabla anterior son muy pequeñas, por practicidad, se optó por no sustituir la cantidad correspondiente del aditivo del agua utilizada para la elaboración de los bloques de adobe convencionales.

Determinada la dosificación, el procedimiento se puede describir de la siguiente manera:

- Se separaron los 9 baldes de tierra en un espacio de trabajo designado.
- En un recipiente aparte, se realizó el mezclado del aditivo Consolid 444 con la cantidad propicia de agua, respetando la proporción de 1 parte de concentrado y 3 partes de agua.
- Una vez hecha la mezcla del aditivo correctamente, se añadió a la cantidad total de agua que correspondía a la mezcla de los bloques de adobe.
- Se añadió progresivamente los tres baldes de agua con el aditivo en las proporciones dadas y se mezcló continuamente con ayuda de una pala.

- Se añadió progresivamente dos baldes y medio de paja y se mezcló continuamente con ayuda de una pala.
- Una vez hecha la mezcla, se le dio forma de un pequeño morro y se la cubrió con una capa de paja equivalente a medio balde.
- Terminada de realizar la mezcla, se cubrió el pequeño morro para protegerlo del entorno.
- Se dejó reposar la mezcla por 24 horas.
- Pasadas las 24 horas, se revolvió la mezcla y se procedió a en moldar para hacer los bloques de adobe.
- Los moldes de adobe se humedecieron completamente y se cubrieron con una capa de arena fina con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera al molde y no pueda desmoldarse.
- Se desmoldó sobre una superficie previamente aplanada y también cubierta con arena fina para evitar que el bloque fresco se adhiriera al suelo.
- Se dejó secar por 28 días cubriendo los bloques del sol y el viento.
- El procedimiento se repitió para las 4 dosificaciones planteadas del aditivo Consolid 444.



*Fig. 52 Materiales empleados para la preparación del aditivo Consolid 444: Concentrado de Consolid 444, agua potable, deposito para realizar el mezclado y jeringas*

**Fuente:** Propia



**Fig. 53** De izquierda a derecha: Medición de la cantidad de concentrado de aditivo Consolid 444 requerido. Mezclado del concretado en 3 partes de agua

**Fuente:** Propia



**Fig. 54** De izquierda a derecha: Separación de la cantidad de material necesario para la elaboración de los adobes. Morros de mezcla hechos para las 4 dosificaciones del aditivo empleado

**Fuente:** Propia



*Fig. 55 De izquierda a derecha: Elaboración de los adobes correspondientes para cada dosificación de aditivo Consolid 444. Protección de los adobes frescos con cubierta plástica*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444

Si bien la norma que rige los ensayos de propiedades mecánicas de unidades de albañilería, establece que se deben emplear como mínimo 5 unidades de estudio para el ensayo de resistencia frente a la compresión, se creyó conveniente llevar a cabo el ensayo de manera similar al del ensayo de resistencia a la compresión en cubos, analizando 6 especímenes para los dos tiempos de secado propuestos (14 y 28 días). Esto pues dicha indicación se encuentra específicamente en la norma E.080 que rige los bloques de adobe.

De los 6 bloques de estudio, se descartaron los 2 valores que no tuvieran concordancia con los demás, para luego promediar los 4 valores restantes. Este ensayo se realizó con el fin de comparar el comportamiento de los bloques estabilizados y determinar si existe una mejoría o no en su resistencia a la compresión. Esto debido a que la norma E.080 no establece parámetros mínimos de resistencia para los bloques de adobe como tal.

Más allá de ello, el procedimiento para realizar el ensayo, fue el mismo que se encuentra detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



**Fig. 56** De izquierda a derecha: Pesado de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444. Aplicación de fuerza de compresión a bloques de adobe estabilizado con Consolid 444

**Fuente:** Propia

○ Elaboración de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry

Para la elaboración de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444, se hizo requerimiento de los siguientes materiales:

- Muestra de suelo.
- Agua.
- Paja o pajilla.
- Pala.
- Molde de madera.
- Aditivo Consolid 444.
- Jeringa.
- Aditivo Solidry.
- Balanza electrónica.
- Plástico protector.

Para poder preparar la mezcla para los adobes, se utilizó la misma dosificación empleada para los bloques de adobe convencionales expresado en la tabla 8 antes expuesta. Con la diferencia, que se le añadió la cantidad correspondiente del aditivo Consolid 444 en razón al mejor comportamiento de los ensayos de resistencia frente a la compresión, y el aditivo Solidry en razón de las diferentes dosificaciones propuestas, siendo así:

DOSIF. ADITIVO	SOLIDRY	
10.00 kg/m <sup>3</sup>	0.02813 kg	28.13 gr
15.00 kg/m <sup>3</sup>	0.04219 kg	42.19 gr
25.00 kg/m <sup>3</sup>	0.07031 kg	70.31 gr
35.00 kg/m <sup>3</sup>	0.09844 kg	98.44 gr

**Tabla 11** Cantidad en gramos de aditivo Solidry requerida por cada dosificación propuesta para 1 bloque de adobe

**Fuente:** Propia

Considerando que la dosificación para la elaboración de bloques de adobe, se realizó para 12 unidades, entonces a la mezcla final se le añadió las cantidades anteriores mostradas multiplicadas por 12. Cabe destacar que el peso correspondiente al aditivo Solidry sí reemplazó parcialmente el peso correspondiente a lo utilizado en su equivalente a paja, es decir, de los tres baldes de paja planteados inicialmente para la elaboración de bloques adobes convencionales (1650.00 gramos) se sustituyó el peso correspondiente de cada dosificación del aditivo Solidry.

DOSIFICACIÓN DE SOLIDRY		
10.00 kg/m <sup>3</sup>	337.50 gr	<b>340.00 gr</b>
15.00 kg/m <sup>3</sup>	506.25 gr	<b>510.00 gr</b>
25.00 kg/m <sup>3</sup>	843.75 gr	<b>845.00 gr</b>
35.00 kg/m <sup>3</sup>	1181.25 gr	<b>1180.00 gr</b>

**Tabla 12** Cantidad en gramos de aditivo Solidry requerido para elaborar mezcla para 12 bloques de adobe

**Fuente:** Propia

Adicionalmente, se decidió añadir 2 baldes más de agua a la mezcla, esto debido a que el aditivo Solidry hacía más difícil la trabajabilidad para cuando se en moldaron los adobes al día siguiente.

Determinada la dosificación, el procedimiento se puede describir de la siguiente manera:

- Se separaron los 9 baldes de tierra en un espacio de trabajo designado.
- En un recipiente aparte, se realizó el mezclado del aditivo Consolid 444 con la cantidad propicia de agua.
- Una vez hecha la mezcla del aditivo correctamente, se añadió a la cantidad total de agua que correspondía a la mezcla de los bloques de adobe.
- Se añadió progresivamente los tres baldes de agua con el aditivo en las proporciones dadas y se mezcló continuamente con ayuda de una pala.

- Se añadió el aditivo Solidry, y se mezcló continuamente con ayuda de una pala. Cabe destacar que el peso en total entre la paja y el aditivo Solidry se mantuvo fijo, variando ambos en función de las dosificaciones propuestas para el aditivo Solidry.
- Luego de haber revuelto correctamente el aditivo Solidry, se añadió progresivamente la paja correspondiente, garantizando siempre que medio balde quedase libre para cubrir el morro de tierra formado.
- Una vez hecha la mezcla, se le dio forma de un pequeño morro y se la cubrió con una capa de paja equivalente a medio balde.
- Terminada de realizar la mezcla, se cubrió el pequeño morro para protegerlo del entorno.
- Se dejó reposar la mezcla por 24 horas.
- Pasadas las 24 horas, se revolvió la mezcla y se optó por añadir 2 baldes más de agua progresivamente, esto pues el aditivo Solidry dificultaba el trabajo en la elaboración de los bloques de adobe.
- Se procedió a en moldar para hacer los bloques de adobe.
- Los moldes de adobe se humedecieron completamente y se cubrieron con una capa de arena fina con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera al molde y no pueda desmoldarse.
- Se desmoldó sobre una superficie previamente aplanada y también cubierta con arena fina para evitar que el bloque fresco se adhiriera al suelo.
- Se dejó secar por 28 días cubriendo los bloques del sol y el viento.
- El procedimiento se repitió para las 4 dosificaciones planteadas del aditivo Solidry.



**Fig. 57** De izquierda a derecha: Preparación de la cantidad de Consolid 444 apropiada ( $1.00 \text{ lt/m}^3$ ). Aplicación del aditivo Consolid 444 a la cantidad de tierra designada

**Fuente:** Propia



**Fig. 58** De izquierda a derecha: Mezcla de barro preparada con aditivo Consolid 444 y cantidad de aditivo Solidry previamente pesada y separada en una bolsa. Aplicación de la cantidad designada de aditivo

**Fuente:** Propia



**Fig. 59** De izquierda a derecha: Mezclado del barro con Solidry e incorporación de paja. Preparación de morros de mezcla para adobe en las 4 dosificaciones de aditivo Solidry planteadas

**Fuente:** Propia



**Fig. 60** De izquierda a derecha: Cubierta de la mezcla de adobe por 24 horas previo a en moldado. Elaboración de adobes estabilizados con Sistema Consolid

**Fuente:** Propia



**Fig. 61** *Cubierta de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid por 28 días*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry

Si bien la norma que rige los ensayos de propiedades mecánicas de unidades de albañilería, establece que se deben emplear como mínimo 5 unidades de estudio para el ensayo de resistencia frente a la compresión, se creyó conveniente llevar a cabo el ensayo de manera similar al del ensayo de resistencia a la compresión en cubos, analizando 6 especímenes para los dos tiempos de secado propuestos (14 y 28 días). Esto pues dicha indicación se encuentra específicamente en la norma E.080 que rige los bloques de adobe.

De los 6 bloques de estudio, se descartaron los 2 valores que no tuvieran concordancia con los demás, para luego promediar los 4 valores restantes. Este ensayo se realizó con el fin de comparar el comportamiento de los bloques estabilizados y determinar si existe una mejoría o no en su resistencia a la compresión. Esto debido a que la norma E.080 no establece parámetros mínimos de resistencia para los bloques de adobe como tal.

Más allá de ello, el procedimiento para realizar el ensayo, fue el mismo que se encuentra detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



**Fig. 62** Aplicación de fuerza compresora a bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Sistema Consolid)

**Fuente:** Propia

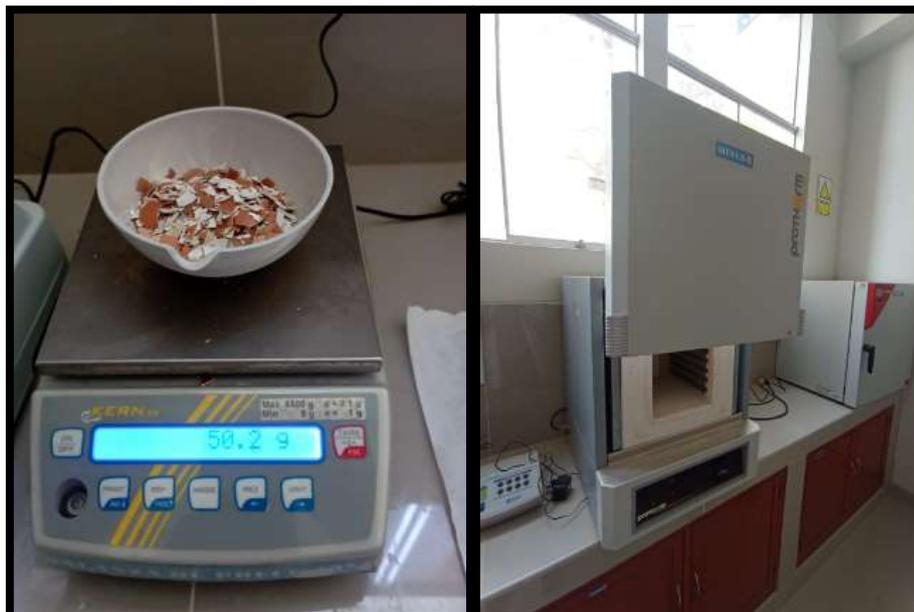
- Obtención del óxido de calcio a partir de la ceniza del triturado de la cáscara de huevo

Inicialmente se planteó obtener el óxido de calcio a partir de la ceniza del triturado de la cáscara de huevo, por lo cual se hizo requerimiento de los siguientes materiales:

- Triturado de cáscaras de huevo
- Recipientes de porcelana
- Bolsas herméticas
- Horno mufla
- Tamiz N°200

El procedimiento se llevó a cabo siguiendo lo establecido en el artículo científico “Extracción de calcio en solución a partir de cáscara de huevo” [26]:

- Las cáscaras de huevo previamente recolectadas, secadas y trituradas, se calcinaron a 600° por 4 horas en un horno mufla a una velocidad de 10°/min.
- Lo obtenido se deja secar para luego volver a calcinarlo a 800° por 2 horas.
- El producto final se filtra a través del tamiz N°200.
- Lo pasante resulta ser óxido de calcio, el cual se almacenó en bolsas herméticas.



**Fig. 63** De izquierda a derecha: Pesado de muestra de cáscara de huevo en recipientes de porcelana con 50 gramos cada muestra aproximadamente. Horno mufla usado para la obtención del óxido de calcio

**Fuente:** Propia



**Fig. 64** De izquierda a derecha: Colocación de muestras dentro del horno mufla. Primera combustión por 4 horas a 600° C

**Fuente:** Propia

Es necesario precisar que la metodología planteada para la obtención del óxido de calcio por medio de la calcinación de cáscaras de huevo resulta ser un procedimiento lento, por lo que finalmente se optó por emplear cal viva de alta pureza (superior a 90% de concentración) de esta manera se garantiza el mismo funcionamiento a nivel estabilizante del insumo a utilizar.

- Elaboración de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

Para la elaboración de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y óxido de calcio, se hizo requerimiento de los siguientes materiales:

- Muestra de suelo.
- Agua.
- Paja o pajilla.
- Pala.
- Molde de madera.
- Jeringa.
- Aditivo Consolid 444.
- Aditivo Solidry.
- Óxido de calcio.
- Balanza electrónica.
- Plástico protector.

Para poder preparar la mezcla para los adobes, se utilizó la misma dosificación empleada para los bloques de adobe convencionales expresado en la tabla 8 antes expuesta. Con la diferencia, que se le añadió la cantidad correspondiente del aditivo Consolid 444 y Solidry en razón al mejor comportamiento de los ensayos de resistencia frente a la compresión, y el óxido de calcio en razón de las diferentes dosificaciones propuestas, siendo así:

PESO ADOBE FRESCO	DOSIF. ADITIVO	ÓXIDO DE CALCIO	
3.66 kg	0.50 %	0.01830 kg	18.30 gr
	1.00 %	0.03660 kg	36.60 gr
	1.50 %	0.05490 kg	54.90 gr
	2.00 %	0.07321 kg	73.21 gr

**Tabla 13** Cantidad en gramos de óxido de calcio requerida por cada dosificación propuesta para 1 bloque de adobe

**Fuente:** Propia

Considerando que la dosificación para la elaboración de bloques de adobe, se realizó para 12 unidades, entonces a la mezcla final se le añadió las cantidades anteriores mostradas multiplicadas por 12. Cabe destacar que el peso correspondiente al óxido de calcio sí reemplazó parcialmente el peso correspondiente a lo utilizado en su equivalente a paja, es decir, de los tres baldes de paja planteados inicialmente para la elaboración de bloques adobes convencionales

(1650.00 gramos) se sustituyó el peso correspondiente de cada dosificación del óxido de calcio y del aditivo sólido solidry.

DOSIFICACIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO		
0.50 %	219.62 gr	220.00 gr
1.00 %	439.23 gr	440.00 gr
1.50 %	658.85 gr	660.00 gr
2.00 %	878.46 gr	880.00 gr

**Tabla 14** Cantidad en gramos de óxido de calcio requerido para elaborar mezcla para 12 bloques de adobe

**Fuente:** Propia

Adicionalmente, se decidió añadir 2 baldes más de agua a la mezcla, esto debido a que el aditivo Solidry hacía más difícil la trabajabilidad para cuando se en moldaron los adobes al día siguiente.

Determinada la dosificación, el procedimiento se puede describir de la siguiente manera:

- Se separaron los 9 baldes de tierra en un espacio de trabajo designado.
- En un recipiente aparte, se realizó el mezclado del aditivo Consolid 444 con la cantidad propicia de agua.
- Una vez hecha la mezcla del aditivo correctamente, se añadió a la cantidad total de agua que correspondía a la mezcla de los bloques de adobe.
- Se añadió progresivamente los tres baldes de agua con el aditivo en las proporciones dadas y se mezcló continuamente con ayuda de una pala.
- Se añadió el aditivo Solidry, y se mezcló continuamente con ayuda de una pala. Cabe destacar que el peso en total entre la paja y el aditivo Solidry se mantuvo fijo, variando ambos en función de las dosificaciones propuestas para el aditivo Solidry.
- Se añadió el óxido de calcio inmediatamente después de la aplicación del aditivo solidry. Se mezcló continuamente.
- Luego de haber revuelto correctamente tanto el aditivo Solidry con el óxido de calcio, se añadió progresivamente la paja correspondiente, garantizando siempre que medio balde quedase libre para cubrir el morro de tierra formado.
- Una vez hecha la mezcla, se le dio forma de un pequeño morro y se la cubrió con una capa de paja equivalente a medio balde.
- Terminada de realizar la mezcla, se cubrió el pequeño morro para protegerlo del entorno.
- Se dejó reposar la mezcla por 24 horas.

- Se procedió a en moldar para hacer los bloques de adobe.
- Los moldes de adobe se humedecieron completamente y se cubrieron con una capa de arena fina con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera al molde y no pueda desmoldarse.
- Se desmoldó sobre una superficie previamente aplanada y también cubierta con arena fina para evitar que el bloque fresco se adhiriera al suelo.
- Se dejó secar por 28 días cubriendo los bloques del sol y el viento.
- El procedimiento se repitió para las 4 dosificaciones planteadas del óxido de calcio.



**Fig. 65** De izquierda a derecha: Cantidad óptima del aditivo líquido Consolid 444. Aplicación del aditivo Consolid 444 diluido en tres partes de agua

**Fuente:** Propia



**Fig. 66** De izquierda a derecha: Aplicación de la cantidad óptima del aditivo sólido Solidry. Aplicación de las diversas dosificaciones en porcentajes del óxido de calcio en la mezcla de adobe

**Fuente:** Propia



**Fig. 67** De izquierda a derecha: Morro de mezcla preparada. Cuatro morros de mezcla correspondiente a cada una de las dosificaciones propuestas del óxido de calcio

**Fuente:** Propia



**Fig. 68** De izquierda a derecha: Elaboración de adobes para cada dosificación propuesta de óxido de calcio. Cubierta de adobes elaborados para protección contra el sol y la lluvia por el periodo de 28 días

**Fuente:** Propia

- Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

Si bien la norma que rige los ensayos de propiedades mecánicas de unidades de albañilería, establece que se deben emplear como mínimo 5 unidades de estudio para el ensayo de resistencia frente a la compresión, se creyó conveniente llevar a cabo el ensayo de manera similar al del ensayo de resistencia a la compresión en cubos, analizando 6 especímenes para

los dos tiempos de secado propuestos (14 y 28 días). Esto pues dicha indicación se encuentra específicamente en la norma E.080 que rige los bloques de adobe.

De los 6 bloques de estudio, se descartaron los 2 valores que no tuvieran concordancia con los demás, para luego promediar los 4 valores restantes. Este ensayo se realizó con el fin de comparar el comportamiento de los bloques estabilizados y determinar si existe una mejoría o no en su resistencia a la compresión. Esto debido a que la norma E.080 no establece parámetros mínimos de resistencia para los bloques de adobe como tal.

Más allá de ello, el procedimiento para realizar el ensayo, fue el mismo que se encuentra detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



*Fig. 69 Aplicación de fuerza compresora a bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Sistema Consolid), y óxido de calcio*

**Fuente:** Propia

- Elaboración de bloques de adobe con la dosificación final de los tres aditivos

Con los resultados de resistencia frente a la compresión de los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, se determinó la dosificación óptima de cada aditivo para su implementación en la elaboración de los bloques estabilizados finales. Por lo cual se repitió el procedimiento de elaboración de los bloques empleando únicamente las dosificaciones correctas de cada aditivo con el fin de poder llevar a cabo los últimos ensayos correspondientes a las propiedades físicas y mecánicas como se explicará posteriormente.

DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE ADITIVOS		
CONSOLID 444	SOLIDRY	OXIDO DE CALCIO
1.00 lt/m <sup>3</sup>	10.00 kg/m <sup>3</sup>	2.00 %

**Tabla 15** Dosificación óptima de aditivos empleados en la elaboración de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

**Fuente:** Propia

La tabla anterior resulta en las cantidades de aditivo a emplear que brindan los mejores resultados en cuanto a la resistencia frente a la compresión de los bloques de adobe estabilizados en sus respectivas unidades.

- Ensayo de módulo de rotura de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

El ensayo de módulo de rotura se realizó a ambos grupos de adobes: tanto los convencionales como los estabilizados, esto con la finalidad de determinar si existe alguna influencia en los bloques estabilizados o no en cuanto a esta propiedad mecánica.

Este ensayo se llevó a cabo del mismo modo tanto para los bloques de adobe convencionales, como los estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio. Dicho procedimiento se encuentra detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



**Fig. 70** De izquierda a derecha: Toma de medidas de ancho y espesor de bloques de adobe a ensayar. Adobe ensayado a flexión (módulo de rotura)

**Fuente:** Propia

- Ensayo de alabeo de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

El ensayo de alabeo se realizó a ambos grupos de adobes: tanto los convencionales como los estabilizados, esto con la finalidad de determinar si existe alguna influencia en los bloques estabilizados o no en cuanto a esta propiedad física.

Este ensayo se llevó a cabo del mismo modo tanto para los bloques de adobe convencionales, como los estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

En cuanto a las diferencias planteadas para el desarrollo del ensayo, se optó por no utilizar las cuñas milimetradas sino por una regla triangular especial para dicho ensayo. Más allá de ello, el procedimiento se mantuvo igual a lo detallado en las bases teóricas de la presente investigación.



**Fig. 71** De izquierda a derecha: Instrumentos de medición empleados para ensayo de alabeo. Toma de medidas de concavidad y convexidad de los bloques de adobe a ensayar

**Fuente:** Propia

- Ensayo de absorción de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

El ensayo de absorción se realizó a ambos grupos de adobes: tanto los convencionales como los estabilizados, esto con la finalidad de determinar si existe alguna influencia en los bloques estabilizados o no en cuanto a esta propiedad física.

Este ensayo se llevó a cabo del mismo modo tanto para los bloques de adobe convencionales, como los estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

En cuanto a las diferencias planteadas para el desarrollo del ensayo, se optó por seleccionar un bloque de cada grupo (convencionales y estabilizados) y sumergirlos en agua por 1 minuto.

Cabe resaltar que se analizó el comportamiento de un bloque de prueba a lo largo del tiempo para determinar si los bloques de adobe se disolvían o no pasado dicho tiempo, puesto que lo ideal sería no perder masa de los bloques (y por ende peso).

Determinado su comportamiento, se optó por no desarrollar el ensayo por 24 horas de sumergido como establece la norma, y es que este ensayo no está planteado para bloques de adobe, sino para unidades de albañilería de arcilla o concreto, por lo que replantear el tiempo de sumergido se considera válido y apropiado. Más allá de ello, el desarrollo del ensayo se mantuvo tal cual como se expresó en las bases teóricas de la presente investigación.



*Fig. 72 De izquierda a derecha: Pesado de bloque de adobe completamente seco previo al ensayo de absorción. Sumergido del bloque de adobe en agua limpia por el tiempo destinado para el ensayo*

**Fuente:** Propia



*Fig. 73 Pesado de bloque de adobe sumergido completamente en agua posterior al ensayo de absorción*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de succión de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

El ensayo de succión se realizó a ambos grupos de adobes: tanto los convencionales como los estabilizados, esto con la finalidad de determinar si existe alguna influencia en los bloques estabilizados o no en cuanto a esta propiedad física.

Para este ensayo no se tomaron ninguna variación en lo que a lo estipulado por la norma se encuentra, por lo que el desarrollo se siguió tal cual como se muestra en las bases teóricas de la presente investigación.



**Fig. 74** Nivelación de bandeja metálica con ayuda de 4 bloques de adobe y un nivel de mano

**Fuente:** Propia



**Fig. 75** De izquierda a derecha: Separación de los apoyos a 130 mm. Llenado de la bandeja de agua al nivel de los apoyos y luego a 3 mm por encima de este nivel

**Fuente:** Propia



*Fig. 76 De izquierda a derecha: Pesado de bloques de adobe previo al ensayo. Colocación del bloque de adobe en la bandeja metálica por 1 minuto*

**Fuente:** Propia



*Fig. 77 Pesado del bloque de adobe posterior al ensayo*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de variación dimensional de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

El ensayo de variación dimensional se realizó a ambos grupos de adobes: tanto los convencionales como los estabilizados, esto con la finalidad de determinar si existe alguna influencia en los bloques estabilizados o no en cuanto a esta propiedad física.

Cabe resaltar que este ensayo no indica una cantidad de muestras a ensayar, por lo que a criterio se optó por analizar 10 bloques de adobe de cada grupo (convencionales y estabilizados), esto para manejar un grupo de estudio amplio. Más allá de ello, el desarrollo del ensayo se mantuvo tal cual como se expresó en las bases teóricas de la presente investigación.



*Fig. 78 De izquierda a derecha: Limpieza del bloque de adobe con ayuda de una brocha. Medición de las tres dimensiones de los bloques*

**Fuente:** Propia



*Fig. 79 Vernier utilizado para desarrollar el ensayo de variación dimensional tanto a adobes convencionales como a los estabilizados*

**Fuente:** Propia



*Fig. 80* Medición de la altura y ancho del bloque de adobe

**Fuente:** Propia



*Fig. 81* Medición de la longitud del bloque de adobe

**Fuente:** Propia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Habiendo recolectado toda la información de los ensayos de laboratorio realizados, se pudieron obtener los resultados correspondientes a lo esperado de la investigación para en función a ello analizar lo que estos significan. Se presenta entonces, los resultados y la discusión de los ensayos realizados para alcanzar los objetivos propuestos de la investigación planteada.

### **Clasificación de la muestra de suelo y humedad óptima para la elaboración de bloques de adobe**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para determinar la clasificación de la muestra de suelo y la humedad óptima necesaria para la elaboración de bloques de adobe. Para el primer punto se requirió información correspondiente a los ensayos de granulometría, contenido de humedad y límites de Atterberg, mientras que para el punto correspondiente a la humedad óptima se trabajó con los resultados de los ensayos Proctor modificado y límite líquido.

#### ○ Recolección de datos de ensayos en laboratorio a muestra de suelo

La recolección de los datos de los ensayos que se presentan a continuación, se encuentran detallados en los anexos de la presente investigación, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

#### ▪ Ensayo de determinación del contenido de humedad

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el contenido de humedad de la muestra extraída resulta en 22.71% del peso total como se muestra en la siguiente tabla:

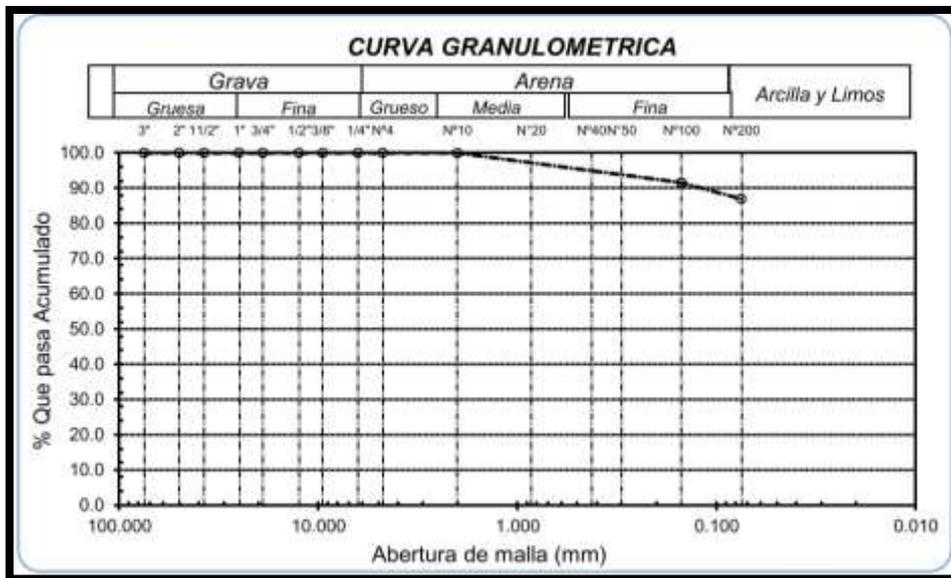
DATOS	RESULTADOS
Peso de la tara	152.50 gr
Peso de la Tara + Suelo húmedo	1806.20 gr
Peso de la Tara + Suelo seco	1500.10 gr
Peso del agua	306.10 gr
Peso de suelo seco	1347.60 gr
Contenido de humedad	22.71%

*Tabla 16 Resultado de contenido de humedad de muestra de suelo ensayada*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo la siguiente curva granulométrica de la muestra de suelo ensayada:

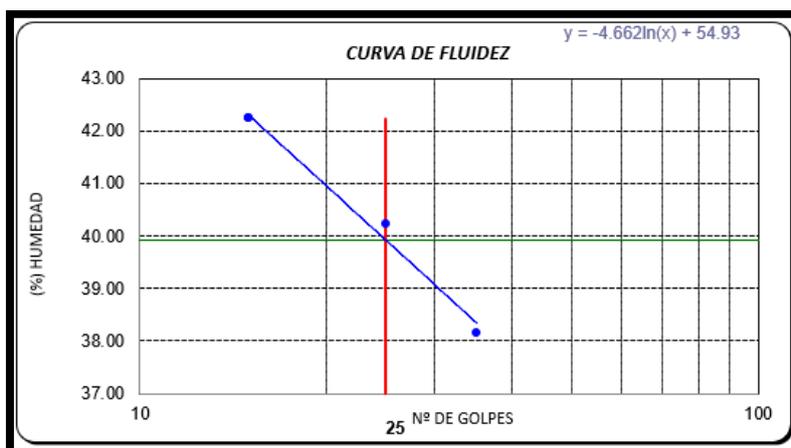


**Fig. 82** Curva granulométrica de muestra de suelo ensayada

**Fuente:** Propia

- Determinación del límite líquido de los suelos

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el límite líquido de la muestra extraída resulta en 39.92%, además se obtuvo la siguiente curva de fluidez:



**Fig. 83** Curva de fluidez de la muestra de suelo ensayada

**Fuente:** Propia

- Determinación del límite plástico de los suelos

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el límite plástico de la muestra extraída resulta en 19.09% como se puede apreciar en la siguiente tabla:

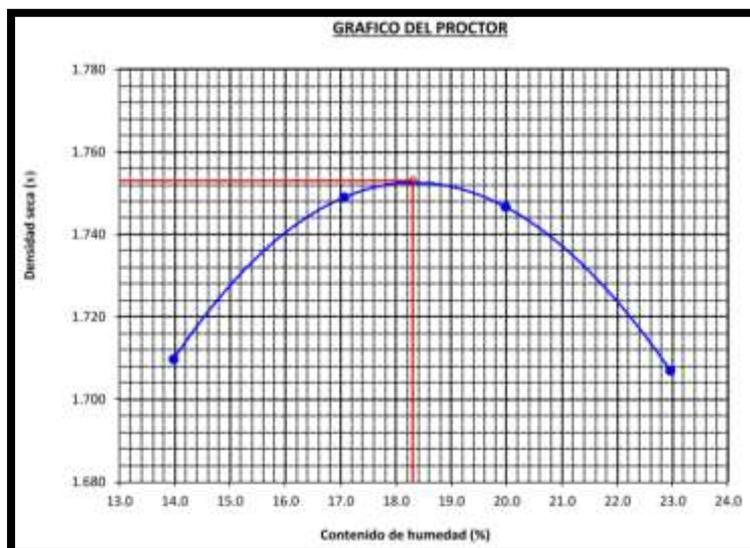
# TARA	TARA 01	TARA 02
Peso de la tara	6.56 gr	7.04 gr
Peso de la Tara + Suelo húmedo	10.44 gr	10.46 gr
Peso de la Tara + Suelo seco	9.82 gr	9.91 gr
Peso del agua	0.62 gr	0.55 gr
Peso de suelo seco	3.26 gr	2.87 gr
Contenido de humedad	19.02%	19.16%
<b>Límite Plástico</b>	<b>19.09%</b>	

*Tabla 17 Resultado de límite plástico de muestra de suelo ensayada*

**Fuente:** Propia

- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado método "A")

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo la siguiente curva de densidad seca vs contenido de humedad, así como la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.



*Fig. 84 Curva densidad seca vs contenido de humedad de muestra de suelo ensayada*

**Fuente:** Propia

<b>DENSIDAD MÁXIMA SECA</b>	<b>1.753</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>18.30</b>	<b>%</b>

*Tabla 18 Resultados de ensayo Proctor Modificado (Método A) para la muestra de suelo ensayada*

**Fuente:** Propia

○ Resultados

Como se puede analizar en la figura anterior, se obtuvieron como resultados que el **contenido de humedad** de la muestra de suelo ensayada **corresponde a un 22.70%**, el valor de **límite líquido corresponde a un 39.92%**, y el valor de **límite plástico corresponde a un 19.09%**. Con dichos resultados se pudo determinar en primera instancia el **índice de plasticidad**, restando ambos valores de límites, obteniendo un **valor de 20.83%**.

Con este valor se pudo determinar la clasificación de la muestra de suelo como también se aprecia en la ficha de laboratorio:

	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO</b>	<b>CL</b>	<b>A-6 (12)</b>
	<b>ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</b>	

*Tabla 19 Clasificación de la muestra de suelo de estudio*

**Fuente:** Propia

Finalmente, con los resultados de límite líquido y Proctor modificado, se pudo obtener el rango de humedad óptima para elaborar los bloques de adobe. Teniendo como resultado de ambos ensayos **18.30% para el ensayo Proctor modificado y 39.90% para el ensayo de límite líquido**. Dados ambos valores, se planteó realizar mezclas con valores de porcentaje de humedad en esos rangos, siendo estos: 20%, 25%, 30% y 35%. Sin embargo, la norma E.080 establece que el porcentaje de agua para elaborar la mezcla de agua no debe exceder del **20%** por lo que este valor **fue la cantidad que se determinó para la elaboración de los bloques de adobe**.

**Determinación de la aptitud de la muestra de suelo para la elaboración de bloques de adobe**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para determinar si la muestra de suelo que será destinada a la elaboración de bloques de adobe

cumple los requisitos mínimo de rotura por medio de los ensayos de resistencia en cubos y tracción indirecta.

○ Recolección de datos de ensayos en laboratorio de esfuerzos de rotura mínimo

La recolección de los datos de los ensayos que se presentan a continuación, se encuentran detallados en los anexos de la presente investigación, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

▪ Ensayo de compresión en cubos

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la resistencia frente a la compresión a los 28 días de secado de los cubos de tierra ensayados resulta en 11.53 kg/cm<sup>2</sup>, descartando los dos valores más lejanos a la media (14.00 y 9.20 kg/cm<sup>2</sup>).

CÓDIGO	ÁREA	PRESIÓN	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
	cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
A01	100.00	1060.00	10.60	11.53
A02	100.00	1200.00	12.00	
A03	100.00	1320.00	13.20	
A04	100.00	1030.00	10.30	
A05	100.00	1400.00	14.00	
A06	100.00	920.00	9.20	

*Tabla 20 Resistencia frente a la compresión de cubos de tierra de 0.10x0.10m*

**Fuente:** Propia

▪ Ensayo brasileño de tracción

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la resistencia frente a la tracción indirecta a los 28 días de secado de las probetas de tierra ensayadas resulta en 1.24 kg/cm<sup>2</sup>.

CÓDIGO	DIAMETRO	ALTURA	PRESIÓN	TRACCIÓN INDIRECTA	TRACCIÓN INDIRECTA PROMEDIO
	cm	cm	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
A01	15.00	30.00	890.00	1.26	1.24
A02	15.00	30.00	870.00	1.23	
A03	15.00	30.00	910.00	1.29	
A04	15.00	30.00	750.00	1.06	
A05	15.00	30.00	880.00	1.24	
A06	15.00	30.00	870.00	1.23	

*Tabla 21 Resultados de ensayo brasileño de tracción de probetas de tierra de 0.15x0.30m*

**Fuente:** Propia

- Resultados

Como se puede apreciar en los resultados de los ensayos de laboratorio, por una parte, para **el ensayo de compresión en cubos** se obtuvo una resistencia promedio de **11.53 kg/cm<sup>2</sup>**, por lo que al comparar esto con lo que la norma específica (**10.20 kg/cm<sup>2</sup>**) se puede concluir que el suelo sí cumple con lo requerido en cuanto a su resistencia a la compresión.

Por otro lado, los resultados del **ensayo brasileño de tracción** determinan un valor de resistencia última de **1.24 kg/cm<sup>2</sup>**, por lo que al comparar esto con lo que la norma establece (0.81 kg/cm<sup>2</sup>) se puede concluir que el suelo sí cumple con lo requerido en cuanto a su resistencia a la tracción indirecta.

Debido a que la muestra pasó satisfactoriamente ambos ensayos, **se puede concluir** entonces **que la muestra de suelo destinada a la elaboración de bloques de adobe es apta para dicho fin** según lo establecido en la norma peruana de diseño y construcción con tierra reforzada.

**Determinación de dosificación óptima de los aditivos empleados y comparación de los resultados de la propiedad mecánica “Resistencia frente a la compresión” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para determinar la dosificación óptima de los aditivos empleados por medio del ensayo de resistencia a la compresión.

- Recolección de datos de ensayo de propiedad mecánica “Resistencia frente a la compresión”

La recolección de los datos de los ensayos que se presentan a continuación, se encuentran detallados en los anexos de la presente investigación, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

- Ensayo de resistencia frente a la compresión a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la resistencia frente a la compresión a los 14 y 28 días de secado de los bloques de adobe convencionales resulta en 9.81 kg/cm<sup>2</sup> y 14.82 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente:

EDAD	RESISTENCIA FRENTE A LA COMPRESIÓN	
14 días	9.81	kg/cm <sup>2</sup>
28 días	14.82	kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 22** Resultados de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe convencionales a 14 y 28 días de secado

**Fuente:** Propia

- Ensayo de resistencia frente a la compresión a bloques de adobe estabilizados con Consolid 444

➤ Dosificación óptima del aditivo Consolid 444

En función a lo recolectado, se pudo determinar el comportamiento de las diferentes dosificaciones empleadas del aditivo Consolid 444. Esto pues, al ser notoria la mejora de la resistencia de los bloques de adobe al emplear la segunda dosificación que corresponde a 1.00 lt/m<sup>3</sup> como se puede ver en la siguiente tabla resumen:

RESULTADOS DE ADITIVO CONSOLID 444		
DOSIFICACIÓN	RESISTENCIA	
	A 14 días	A 28 días
0.50 lt/m <sup>3</sup>	17.08 kg/cm <sup>2</sup>	19.14 kg/cm <sup>2</sup>
1.00 lt/m <sup>3</sup>	18.14 kg/cm <sup>2</sup>	20.01 kg/cm <sup>2</sup>
1.50 lt/m <sup>3</sup>	14.08 kg/cm <sup>2</sup>	15.31 kg/cm <sup>2</sup>
2.00 lt/m <sup>3</sup>	12.95 kg/cm <sup>2</sup>	14.35 kg/cm <sup>2</sup>

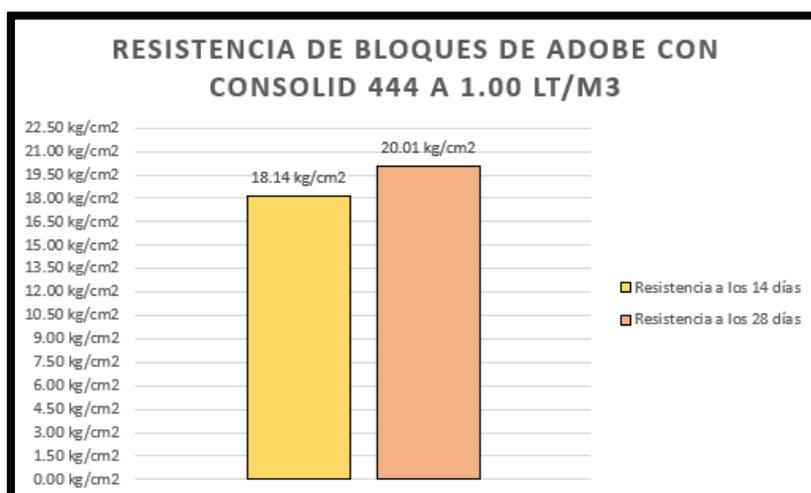
**Tabla 23** Resumen de resultados de ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 en sus respectivas dosificaciones y tiempos de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 85** Curva de comportamiento del aditivo Consolid 444 en cuanto a su resistencia a los 28 días de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 86** Comportamiento de la mejor dosificación de Consolid 444 a 14 y 28 días de curado

**Fuente:** Propia

Como se mencionó, tanto para los 14 días como para los 28 días de curado, se puede notar que **el mejor comportamiento se obtuvo empleando la dosificación correspondiente a 1.00 lt/m<sup>3</sup> de Consolid 444**, por lo que está fue la que se empleó para la elaboración de los siguientes adobes con el aditivo Solidry.

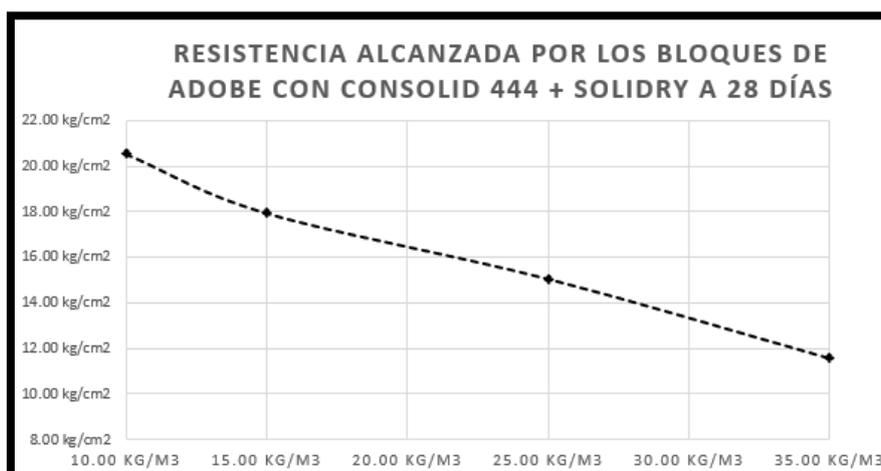
- Ensayo de resistencia frente a la compresión a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid
  - Dosificación óptima del aditivo Solidry

En función a lo recolectado, se pudo determinar el comportamiento de las diferentes dosificaciones empleadas del aditivo Solidry en conjunto con la mejor dosificación del aditivo Consolid 444. Esto pues, al ser notoria la mejora de la resistencia de los bloques de adobe al emplear la primera dosificación que corresponde a 20.53 kg/m<sup>3</sup> como se puede ver en la siguiente tabla resumen:

RESULTADOS DE ADITIVO CONSOLID 444 + SOLIDRY		
DOSIFICACIÓN	RESISTENCIA	
	A 14 días	A 28 días
10.00 kg/m <sup>3</sup>	19.91 kg/cm <sup>2</sup>	20.53 kg/cm <sup>2</sup>
15.00 kg/m <sup>3</sup>	16.76 kg/cm <sup>2</sup>	17.93 kg/cm <sup>2</sup>
25.00 kg/m <sup>3</sup>	14.26 kg/cm <sup>2</sup>	15.05 kg/cm <sup>2</sup>
35.00 kg/m <sup>3</sup>	10.99 kg/cm <sup>2</sup>	11.57 kg/cm <sup>2</sup>

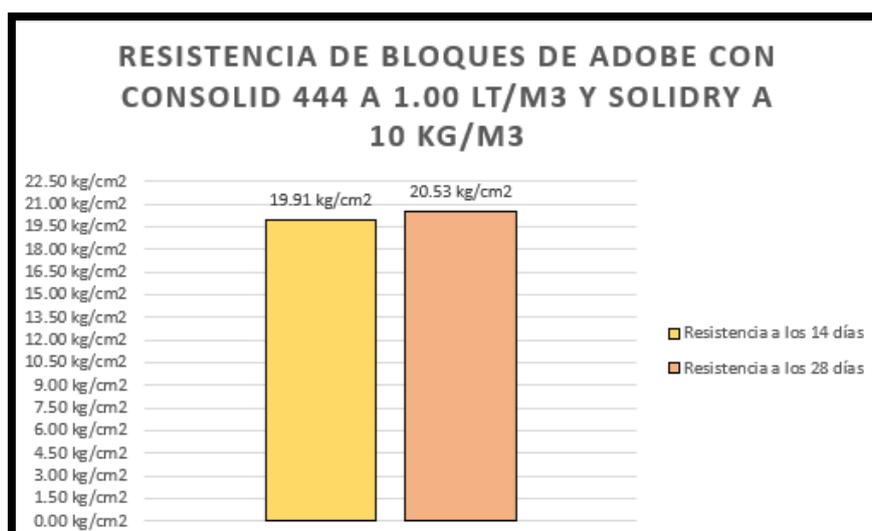
**Tabla 24** Resumen de resultados de ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry en sus respectivas dosificaciones y tiempos de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 87** Curva de comportamiento de los aditivos Consolid 444 y Solidry en cuanto a su resistencia a los 28 días de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 88** Comportamiento de la mejor dosificación de Consolid 444 y Solidry a 14 y 28 días de curado

**Fuente:** Propia

Como se mencionó, tanto para los 14 días como para los 28 días de curado, se puede notar que **el mejor comportamiento se obtuvo empleando la dosificación correspondiente a 1.00 lt/m<sup>3</sup> de Consolid 444 más 10.00 kg/m<sup>3</sup> de Solidry**, por lo que está fue la que se empleó para la elaboración de los siguientes adobes con el óxido de calcio.

- Ensayo de resistencia frente a la compresión a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

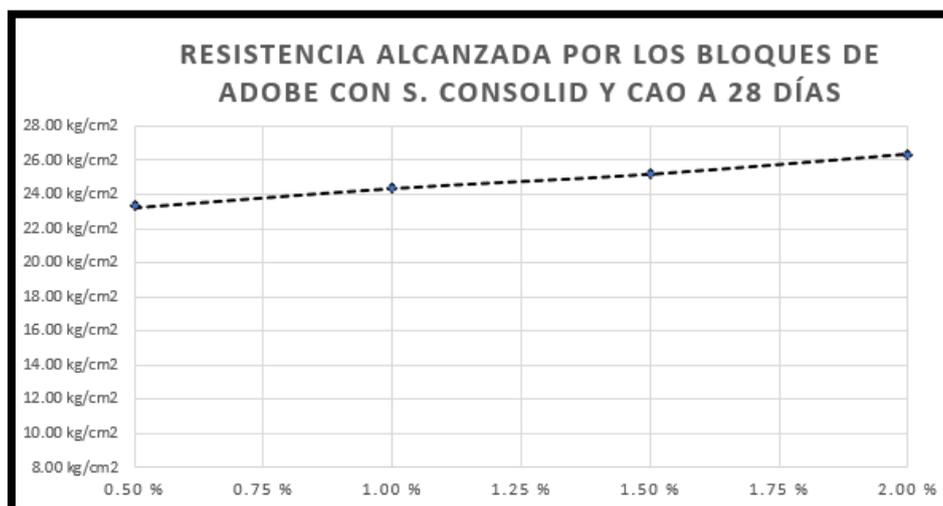
- Dosificación óptima del aditivo óxido de calcio

En función a lo recolectado, se pudo determinar el comportamiento de las diferentes dosificaciones empleadas del óxido de calcio en conjunto con la mejor dosificación del aditivo Consolid 444 y Solidry. Esto pues, al ser notoria la mejora de la resistencia de los bloques de adobe al emplear la cuarta dosificación que corresponde a  $26.36 \text{ kg/m}^3$  como se puede ver en la siguiente tabla resumen:

RESULTADOS DE ADITIVO S. CONSOLID + $\text{CaO}$		
DOSIFICACIÓN	RESISTENCIA	
	A 14 días	A 28 días
0.50 %	21.57 kg/cm <sup>2</sup>	23.22 kg/cm <sup>2</sup>
1.00 %	21.99 kg/cm <sup>2</sup>	24.35 kg/cm <sup>2</sup>
1.50 %	23.25 kg/cm <sup>2</sup>	25.18 kg/cm <sup>2</sup>
2.00 %	24.01 kg/cm <sup>2</sup>	26.36 kg/cm <sup>2</sup>

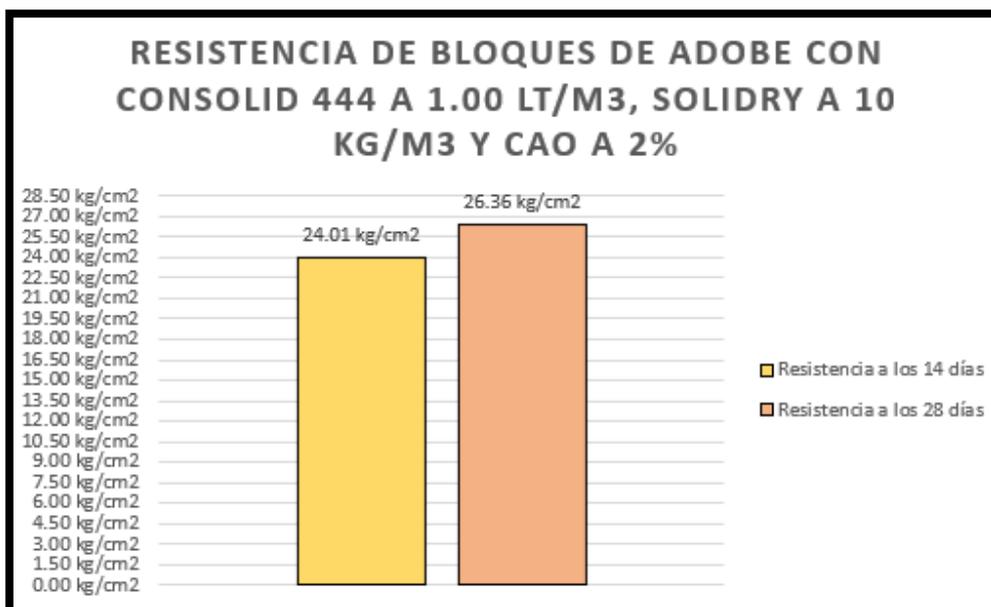
**Tabla 25** Resumen de resultados de ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio en sus respectivas dosificaciones y tiempos de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 89** Curva de comportamiento de los aditivos Sistema Consolid y óxido de calcio en cuanto a su resistencia a los 28 días de curado

**Fuente:** Propia



**Fig. 90** Comportamiento de la mejor dosificación de Sistema Consolid y óxido de calcio a 14 y 28 días de curado

**Fuente:** Propia

Como se mencionó, tanto para los 14 días como para los 28 días de curado, se puede notar que el mejor comportamiento se obtuvo empleando la dosificación correspondiente a 1.00 lt/m<sup>3</sup> de Consolid 444 más 10.00 kg/m<sup>3</sup> de Solidry más 2.00% de óxido de calcio, por lo que está fue la dosificación final planteada para los adobes estabilizados.

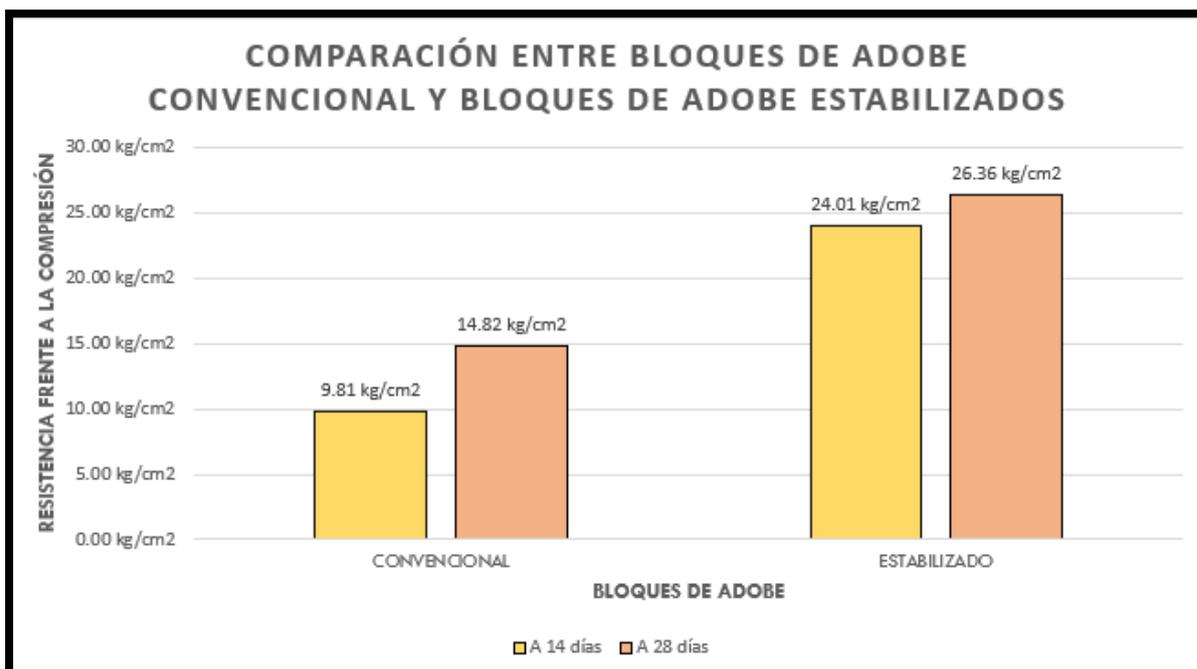
○ Resultados

A continuación, se presentará la comparación en cuanto a la resistencia frente a la compresión, entre los bloques de adobe estabilizados y los convencionales:

COMPARACIÓN ENTRE BLOQUES DE ADOBE CONVENCIONALES Y BLOQUES DE ADOBE ESTABILIZADOS		
TIPO DE BLOQUE	RESISTENCIA	
	A 14 días	A 28 días
CONVENCIONAL	9.81 kg/cm <sup>2</sup>	14.82 kg/cm <sup>2</sup>
ESTABILIZADO	24.01 kg/cm <sup>2</sup>	26.36 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 26** Cuadro comparativo entre resistencias frente a la compresión de bloques de adobe convencionales y bloques de adobe estabilizados a 14 y 28 días de secado

**Fuente:** Propia



*Fig. 91 Comparación en el tiempo de la resistencia adquirida de los bloques de adobe estabilizados y convencionales, frente a la compresión*

**Fuente:** Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, **la mejora en cuanto a la resistencia frente a la compresión de un bloque convencional frente a un bloque estabilizado resulta ser bastante notorio (llegando a una mejora de casi un 78.00% a favor de los bloques estabilizados)**, pudiéndose garantizar un buen comportamiento a nivel de resistencia de las unidades.

**Comparación de los resultados de la propiedad mecánica “Módulo de rotura” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para realizar el análisis comparativo de la propiedad mecánica de módulo de rotura entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

- Recolección de datos de ensayo de propiedad mecánica “Módulo de rotura”

La recolección de los datos del ensayo que se presenta a continuación, se encuentra detallado en los anexos de la presente investigación tanto para los bloques convencionales como los estabilizados, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

- Ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el módulo de rotura de los bloques convencionales a 28 días de secado, resulta en 14.43 kg/cm<sup>2</sup>, descartando los dos valores más alejados de la media (10.71 y 20.97 kg/cm<sup>2</sup>):

CÓDIGO	L. APOYOS	ESPESOR	ANCHO	PRESIÓN	MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO
	mm	mm	mm	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
A01	180.00	80.00	114.00	850.00	20.97	14.43
A02	180.00	77.00	116.00	530.00	13.87	
A03	180.00	82.00	115.00	460.00	10.71	
A04	180.00	78.00	117.00	610.00	15.42	
A05	180.00	80.00	115.00	600.00	14.67	
A06	180.00	79.00	111.00	530.00	13.77	

*Tabla 27 Resultados del ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el módulo de rotura de los bloques estabilizados a 28 días de secado, resulta en 20.97 kg/cm<sup>2</sup>, descartando los dos valores más alejados de la media (16.99 y 18.90 kg/cm<sup>2</sup>):

CÓDIGO	L. APOYOS	ESPESOR	ANCHO	PRESIÓN	MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO
	mm	mm	mm	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
A01	180.00	82.00	110.00	820.00	19.96	20.97
A02	180.00	81.00	111.00	840.00	20.76	
A03	180.00	77.00	117.00	820.00	21.28	
A04	180.00	78.00	115.00	850.00	21.87	
A05	180.00	82.00	115.00	730.00	16.99	
A06	180.00	83.00	112.00	810.00	18.90	

*Tabla 28 Resultados del ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia

- Resultados

Como es evidente, **la mejora de la resistencia a la flexión es notoria entre los bloques convencionales y los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, llegando este último a ser hasta un poco más de 45.00% más resistentes frente a los bloques convencionales.**

**Comparación de los resultados de la propiedades física “Alabeo” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para realizar el análisis comparativo de la propiedad física de alabeo entra bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

○ Recolección de datos de ensayo de propiedad física “Alabeo”

La recolección de los datos del ensayo que se presenta a continuación, se encuentra detallado en los anexos de la presente investigación tanto para los bloques convencionales como los estabilizados, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

▪ Ensayo de alabeo a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el módulo de rotura de los bloques convencionales a 28 días de secado, resulta en un valor de 1.89 mm de concavidad y 0.98 mm de convexidad para una superficie, mientras que para la otra superficie se presenta una concavidad de 0.59 mm y 1.05 mm de convexidad:

CÓDIGO	CARA A		CARA B	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
A01	1.50 mm	0.00 mm	1.30 mm	0.00 mm
A02	0.00 mm	2.30 mm	1.00 mm	0.00 mm
A03	2.20 mm	0.00 mm	0.00 mm	2.60 mm
A04	0.00 mm	3.00 mm	0.00 mm	1.60 mm
A05	0.00 mm	1.50 mm	0.00 mm	2.20 mm
A06	3.30 mm	0.00 mm	1.50 mm	0.00 mm
A07	4.70 mm	0.00 mm	0.00 mm	2.10 mm
A08	3.70 mm	0.00 mm	0.00 mm	2.00 mm
A09	0.00 mm	3.00 mm	1.60 mm	0.00 mm
A10	3.50 mm	0.00 mm	0.50 mm	0.00 mm
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.89</b>	<b>0.98</b>	<b>0.59</b>	<b>1.05</b>
<b>D. EST (%)</b>	<b>1.83</b>	<b>1.33</b>	<b>0.69</b>	<b>1.13</b>

*Tabla 29 Resultados de ensayo de alabeo a bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia

▪ Ensayo de alabeo a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que el módulo de rotura de los bloques estabilizados a 28 días de secado, resulta en un valor de 1.04 mm de concavidad y 0.46

mm de convexidad para una superficie, mientras que para la otra superficie se presenta una concavidad de 0.82 mm y 0.47 mm de convexidad:

CÓDIGO	CARA A		CARA B	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
A01	0.00 mm	1.20 mm	0.00 mm	1.00 mm
A02	1.50 mm	0.00 mm	0.00 mm	1.20 mm
A03	0.00 mm	1.00 mm	1.50 mm	0.00 mm
A04	2.10 mm	0.00 mm	0.00 mm	1.50 mm
A05	1.60 mm	0.00 mm	1.00 mm	0.00 mm
A06	0.00 mm	1.00 mm	1.00 mm	0.00 mm
A07	0.00 mm	1.40 mm	1.60 mm	0.00 mm
A08	2.00 mm	0.00 mm	1.90 mm	0.00 mm
A09	2.20 mm	0.00 mm	0.00 mm	1.00 mm
A10	1.00 mm	0.00 mm	1.20 mm	0.00 mm
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.04</b>	<b>0.46</b>	<b>0.82</b>	<b>0.47</b>
<b>D. EST (%)</b>	<b>0.96</b>	<b>0.60</b>	<b>0.76</b>	<b>0.62</b>

*Tabla 30 Resultados de ensayo de alabeo a bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia

○ Resultados

La mejora en cuanto a la propiedad física de alabeo es casi imprevisible entre los bloques convencionales y los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, por lo que puede despreciarse dichos resultados.

**Comparación de los resultados de la propiedades física “Absorción” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para realizar el análisis comparativo de la propiedad física de absorción entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

○ Recolección de datos de ensayo de propiedad física “Absorción”

La recolección de los datos del ensayo que se presenta a continuación, se encuentra detallado en los anexos de la presente investigación tanto para los bloques convencionales como los estabilizados, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

▪ Ensayo de absorción a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la absorción de los bloques convencionales a 28 días de secado en un periodo de 1 minuto, resulta en un valor de 32.94%:

CÓDIGO	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	gr	gr	%
A01	3295.00	4368.00	32.56
A02	3153.00	4223.00	33.94
A03	3348.00	4434.00	32.44
A04	3340.00	4460.00	33.53
A05	3390.00	4482.00	32.21
ABSORCIÓN PROMEDIO			32.94

*Tabla 31 Resultados de ensayo de absorción de bloques de adobe convencionales*

Fuente: Propia

- Ensayo de absorción a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la absorción de los bloques estabilizados a 28 días de secado en un periodo de 1 minuto, resulta en un valor de 9.90%:

CÓDIGO	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	gr	gr	%
A01	3160.00	3482.00	10.19
A02	3221.00	3548.00	10.15
A03	3272.00	3580.00	9.41
A04	3312.00	3638.00	9.84
A05	3297.00	3624.00	9.92
ABSORCIÓN PROMEDIO			9.90

*Tabla 32 Resultados de ensayo de absorción de bloques de adobe estabilizados*

Fuente: Propia

- Resultados

Como es evidente, **la mejora en cuanto a la propiedad física de absorción es notoria entre los bloques convencionales y los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, llegando a absorber considerablemente menos agua (hasta un 70% menos de absorción entre los bloques estabilizados y los convencionales).**

Cabe resaltar que, durante el desarrollo del ensayo para ambos bloques de estudio, **se pudo notar una clara diferencia en la manipulación de los bloques** para realizar el pesado de los mismos en completa saturación luego del tiempo propuesto de sumergido.

Y es que **los bloques convencionales denotaban una clara fragilidad al manipularlos** luego de saturarlos, **mientras que los bloques estabilizados se mantenían consolidados** como una unidad.

Del mismo modo, al retirar el agua después de cada bloque ensayado, era evidente que **la cantidad de barro que se formaba en el recipiente era considerablemente mayor en comparación con los bloques estabilizados** que presentaban una menor pérdida de material y, por ende, menor formación de barro.

**Comparación de los resultados de la propiedades física “Succión” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para realizar el análisis comparativo de la propiedad física de succión entra bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

○ Recolección de datos de ensayo de propiedad física “Succión”

La recolección de los datos de los ensayos que se presentan a continuación, se encuentran detallados en los anexos de la presente investigación, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

▪ Ensayo de succión a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la succión de los bloques de adobe convencionales resulta en 23.34% gr/200cm<sup>2</sup> como se muestra a continuación:

CÓDIGO	PESO SECO gr	PESO HÚMEDO gr	ANCHO cm	LARGO cm	ÁREA cm <sup>2</sup>	SUCCIÓN
A01	3330.54	3371.50	12.50	25.00	312.50	26.21
A02	3369.40	3402.06	12.50	25.00	312.50	20.90
A03	3299.35	3337.55	12.50	25.00	312.50	24.45
A04	3356.13	3387.84	12.50	25.00	312.50	20.29
A05	3355.03	3393.04	12.50	25.00	312.50	24.33
<b>SUCCIÓN PROMEDIO</b>						<b>23.24 % gr/200 cm<sup>2</sup></b>

*Tabla 33 Resultados de ensayo de succión a bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia

▪ Ensayo de succión a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la succión de los bloques de adobe estabilizados resulta en 16.13% gr/200cm<sup>2</sup> como se muestra a continuación:

CÓDIGO	PESO SECO	PESO HÚMEDO	ANCHO	LARGO	ÁREA	SUCCIÓN
	gr	gr	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
A01	3130.00	3162.00	12.50	25.00	312.50	20.48
A02	3278.00	3300.00	12.50	25.00	312.50	14.08
A03	3228.00	3256.00	12.50	25.00	312.50	17.92
A04	3286.00	3296.00	12.50	25.00	312.50	6.40
A05	3152.00	3186.00	12.50	25.00	312.50	21.76
SUCCIÓN PROMEDIO						16.13 % gr/200 cm <sup>2</sup>

*Tabla 34 Resultados de ensayo de succión a bloques de adobe estabilizado*

Fuente: Propia

○ Resultados

Como es evidente, **la mejora en cuanto a la propiedad física de succión es notoria entre los bloques convencionales y los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, llegando a succión considerablemente menos agua por 200 cm<sup>2</sup> de superficie de apoyo, un aproximado de 30.60% menos en comparación con los bloques convencionales.**

Adicional a ello, la norma establece un valor promedio aceptable de succión en un rango entre 10 – 20 gr/200 cm<sup>2</sup>, pudiendo observar que **los bloques convencionales no cumplirían al encontrarse fuera de ese rango, algo que no sucede con los bloques estabilizados.**

**Comparación de los resultados de la propiedades física “Variación dimensional” entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos en laboratorio que fueron necesarios para realizar el análisis comparativo de la propiedad física de variación dimensional entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.

○ Recolección de datos de ensayo de propiedad física “Variación dimensional”

La recolección de los datos de los ensayos que se presentan a continuación, se encuentran detallados en los anexos de la presente investigación, por lo que se presentarán solo los resultados de cada ensayo mencionado.

- Ensayo de variación dimensional a bloques de adobe convencionales

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la variación dimensional de los bloques de adobe convencionales resulta en 8.74% para su longitud, un valor de 9.06% para su ancho y para su altura un valor de 5.11%.

<b>LONGITUD PROMEDIO</b>	<b>228.15 mm</b>	<b>ANCHO PROMEDIO</b>	<b>113.68 mm</b>	<b>ALTURA PROMEDIO</b>	<b>85.40 mm</b>
<b>LONGITUD TEÓRICA</b>	<b>250.00 mm</b>	<b>ANCHO TEÓRICO</b>	<b>125.00 mm</b>	<b>ALTURA TEÓRICA</b>	<b>90.00 mm</b>
<b>VARIACIÓN</b>	<b>8.74%</b>	<b>VARIACIÓN</b>	<b>9.06%</b>	<b>VARIACIÓN</b>	<b>5.11%</b>
<b>CV</b>	<b>1.00%</b>	<b>CV</b>	<b>2.53%</b>	<b>CV</b>	<b>2.38%</b>

*Tabla 35 Resultados de la variación dimensional de las tres dimensiones de los bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia

- Ensayo de variación dimensional a bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

De la información de laboratorio recolectada, se obtuvo que la variación dimensional de los bloques de adobe estabilizados resulta en 9.87% para su longitud, un valor de 6.90% para su ancho y para su altura un valor de 11.47%.

<b>LONGITUD PROMEDIO</b>	<b>225.33 mm</b>	<b>ANCHO PROMEDIO</b>	<b>116.38 mm</b>	<b>ALTURA PROMEDIO</b>	<b>79.68 mm</b>
<b>LONGITUD TEÓRICA</b>	<b>250.00 mm</b>	<b>ANCHO TEÓRICO</b>	<b>125.00 mm</b>	<b>ALTURA TEÓRICA</b>	<b>90.00 mm</b>
<b>VARIACIÓN</b>	<b>9.87%</b>	<b>VARIACIÓN</b>	<b>6.90%</b>	<b>VARIACIÓN</b>	<b>11.47%</b>
<b>CV</b>	<b>1.11%</b>	<b>CV</b>	<b>1.77%</b>	<b>CV</b>	<b>2.17%</b>

*Tabla 36 Resultados de la variación dimensional de las tres dimensiones de los bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia

- Resultados

La mejora en cuanto a la propiedad física de variación dimensional es casi imperceptible entre los bloques convencionales y los bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, dado que se trata de bloques macizos (sin perforaciones o vacíos).

### Comparación de costos y factibilidad del uso de las adiciones en la estabilización de bloques de adobe

Se presenta entonces, la recolección de datos obtenidos de la elaboración de los bloques de adobe tanto convencionales como estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio en cuanto a gastos de producción corresponde.

○ Recolección de datos de costos de la elaboración de bloques de adobe

La recolección de los costos de la elaboración de bloques de adobe se encuentran detallados a continuación diferenciando los adobes convencionales y los estabilizados.

▪ Costos de elaboración de bloques de adobe convencionales

A continuación, se presenta el análisis de costos unitario requerido para la elaboración de un adobe convencional al día. Cabe resaltar que el rendimiento fue obtenido por la información proporcionada por adoberos de la zona de Lambayeque, del mismo modo sucedió con los precios unitarios de los materiales.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS					
Partida:	ELABORACION DE BLOQUES DE ADOBE CONVENCIONALES				
Rendimiento:	1250	adobes/día		TOTAL	0.33
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
<b>1. MANO DE OBRA</b>					<b>0.14</b>
Adobero	hh	1	0.0072	20.00	0.14
<b>2. MATERIALES</b>					<b>0.13</b>
Material tierra	m3		0.0017	35.00	0.06
Agua	m3		0.0008	7.00	0.01
Pajilla	kg		0.1375	0.50	0.07
<b>3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>0.05</b>
Desgaste de Herramientas	%MO		3%	0.14	0.00
Gavera con capacidad para 3 adobes	und		0.0006	60.00	0.03
Tabla de madera para enrazar	und		0.0028	5.00	0.01

*Tabla 37 Análisis de costos unitarios para la elaboración de un bloque de adobe convencional*

**Fuente:** Propia

Es preciso resaltar también, que las cantidades de materiales empleados fueron planteados a partir de la propia dosificación propuesta en el apartado metodológico de la presente investigación.

- Costos de elaboración de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio

A continuación, se presenta el análisis de costos unitario requerido para la elaboración de un adobe estabilizado al día. Cabe resaltar que el rendimiento fue obtenido por la información proporcionada por adoberos de la zona de Lambayeque, del mismo modo sucedió con los precios unitarios de los materiales y aditivos.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS					
<b>Partida:</b>	ELABORACION DE BLOQUES DE ADOBE ESTABILIZADOS				
<b>Rendimiento:</b>	950	adobes/día		<b>TOTAL</b>	<b>0.80</b>
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
<b>1. MANO DE OBRA</b>					<b>0.27</b>
Adobero	hh	1	0.0095	20.00	0.19
<b>2. MATERIALES</b>					<b>0.48</b>
Material tierra	m3		0.0017	35.00	0.06
Agua	m3		0.0008	7.00	0.01
Pajilla	kg		0.0688	0.50	0.03
Consolid 444	kg		0.0027	46.23	0.13
Solidry	kg		0.0281	6.86	0.19
CaO	kg		0.0732	0.85	0.06
<b>3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>0.06</b>
Desgaste de Herramientas	%MO		3%	0.27	0.01
Gavera con capacidad para 3 adobes	und		0.0006	60.00	0.03
Tabla de madera para enrazar	und		0.0028	5.00	0.01

**Tabla 38** Análisis de costos unitarios para la elaboración de un bloque de adobe estabilizado

**Fuente:** Propia

Es preciso resaltar también, que las cantidades de materiales empleados fueron planteados a partir de la propia dosificación propuesta en el apartado metodológico de la presente investigación, así como las cantidades de los aditivos empleados, que corresponden a la mejor dosificación propuesta.

En cuanto a precios, se tiene que el precio del aditivo Consolid 444 está en 10 dólares el litro y 1.53 dólares el kilo para el aditivo Solidry, ambos precios sin IGV, por lo que en el cálculo se planteó la adición de dicho valor más un cambio a soles a la fecha de presentado este trabajo de investigación de S/3.80.

Por su parte, el CaO se obtuvo a un precio de S/17.00 la bolsa de 20 kg, por lo que se obtiene un precio por kg de S/0.85.

- Resultados

Como puede apreciarse, la elaboración de un **bloque de adobe convencional resulta costar S/0.33 pudiendo elaborar un aproximado de 1250 bloques al día**. Mientras que, para elaborar un **bloque de adobe estabilizado, resulta costando S/0.80 pudiendo elaborar un aproximado de 950 bloques al día**.

Si bien es cierto, pareciera que elaborar bloques de adobe estabilizados resulta menos provechoso, no solo en precio sino en productividad, es necesario tener en consideración que la elaboración de bloques convencionales, si bien es cierto se establece como 1250 bloques al día, en realidad el proceso de elaboración se terminan haciendo en 2 días, puesto que la mezcla de adobe se prepara un día antes de la elaboración de los mismos, por lo que el primer día en realidad no se tendrían bloques de adobe sino hasta el segundo día (teniendo un total de 2500 bloques de adobe). Mientras que los 950 bloques de adobes estabilizados sí pueden ser elaborados el mismo día, ya que la mezcla resulta poco trabajable si se espera 24 horas para preparar los bloques. Por lo que **al final de dos días de trabajo, por un lado, se obtendrían 2500 bloques de adobes convencionales, mientras que por el otro lado se obtendrían 1900 bloques de adobes estabilizados**.

Resumiendo, entonces, al finalizar el primer día de trabajo no se tendrían bloques de adobe convencionales, mientras que sí se tendrían 950 bloques de adobe estabilizados. Por su parte, pasado los dos días, se tendrían recién 2500 bloques convencionales y 1900 bloques estabilizados.

De esta manera queda demostrado que **la única diferencia entre la elaboración de ambos bloques de adobes solo es por el lado económico más no por el lado productivo**. Sin embargo, habiendo sustentado y demostrado **las evidentes mejoras en las propiedades mecánicas y físicas de los bloques, el incremento de precio queda justificado y dentro de lo razonable**.

#### **Propuesta de especificación técnica del uso del Sistema Consolid y óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe**

En cuanto al uso del Sistema Consolid y óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe, se plantea un procedimiento estandarizado de implementación con el fin de guiar al usuario que desee emplearlo como tal. Tanto la ficha técnica como las especificaciones se detallan a continuación:

## FICHA TÉCNICA

### CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien:	Bloque de adobe estabilizado con Sistema Consolid y óxido de calcio		
Denominación Técnica:	Bloque de adobe estabilizado		
Grupo/Clase/Familia:	Construcciones de bajas solicitaciones de carga		
Dimensiones (mm):	Altura	Ancho	Largo
	90	125	250
Peso:	3.66 kg		
Unidades por m <sup>2</sup> :	33		



#### Anexo adjuntos:

Descripción general: Es el bloque de adobe estabilizado con Nano Liquid Formulation (NLF), Nano Solid Formulation (NSF) y óxido de calcio (CaO), sin cocción.

### CARACTERISTICAS TÉCNICAS

#### DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, no existe una clasificación para los bloques de adobe. Sin embargo, en cuanto a resistencia característica a compresión, se puede asemejar a un **Bloque NP** según la norma E.070 Albañilería, considerando que se trata de una unidad sólida, no hueca.

### CARACTERISTICAS FÍSICAS

	Según E.070	Según muestra
Variación dimensional (mm)	± 4 (1)	± 10 (2)
Alabeo (mm)	8 (1)	1 (2)
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	20.0 kg/cm <sup>2</sup> (1)	26.0 kg/cm <sup>2</sup> (2)
Absorción (%)	15 (3)	9.9 (4)
Succión (%)	10-20 (1)	16.13 (2)

(1) Corresponde a las propiedades de una unidad de arcilla cocida del tipo Bloque NP

(2) Corresponde a las propiedades de una unidad de tierra cruda de elaboración artesanal

(3) Corresponde a la propiedad de absorción de una unidad de arcilla medida por 24 horas

(4) Corresponde a la propiedad absorción de una unidad de tierra cruda medida por 1 minuto

### OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación controlado
- Secado en el medio por 28 días, protegido del viento y de la luz solar directa
- Las unidades se pueden apilar de dos en dos bloques hasta un total de 10 a 15 unidades
- Las unidades deben almacenarse en un lugar fresco, protegidas del viento y de la luz solar directa

**EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA VIGENTE**

**ACTUALIZADO: JUNIO 2023**

*Fig. 92 Ficha técnica de bloque de adobe estabilizado con Sistema Consolid y óxido de calcio*

**Fuente: Propia**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE ESTABILIZADOS CON SISTEMA CONSOLID Y ÓXIDO DE CALCIO

### 1. ENSAYOS DE SUELOS Y DETERMINACIÓN DE APTITUD DEL SUELO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE

En primer lugar, se deberá realizar los ensayos de suelos a la tierra destinada a la elaboración de bloques de adobe. Estos constan de los ensayos in situ (prueba de cinta de barro y prueba de presencia de arcilla), y los ensayos en laboratorio (contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado, ensayo de compresión en cubos de tierra y ensayo brasileño de tracción). Con estos resultados se podrá determinar el tipo de suelo con el que se está trabajando, la aptitud o no del suelo para la elaboración de bloques de adobe y los rangos de límite superior e inferior de humedad óptima para la elaboración de bloques de adobes.

### 2. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD ÓPTIMA PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE

Utilizando los resultados del ensayo de límite líquido y Proctor modificado, se plantean los rangos de límites máximos y mínimos de humedad. Con ello se deberán plantear al menos 5 porcentajes de humedad dentro de este intervalo y realizar bloques de adobes con dichos porcentajes. Se debe analizar la trabajabilidad durante la elaboración de estos, eligiendo finalmente el que mejor se comporte. Cabe resaltar que la cantidad máxima de humedad de acuerdo a la norma correspondiente es de 20%, por lo que pueden descartarse los porcentajes de humedad que sobrepasen dicho límite.

### 3. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBE

Se debe estandarizar los pesos de cada material (tierra, pajilla, agua), para ello se puede utilizar un balde y proceder a pesar a su máxima capacidad cada material, de esta manera se puede plantear una dosificación medida en baldes de tierra, pajilla y agua.

Una vez determinado ello, se debe elaborar una tanda de bloques de adobe (6 o 12 por ejemplo), y determinar cuántos baldes se requieren para cada material. Se debe considerar que el porcentaje de pajilla debe estar en como máximo un 4% y el porcentaje de agua corresponde a lo determinado en el apartado anterior. Con ello se tendrá una dosificación de cada material para la elaboración de una tanda de bloques de adobe, considerando que al menos deberán ser 6 unidades con el fin de poder ensayarlos y determinar las mejores dosificaciones de cada aditivo.

En cuanto a los aditivos, el Consolid 444 se debe probar primero en 4 cantidades diferentes, pudiendo ser: 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 lt/m<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta que el aditivo Consolid 444 debe estar conformado en 1 parte de concentrado de aditivo y 3 partes de agua.

Elaborados los bloques de adobe con el aditivo Consolid 444, se deberá ensayar a resistencia frente a la compresión pasado los 28 días de curado (protegido del sol directo, de humedad y agentes externos en general), de tal manera que se obtenga cual es la cantidad que mejor resistencia obtiene en función al tipo de suelo que se está empleando.

Con la cantidad óptima del aditivo Consolid 444, se volverán a realizar adobes con esta cantidad añadiendo 4 cantidades diferentes de Solidry pudiendo ser: 10.0, 15.0, 25.0 y 35.0 kg/m<sup>3</sup>. El procedimiento se repetirá teniendo en cuenta que las cantidades de tierra, pajilla y agua deberán modificarse con el fin de mantener un mismo peso teórico de los bloques de adobe. Se dejará curar por 28 días de igual manera y se ensayaran al menos 6 bloques de adobe para determinar cuál es la cantidad óptima de Consolid 444 y Solidry.

Finalmente se harán nuevos bloques de adobe con las cantidades óptimas de Sistema Consolid y ahora añadiendo 4 cantidades de óxido de calcio pudiendo ser: 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0%. Se repetirá todo el procedimiento de curado por 28 días ajustando debidamente las cantidades de cada material para mantener el mismo peso teórico de bloques de adobe y se determinará la mejor cantidad de óxido de calcio de acuerdo a la resistencia obtenida en el ensayo de resistencia frente a la compresión.

Con dichos resultados ya se tendrán las cantidades óptimas de cada aditivo, por lo que ya se podrá elaborar de manera masiva los adobes estabilizados con las cantidades correctas de cada aditivo.

#### 4. INFORMACIÓN ADICIONAL/RECOMENDACIONES

La elaboración tradicional de bloques de adobe implica realizar la mezcla de adobe el primer día de trabajo y proceder a elaborar los bloques como tal, pasadas las 24 horas, sin embargo, se recomienda que los bloques de adobe estabilizados sean realizados el mismo día que se prepara la mezcla (esperando tal vez 2-3 horas de haber realizado la mezcla), esto pues debido a las características de los aditivos empleados, la mezcla suele endurecer más rápido de lo normal, por lo que esperar 24 horas para elaborar los bloques reduciría considerablemente la trabajabilidad de la mezcla. Adicional a ello, si se trabaja con un suelo con las mismas características que las que se han ensayado en la presente investigación, es decir un suelo con índice de plasticidad de 20-21%, una cantidad óptima de humedad para elaboración de bloques de adobe del 20% y del tipo CL para SUCS y A-6 (12) para la AASHTO, se podrá utilizar directamente las dosificaciones de 1.0 lt/m<sup>3</sup> de Consolid 444, 10.0 kg/m<sup>3</sup> de Solidry y 2.0% de óxido de calcio, sin necesidad de realizar todo el procedimiento antes explicado.

### **Discusión**

Un estudio publicado en la revista *Construction and Building Materials* en 2017 encontró que la adición de óxido de calcio a los bloques de adobes mejoró su resistencia frente a la compresión en un 33% [28]. Otro estudio publicado en la misma revista en 2018 encontró que el uso de aditivos químicos en los bloques de adobes mejoró su resistencia frente a la compresión en un 28% [29]. Ambos resultados, como se expresó, demuestran un aumento en la resistencia de las unidades ensayadas, sin embargo, comparado con la resistencia alcanzada en esta investigación, es decir, una mejora del 78%, resulta claro el gran aporte que se logra con esta investigación.

En cuanto a la resistencia frente a la tracción, hay menos estudios disponibles en este tema específico, pero se sabe que la adición de aditivos químicos y óxido de calcio en los bloques de adobes puede mejorar significativamente la resistencia a la tracción de los bloques de adobes. Por ejemplo, un estudio publicado en la revista *Construction and Building Materials* en 2021 encontró que la adición de óxido de calcio a los bloques de adobes mejoró su resistencia a la tracción en un 30% [30]. Y es que del mismo modo que para los resultados de la resistencia frente a la compresión, la resistencia frente a la tracción también se ve mejorada, y queda contrastada con el 45% de mejora obtenido en esta investigación.

En cuanto a la absorción y succión, se sabe que los bloques de adobes convencionales tienen una alta capacidad de absorción de agua y una alta succión capilar, lo que puede llevar a problemas de durabilidad y estabilidad en los edificios construidos con estos bloques como se detalló en la situación problemática. Por otro lado, los resultados presentados en esta investigación indican que los bloques de adobes estabilizados tienen una menor absorción de agua y succión capilar, lo que sugiere que podrían ser más duraderos y estables en las construcciones. Esto planteando que se obtuvo una reducción del 70% y 30.60% para las propiedades de absorción y succión respectivamente, contrastando los resultados con los vistos en otras investigaciones donde se logran reducciones de 12%, 15% y 24% para las mismas propiedades [31] [32] [33] .

En resumen, los resultados de la presente investigación quedan respaldados por varios estudios previos que han demostrado que la adición de aditivos químicos y óxido de calcio en los bloques de adobes puede mejorar significativamente sus propiedades. Estos hallazgos son muy importantes para la construcción sostenible y pueden ser útiles para futuras investigaciones en este campo.

## CONCLUSIONES

Habiendo presentado los resultados de todos los ensayos llevados a cabo, así como su respectiva discusión, se presenta ahora las conclusiones en función de los objetivos planteados al inicio de la investigación, concluyendo así que:

Se pudo demostrar la respuesta planteada a la pregunta de investigación, pues **la adición del Sistema Consolid y óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe, sí mejora considerablemente sus propiedades mecánicas y físicas en comparación con bloques convencionales sin adiciones, quedando en evidencia al comparar los resultados obtenidos para ambos bloques.**

Se pudo determinar las propiedades mecánicas de los bloques de adobe estabilizados y convencionales, teniendo así la **resistencia frente a la compresión de los bloques pasando de 14.82 kg/cm<sup>2</sup> para bloques convencionales a 26.36 kg/cm<sup>2</sup> para bloques estabilizados** llegando así a presentar una **mejora de aproximadamente un 78%**. Por su parte, el **módulo de rotura que pasa a ser de 14.43 kg/cm<sup>2</sup> para bloques convencionales a 20.97 kg/cm<sup>2</sup> para bloques estabilizados, presentando así una mejora del 45%**.

Se pudo determinar las propiedades físicas de los bloques de adobe estabilizados y convencionales, teniendo así el **alabeo de los bloques pasando de 1.89 cm de concavidad en una cara, 0.59 cm de concavidad en la otra, 0.98 cm de convexidad en una cara y 1.05 cm en la otra para bloques convencionales a 1.04 cm de concavidad en una cara, 0.82 cm de concavidad en otra, 0.46 cm de convexidad en una cara y 0.47 cm de convexidad en la otra para bloques estabilizados, pudiéndose apreciar que no existe una variación o mejora significativa**. Por su parte se obtuvo que **la absorción pasó de 32.94% para bloques convencionales a un 9.90% para bloques estabilizados, mostrando una mejora al absorber un 70% menos**. En cuanto a la **succión, está pasó de 23.24% gr/200cm<sup>2</sup> para bloques convencionales a un 16.13% gr/200cm<sup>2</sup> para bloques estabilizados, presentando así una mejora en la succión de aproximadamente 30.60% menos**. Finalmente, **la variación dimensional pasó de 1.00% para la longitud, 2.53% para el ancho y 1.82% para el alto de bloques convencionales a 1.11% para la longitud, 1.77% para el ancho y 2.17% para el alto de bloques estabilizados, no mostrando un cambio significativo**.

Se pudo determinar que la **mejor dosificación para el aditivo líquido Consolid 444 dentro de las cuatro cantidades propuestas (0.5, 1.0, 1.5 y 2.5 lt/m<sup>3</sup>), corresponde a la de 1.0 lt/m<sup>3</sup>** puesto que se obtuvo una **resistencia frente a la compresión de 20.01 kg/cm<sup>2</sup>**, siendo muy superior en comparación a las otras dosificaciones propuestas.

Del mismo modo se pudo determinar que la **mejor dosificación para el aditivo sólido Solidry** dentro de las cuatro cantidades propuestas (10, 15, 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>), **corresponde a la de 10 kg/m<sup>3</sup>** puesto que se obtuvo una **resistencia frente a la compresión de 20.53 kg/cm<sup>2</sup>**, siendo muy superior en comparación a las otras dosificaciones propuestas.

Y por último se pudo determinar que la **mejor dosificación para el óxido de calcio** dentro de las cuatro cantidades propuestas (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% del peso), **corresponde a la de 2.00% del peso** puesto que se obtuvo una **resistencia frente a la compresión de 26.36 kg/cm<sup>2</sup>**, siendo muy superior en comparación a las otras dosificaciones propuestas.

Se pudo determinar que el **comportamiento de la mezcla** de adobe **fue mucho más trabajable** cuando se trabajó en conjunto el aditivo sólido solidry y el óxido de calcio, pues **la mezcla no endurecía tanto como lo hacía cuando solo se trabajaba con el aditivo sólido Solidry**. Además de ello, **es notable el incremento de la resistencia** cuando se empleó el óxido de calcio, y cuando no, haciendo por ende viable su trabajo en conjunto para la estabilización de bloques de adobe.

Se concluye además que sí existe un incremento de **costo en la elaboración de bloques de adobe convencionales (S/0.33) en comparación con la elaboración de bloques de adobe estabilizados (S/0.80)**, esto quedando justificado por el precio de los aditivos y el incremento en la paga del adobero, así como en la disminución del rendimiento diario. Sin embargo, es importante resaltar que la producción de bloques de adobe convencionales se define en dos días de trabajo (un día para realizar la mezcla y otro día para elaborar los bloques de adobe), mientras que la producción de bloques de adobe estabilizados se pueden realizar en un mismo día ya que la mezcla suele endurecer con rapidez debido a los aditivos. Esto hace que, si bien la producción en el mismo plazo de tiempo resulte mayor para los bloques de adobe convencionales estabilizados, las mejoras en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas, asegura una buena inversión ya que **el incremento de costo y la variación de producción (600 bloques de adobe) se encuentra dentro de lo razonable, por lo que su implementación resulta factible** dentro de los parámetros de esta investigación.

**Se propuso finalmente las especificaciones técnicas del uso del Sistema Consolid y óxido de calcio en la estabilización de bloques de adobe** en las que se detallan datos como las **dosificaciones** para la producción de las unidades, el **procedimiento** de elaboración, las **consideraciones y recomendaciones** del uso de los aditivos, entre otros.

## RECOMENDACIONES

En función a lo alcanzado en el desarrollo y conclusiones de la presente investigación, se presentan recomendaciones que se consideran útiles en cuanto al avance en investigación en el tema y complementación de lo obtenido como resultado.

En primer lugar, los nuevos bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio, debido a sus características mejoradas en cuanto a absorción y succión, así como un incremento en su resistencia frente a la compresión, pueden ser utilizados en viviendas en las laderas de ríos, en zonas de constante lluvias o hasta en edificaciones de dos niveles sujeto a análisis estructural, en zonas de alto riesgo sísmico, incrementando las posibilidades de uso para la población que requiera acceso de materiales de construcción más económicos que otras alternativas como los ladrillos de arcilla cocida.

Por otro lado, se recomienda la complementación de esta investigación mediante la realización de muretes y pilas de bloques de adobes con el fin de ensayarlos a compresión y tracción indirecta y analizar el comportamiento de dichos bloques estabilizados en comparación con los convencionales.

Se recomienda además que se plantee trabajar con un suelo no apto para la elaboración de bloques de adobes (con poco contenido de arcilla) y analizar si al implementar los aditivos propuestos, se logra obtener bloques de adobe que cumplan los requerimientos mínimos que establece la norma.

Se puede plantear además la posibilidad de sustituir completamente el aditivo Solidry por el óxido de calcio y analizar el comportamiento de los bloques de adobe elaborados solo con Consolid 444 y CaO, considerando que uno de los mayores incrementos en el costo final de producción de los bloques de adobe, corresponde al Solidry pero que este no aporta grandes mejoras en lo que a resistencia a la compresión confiere, pudiendo lograr una reducción en el precio de hasta casi un 28%.

Adicional a ello, se puede evidentemente plantear otras dosificaciones (mayores) de las planteadas para cada aditivo, y determinar tal vez un mejor comportamiento con mayores cantidades, considerando que la curva de comportamiento del óxido de calcio tiende a crecer, a diferencia del Consolid 444 y el Solidry que tienden a decrecer.

## REFERENCIAS

- [1] H. Guillaund y H. Houben, *Traité de construction en terre*, Marsella: CRATerre, 2006.
- [2] L. Eloundou y T. Joffroy, «Earthen Architecture in today's World,» de *UNESCO International Colloquium on the Conservation of World Heritage Earthen Architecture*, París, 2013.
- [3] INDECI, *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2007*, Lima, 2007.
- [4] M. Astroza, «Estudio de la zona afectada por el terremoto de Pisco: Intensidades y daños del terremoto,» Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, 2007.
- [5] G. Pons. [En línea]. Available: <https://ecosur.org/index.php/es/ecomateriales-2/adobe/712-caracteristicas-generales-del-adobe-como-material-de-construccion#:~:text=El%20adobe%20es%20higrofilo%2C%20tiende,los%20de%20su%20propio%20peso..>
- [6] J. Gomez, C. Mileto, F. Vegas y L. García, *Procesos patológicos en muros de adobe. Panorama general de los mecanismos de degradación del adobe en la arquitectura tradicional española*, Valladolid, 2016.
- [7] R. Abid, N. Kamoun, F. Jamoussi y H. E. Feki, «Fabrication and properties of compressed earth brick from local Tunisian raw materials,» *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2021.
- [8] E. Losini, A. Grillet, M. Bellotto, M. Woloszyn y G. Dotelli, «Natural additives and biopolymers for raw earth construction stabilization - a review,» Université Savoie Mont Blanc & Politecnico di Milano, Chambéry, 2021.
- [9] O. Amu, A. Fajobi y B. Oke, «Effect of Eggshell Powder on the Stabilizing Potential of Lime on an Expansive Clay Soil,» *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, vol. 5, n° 8, pp. 1474-1478, 2005.
- [10] G. Huaraca, «Efecto del sistema CONSOLID en el CBR y la ascensión capilar del material para base de pavimento de la cantera de totora, Cusco, 2020,» Universidad César Vallejo, Lima, 2021.
- [11] J. P. Miguel Flores, «Mejora de las características físicas y mecánicas del adobe empleando aditivos naturales de la zona - C.P. Cambio Puente y Anexos,» Universidad Nacional del Santa , Nuevo Chimbote, 2018.

- [12] V. Marcelo, «Estabilización de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca,» Universidad César Vallejo, Lima, 2019.
- [13] M. Sánchez, «Análisis comparativo de adobe convencional y adobe estabilizado con cemento con fines constructivos,» Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, 2020.
- [14] L. Chamba, «Análisis comparativo de estabilización para el mejoramiento de subrasante entre el uso del cloruro de sodio y el sistema CONSOLID en zonas urbanas no pavimentadas de la urbanización el Parral del distrito de La Victoria,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.
- [15] C. y. S. Ministerio de Vivienda, *Norma E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada*, Lima, 2017.
- [16] C. y. S. Ministerio de Vivienda, *Norma CE.020 - Suelos y Taludes*, Lima, 2012.
- [17] H. Gallegos y C. Casabonne, *Albañilería Estructural*, Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [18] Á. San Bartolome, D. Quiun y W. Silva, *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*, Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.
- [19] M. d. T. y. Telecomunicaciones, *Manual de Ensayo de Materiales*, Lima, 2016.
- [20] G. Narsilio y J. C. Santamarina, *Clasificación de suelos: Fundamento físico, practicas actuales y recomendaciones*, Buenos Aires: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- [21] U. T. d. Chile, *Propiedades índices del suelo*, Santiago de Chile, 2007.
- [22] C. P. V. S.A.C., *El Sistema Consolid*, Lima, 2016.
- [23] C. T. p. e. D. d. I. M. d. C. (CTDMC), «Informe Técnico del Sistema Consolid,» La Habana.
- [24] Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), *Evaluación del óxido de calcio (estabilical) como estabilizador de suelos*, Ciudad de México: Instituto Mexicano del Transporte, 2019.
- [25] Illinois Department of Transportation , *Pavement Technology Advisory, Subgrade Modification and Stabilization.*, Illionis, 2005.

- [26] D. Vásquez, J. Henkel, F. Lagorreta, F. Barrientos y G. Urbano, «Extracción de calcio en solución a partir de cáscara de huevo,» *Tópicos de Investigación en Ciencias de la Tierra y Materiales*, vol. 8, n° 8, pp. 42-46, 2021.
- [27] M. Borja, *Metodología de la investigación científica para ingenieros*, Chiclayo, 2016.
- [28] M. Castillo Rivera, V. Rodríguez Lara, I. Flores Vivian y P. y Mendoza-Nazar, «Influence of calcium oxide content on the physical and mechanical properties of adobe bricks,» *Construction and Building Materials*, n° 153, pp. 738-744, 2017.
- [29] I. Flores Vivian, M. Castillo Rivera, P. Mendoza Nazar y V. y Rodríguez Lara, «Optimization of stabilized adobe brick mixtures using a response surface methodology,» *Construction and Building Materials*, n° 190, pp. 895-906, 2018.
- [30] A. Nazari, F. Salamone, C. Forni y S. y Biondi, «Effects of lime and cement on durability, thermal behavior, and mechanical properties of adobe bricks.,» *Construction and Building materials*, n° 291, 2021.
- [31] J. D. Guzmán, A. Martínez, G. A. García y S. y Ramírez, «Improving the properties of adobe blocks by adding pozzolanic ash,» *Construction and Building Materials*, vol. 165, pp. 713-719, 2018.
- [32] P. Mendoza Nazar, M. J. Nieves Sánchez y S. L. y Manzano Ramírez, «Evaluation of the physical properties of blocks of adobe stabilized with bagasse ash,» *Revista de la Construcción*, vol. 16, n° 2, pp. 206-2015, 2017.
- [33] I. Flores Vivian, R. Chávez Cadena, J. A. Ramos Sanchez y A. C. Y Torres Rivas, «Durability and environmental performance of conventional and stabilized adobe blocks,» *Construction and Building Materials*, vol. 209, pp. 162-170, 2019.

## ANEXOS

**Anexo 01: Matriz de consistencia**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (INSTRUMENTO, ENSAYO, NTP)	
¿Habrà una mejora significativa en las propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio en comparación con bloques convencionales?	<b>PRINCIPAL</b>	La adición del Sistema Consolid en conjunto con el óxido de calcio, obtenida de la ceniza de cáscara de huevo, en la estabilización de bloques de adobe, mejorará considerablemente sus características mecánicas y físicas en comparación con bloques convencionales sin adiciones.	<b>I N D E P E N D I E N T E</b>	Corresponde a la cantidad que será utilizada del componente Consolid 444 medida en litros por metro cúbico del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación del componente líquido C444	0,5, 1,0, 1,5 y 2,5 l/m <sup>3</sup>	l/m <sup>3</sup>	Vaso de precipitado	
	Realizar un análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.			Corresponde a la cantidad que será utilizada del componente Solidry medida en kilogramos por metro cúbico del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación del componente sólido Solidry	10, 15, 25, 35 kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Balanza digital	
	<b>SECUNDARIOS</b>			Corresponde a la cantidad que será utilizada del óxido de calcio medida en tantos por ciento del peso de los bloques de adobe elaborados.	Dosificación de óxido de calcio	0,5, 1,0, 1,5, 2,0% del peso del bloque	%	Balanza digital	
	Determinar las propiedades mecánicas de los bloques de adobe a estabilizar y de aquellos sin adiciones, en función a su módulo de rotura y resistencia frente a la compresión.		<b>D E P E N D I E N T E</b>	Propiedades mecánicas y físicas de los bloques de adobe estabilizados con sistema CONSOLID y óxido de calcio	Corresponde a las propiedades físicas de los bloques de adobe con adiciones de sistema CONSOLID y óxido de calcio	Variación dimensional	-	%V	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Determinar las propiedades físicas de los bloques de adobe a estabilizar y de aquellos sin adiciones, en función a los resultados obtenidos de los ensayos de alabeo, absorción, succión y variación dimensional.					Alabeo	-	mm	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Determinar la dosificación óptima del aditivo líquido Consolid 444 para el suelo utilizado en los bloques de adobe en razón de 0,5, 1,0, 1,5 y 2,5 lt/m <sup>3</sup>					Succión	-	% gr/200cm <sup>2</sup>	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Determinar la dosificación óptima del aditivo sólido Solidry para el suelo utilizado en los bloques de adobe en razón de 10, 15, 25 y 35 kg/m <sup>3</sup>					Absorción	-	% A	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Determinar la dosificación óptima del óxido de calcio para el suelo utilizado en la elaboración de los bloques de adobe en razón de 0,5, 1,0, 1,5 y 2,0% del peso.					Resistencia a la compresión	-	f'b kg/cm <sup>2</sup>	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Analizar el comportamiento y viabilidad del óxido de calcio en el trabajo conjunto con el aditivo sólido Solidry.					Módulo de rotura	-	kg/cm <sup>2</sup>	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería - Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613
	Realizar una comparación de costos y determinar la factibilidad del uso de las adiciones en la estabilización de bloques de adobe.								

Tabla 39 Matriz de Consistencia

Fuente: Propia

**Anexo 02: Detalle de insumos utilizados**

ENSAYO DE RESISTENCIA FRENTE A LA COMPRESIÓN SIMPLE					
DIMENSIÓN DE UNIDADES	ADITIVO	DOSIFICACIÓN	NÚMERO DE BLOQUES	TIEMPO DE CURADO	CANTIDAD DE ADITIVO
cm		lt/m <sup>3</sup>	und.	días	lt
25.00x12.50x9.00	CONSOLID 444	0.50	12.00	14 y 28	0.017
		1.00	12.00		0.034
		1.50	12.00		0.051
		2.50	12.00		0.084
m <sup>3</sup>	SOLIDRY + VALOR ÓPTIMO DE CONSOLID 444	kg/m <sup>3</sup>	und.	días	kg
		10.00	12.00	14 y 28	0.34
		15.00	12.00		0.51
		25.00	12.00		0.84
35.00	12.00	1.18			
0.0028	CaO + VALOR ÓPTIMO DE CONSOLID 444 Y Solidry	%	und.	días	kg
		0.50	12.00	14 y 28	0.27
		1.00	12.00		0.54
		1.50	12.00		0.81
	2.00	12.00	1.08		
	SIN ADICIONES	-	und.	días	-
-	-	12.00	14 y 28	-	

**Tabla 40** Tabla de estimación de insumos a utilizar para ensayo de resistencia frente a la compresión simple

Fuente: Propia

ENSAYO DE MÓDULO DE ROTURA					
DIMENSIÓN DE UNIDADES	ADITIVO	DOSIFICACIÓN	NÚMERO DE BLOQUES	TIEMPO DE CURADO	CANTIDAD DE ADITIVO
cm		lt/m <sup>3</sup>	und.	días	lt
25.00x12.50x9.00	CONSOLID 444	2.50	6.00	28	0.042
					kg
m <sup>3</sup>	SOLIDRY	35.00			0.59
0.0028	CaO	%	6.00		kg
		2.00			0.54
	SIN ADICIONES	-	-		

**Tabla 41** Tabla de estimación de insumos a utilizar para ensayo de módulo de rotura

Fuente: Propia

ENSAYO DE ABSORCIÓN, ALABEO, SUCCIÓN Y VARIACIÓN DIMENSIONAL					
DIMENSIÓN DE UNIDADES	ADITIVO	DOSIFICACIÓN	NÚMERO DE BLOQUES	TIEMPO DE CURADO	CANTIDAD DE ADITIVO
cm	CONSOLID 444	lt/m <sup>3</sup>	10.00	28	lt
25.00x12.50x9.00		2.50			0.070
	m <sup>3</sup>	SOLIDRY	kg/m <sup>3</sup>	10.00	28
35			0.98		
0.0028	CaO	%	10.00	-	kg
		2.00			0.90
	SIN ADICIONES	-	-	-	

**Tabla 42** Tabla de estimación de insumos para ensayos de absorción, alabeo, succión, variación dimensional

Fuente: Propia

SITUACIÓN MÁS DESFAVORABLE PARA ENSAYO DE RESISTENCIA FRENTE A LA COMPRESIÓN		PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
<b>PRIMERA FASE</b>			
CONSOLID 444	lt	CONSOLID 444 (2.50 lt/m <sup>3</sup> )	lt
	0.19		0.04
<b>SEGUNDA FASE</b>			
CONSOLID 444 (2.50 lt/m <sup>3</sup> )	lt	SOLIDRY (35 kg/m <sup>3</sup> )	kg
	0.34		0.59
SOLIDRY	kg	CaO	kg
	2.87		0.54
<b>TERCERA FASE</b>			
CONSOLID 444 (2.50 lt/m <sup>3</sup> )	lt	CONSOLID 444 (2.50 lt/m <sup>3</sup> )	lt
	0.34		0.07
SOLIDRY (35 kg/m <sup>3</sup> )	kg	SOLIDRY (35 kg/m <sup>3</sup> )	kg
	4.73		0.98
CaO	kg	CaO	kg
	2.70		0.90

**Tabla 43** Resumen de requerimiento de materiales considerando la situación más desfavorable para cada dosificación

Fuente: Propia

RESUMEN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES CONSIDERANDO 20% DE DESPERDICIO	
CaO	kg
	5.00
CONSOLID 444	lt
	1.20
SOLIDRY	kg
	11.00

**Tabla 44** Resumen de requerimientos considerando desperdicio

Fuente: Propia

**Anexo 03: Resultados de ensayo de laboratorio: Granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad**

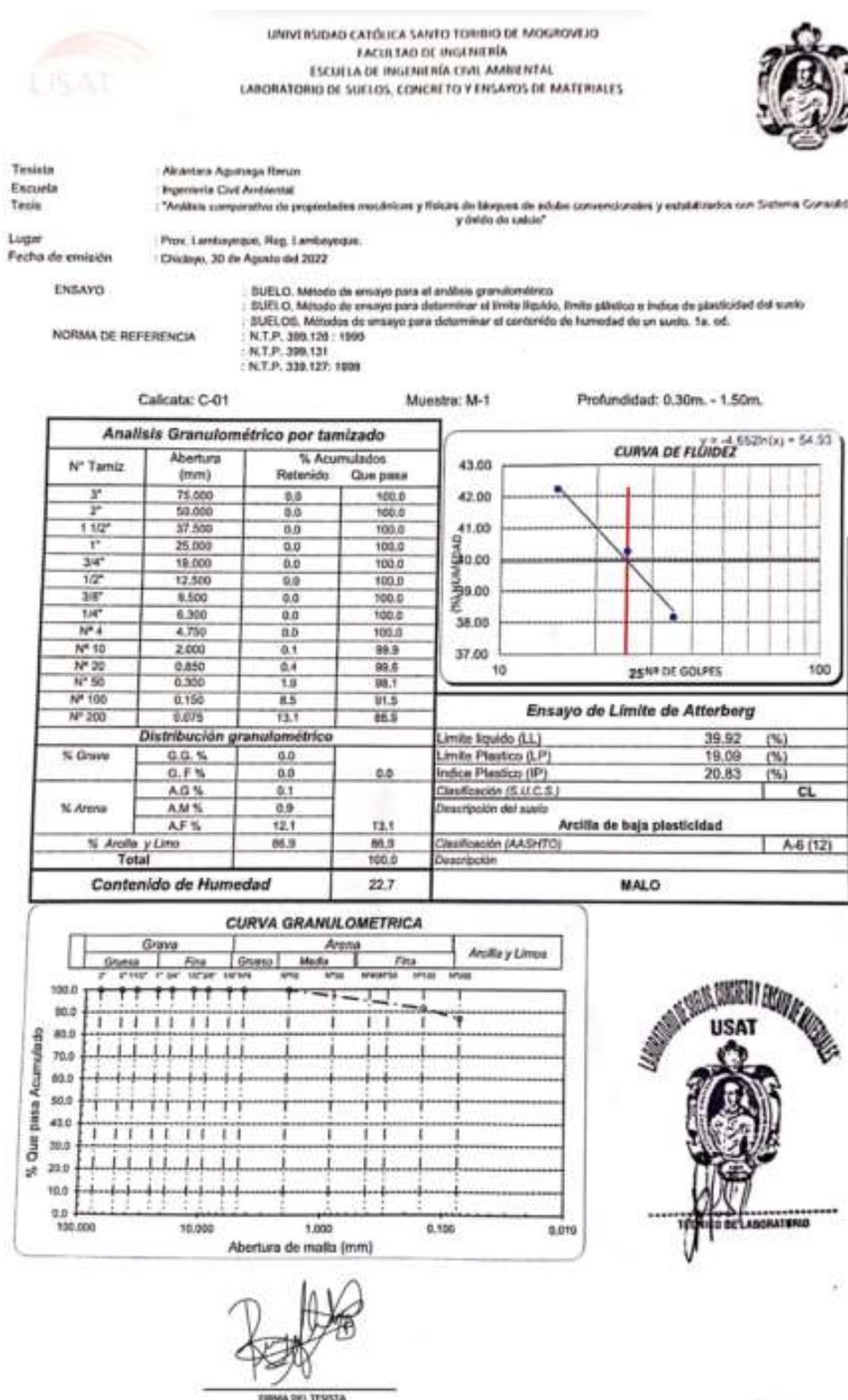


Fig. 93 Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad

Fuente: Propia (Formato USAT)

## Anexo 04: Resultados de ensayo de laboratorio: Proctor modificado A

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MORGON  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, EDIFICIO Y ENLAZOS DE MATERIALES

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-min) (56003 pie-ft/lot<sup>3</sup>)**  
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Testista : Alcántara Aguirre Jency  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Proyecto/Tesis : "Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas entre bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Geotextil y Ácido de calcio"  
 Ubicación : Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 30 de Agosto del 2022.

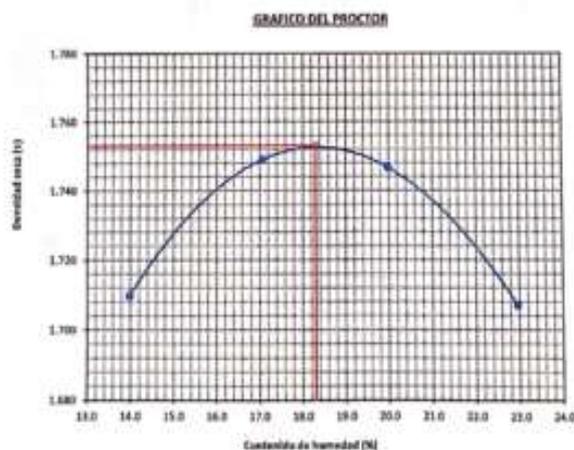
MUESTRA : M-1

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 5301	5391	5435	5438
Peso del molde	g. 3524	3524	3524	3524
Peso del suelo húmedo compactado	g. 1777	1867	1911	1914
Volumen del molde	cm <sup>3</sup> 911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm <sup>3</sup> 1.949	2.047	2.096	2.099

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 450.30	499.70	499.50	498.30
Peso del suelo seco + tara	g. 399.70	433.30	422.20	412.30
Peso de tara	g. 38.40	44.10	35.30	37.70
Peso de agua	g. 50.5	60.4	77.3	86
Peso de suelo seco	g. 361.3	389.2	386.9	374.6
Contenido de agua	% 14.0	17.1	20.0	23.0
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup> 1.710	1.749	1.747	1.707

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.753	g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	18.39	%



FIRMA DEL TESTISTA



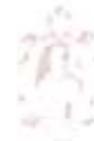
**Fig. 94** Ensayo Proctor modificado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

### Anexo 05: Resultados de ensayo de laboratorio: Compresión en cubos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 9 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	1060	11
02	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	1200	12
03	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	1320	13
04	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	1030	10
05	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	1400	14
06	CUBOS DE TIERRA A 28 DÍAS	100	920	9
Promedio				12

**NOTA:**

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 30/03/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 95 Ensayo de resistencia frente a la compresión en cubos de tierra*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

## Anexo 06: Resultados de ensayo de laboratorio: Brasileño de tracción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Alcántara Aguinaga Renzo  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Lugar : Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 9 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndicas

Código : ASTM C-39/30M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = [(2xP) / (3.1416 \times d^2 \times h)]$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	890	1
CP-02	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	870	1
CP-03	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	910	1
CP-04	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	750	1
CP-05	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	880	1
CP-06	CONCRETO 280 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE VIRUTAS DE ACERO OXIDADAS	12/10/2022	9/11/2022	15.00	30	870	1

### OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA DEL TESISTA



*Fig. 96 Ensayo brasileño de tracción en probetas de tierra*

Fuente: Propia (Formato USAT)

## Anexo 07: Resultados de ensayo de laboratorio: Resistencia frente a la compresión de bloques de adobe convencionales



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 30 de Septiembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	259	2330	9
02	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	276	2980	11
03	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	269	2570	10
04	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	250	2470	10
05	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	239	1600	7
06	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 14 DÍAS	260	2930	11

Promedio **10**

#### NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

#### OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 97** Ensayo de resistencia frente a la compresión a bloques de adobe convencionales a 14 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 14 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	284	4410	16
02	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	267	3890	15
03	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	259	2870	11
04	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	267	3150	12
05	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	277	4420	16
06	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL A 28 DÍAS	275	3640	13
Promedio				15

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

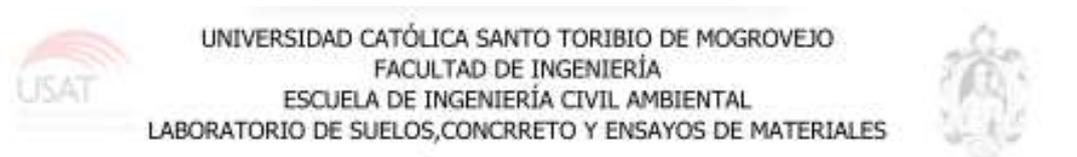
FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 98** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe convencionales a 28 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

**Anexo 08: Resultados de ensayo de laboratorio: Resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444**



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 5 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 390.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	260	4070	16
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	257	4550	18
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	261	4230	16
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	256	4440	17
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	265	4570	17
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 14 DÍAS	251	4390	18

Promedio	17
----------	----

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>u</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



FIRMA DEL TESISTA

**Fig. 99** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (dosificación 01) a 14 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 19 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	261	4460	17
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	256	4800	19
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	254	4880	19
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	261	4410	17
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	255	4940	19
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D01 A 28 DÍAS	258	4970	19
Promedio				19

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 100** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (dosificación 01) a 28 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 5 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	255	4700	18
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	249	4010	16
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	268	4880	18
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	262	4940	19
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	261	4690	18
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 14 DÍAS	250	4490	18
Promedio				18

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 101** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 02) a 14 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 19 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	253	3830	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	254	5240	21
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	243	4670	19
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	261	4100	16
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	256	5480	21
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D02 A 28 DÍAS	248	4670	19
Promedio				20

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 102** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 02) a 28 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 6 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	245	3510	14
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	267	3460	13
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	262	3810	15
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	242	3400	14
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	256	3430	13
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 14 DÍAS	237	3450	15
<b>Promedio</b>				<b>14</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 103** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 03) a 14 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 19 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Area bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	250	3760	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	260	3960	15
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	264	3640	14
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	255	3880	15
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	248	3840	16
06	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D03 A 28 DÍAS	254	3930	15

Promedio	15
----------	----

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 104** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 03) a 28 días de secado

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 5 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 14 DÍAS	255	3930	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 14 DÍAS	260	3360	13
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 14 DÍAS	249	3170	13
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 14 DÍAS	256	3330	13
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 14 DÍAS	256	3220	13
Promedio				13

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ac</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 105 Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 04) a 14 días de secado*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 19 de Octubre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 28 DÍAS	266	4080	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 28 DÍAS	258	3430	13
03	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 28 DÍAS	241	3100	13
04	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 28 DÍAS	254	3750	15
05	BLOQUE DE ADOBE CON CONSOLID 444 D04 A 28 DÍAS	256	3580	14
<b>Promedio</b>				<b>14</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 106** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 (Dosificación 04) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

**Anexo 09: Resultados de ensayo de laboratorio: Resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry**

	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES	
(Pág. 01 de 01)		

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 2 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	249	3780	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	257	5210	20
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	251	5020	20
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	246	4920	20
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	263	5100	19
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 14 DÍAS	245	4320	18
<b>Promedio</b>				<b>20</b>

**NOTA:**

- Ensayo realizado en ladrillo entero.
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 107** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 01) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 16 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	282	5780	20
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	267	5330	20
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	274	5580	20
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	271	5310	20
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	271	5770	21
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D01 A 28 DÍAS	276	6340	23
Promedio				<b>21</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 108** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 01) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 2 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	263	4630	18
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	285	4230	15
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	289	4120	14
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	287	4180	15
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	273	4720	17
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 14 DÍAS	276	4780	17

Promedio	17
----------	----

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



FIRMA DEL TESISTA

**Fig. 109** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 02) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 16 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Area bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	274	4970	18
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	275	4680	17
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	284	5090	18
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	274	4550	17
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	278	4990	18
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D02 A 28 DÍAS	274	4860	18

Promedio	18
----------	----

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



FIRMA DEL TESISTA

**Fig. 110** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 02) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 2 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	246	3550	14
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	243	3390	14
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	245	3360	14
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	261	3120	12
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	238	3560	15
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 14 DÍAS	263	3270	12
<b>Promedio</b>				<b>14</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruo: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



FIRMA DEL TESISTA

**Fig. 111** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 03) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 16 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	278	4250	15
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	286	4220	15
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	283	4160	15
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	275	3810	14
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	278	4310	15
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D03 A 28 DÍAS	278	3915	14
Promedio				15

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 FIRMA DEL TESISTA



*Fig. 112 Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 03) a 28 días*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 2 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	254	2930	12
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	253	2980	12
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	266	2840	11
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	266	2730	10
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	270	2490	9
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 14 DÍAS	262	3010	11

Promedio	11
----------	----

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 113** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 04) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 16 de noviembre de 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 - 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	284	3390	12
02	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	280	3020	11
03	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	284	2300	8
04	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	287	3540	12
05	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	280	3140	11
06	BLOQUE DE ADOBE CON SOLIDRY D04 A 28 DÍAS	288	3050	11
Promedio				12

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



FIRMA DEL TESISISTA

**Fig. 114** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Consolid 444 y Solidry (Dosificación 04) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

**Anexo 10: Resultados de ensayo de laboratorio: Resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio**



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 3 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	263	4120	16
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	264	5860	22
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	266	5780	22
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	269	5640	21
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	272	5810	21
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 14 DÍAS	275	5570	20

Promedio		21
----------	--	----

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 115** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 01) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 17 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.513 - 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	247	5950	24
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	260	5800	22
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	254	6010	24
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	259	5910	23
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	262	5290	20
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D01 A 28 DÍAS	259	5670	22
Promedio				23

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 116** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 01) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 3 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	270	5800	21
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	273	6050	22
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	270	5550	21
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	266	5910	22
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	264	5825	22
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 14 DÍAS	275	5760	21
Promedio				22

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rut: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 117** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 02) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 17 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	247	6100	25
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	248	6020	24
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	258	6080	24
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	274	5960	22
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	270	5790	21
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D02 A 28 DÍAS	243	6020	25
Promedio				<b>24</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 118** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 02) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 3 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.513 - 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	260	6180	24
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	262	5360	20
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	262	6070	23
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	264	6100	23
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	271	6240	23
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 14 DÍAS	288	5960	21
Promedio				23

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 119** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 03) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 17 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.513 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>11</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	247	6310	26
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	274	6250	23
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	244	6090	25
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	250	6160	25
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	274	6300	23
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D03 A 28 DÍAS	247	6330	26
<b>Promedio</b>				<b>25</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 120** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 03) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 3 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	278	6680	24
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	285	5820	20
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	277	5950	21
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	283	6550	23
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	268	6490	24
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 14 DÍAS	268	6600	25
Promedio				24

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL TESISISTA



**Fig. 121** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 04) a 14 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 17 de febrero de 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Resistencia a la compresión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.513 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	252	6850	27
02	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	258	6710	26
03	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	278	6600	24
04	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	283	6690	25
05	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	274	6750	25
06	BLOQUE DE ADOBE CON CAO D04 A 28 DÍAS	246	6590	27
Promedio				26

## NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- R<sub>ue</sub>: Resistencia a la compresión en unidad entera.

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL TESISTA



**Fig. 122** Ensayo de resistencia frente a la compresión de bloques de adobe estabilizados con Sistema Consolid y CaO (Dosificación 04) a 28 días

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

## Anexo 11: Resultados de ensayo de laboratorio: Módulo de rotura

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesis: Alvarado Aguirre Rocio  
 Atención: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Proyecto: Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Conosid y duto de caliza  
 Lugar: Prov. Lambayeque, Tq. Lambayecan  
 Fecha de presentación: Chiclayo, 9 de noviembre del 2022

Norma: N.T.P. 388.613 - 2017  
 Título: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Módulo de rotura (Ensayo de Flexión)

Muestra Nº	Denominación de Especimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Especimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
01	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	8335.61	28	2.1	20.97	14.43
02	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	5187.498	28	1.4	13.87	
03	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	4511.036	28	1.1	10.71	
04	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	5862.026	28	1.5	15.42	
05	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	5883.96	28	1.4	14.67	
06	BLOQUE DE ADOBE CONVENCIONAL	12/10/2022	9/11/2022	5187.498	28	1.4	13.77	

  
 FIRMA DEL TESISISTA

  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Fig. 123 Ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



Técnico : Alcántara Aguirre Rendo  
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Proyecto : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y estabilizados con Sistema Conesid y óxido de calcio  
 Lugar : Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque  
 Fecha de presentación : Chiclayo, 20 de febrero del 2023  
 Norma : N.T.P. 399.813 - 2017  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Módulo de rotura (Ensayo de Flexión)

Muestra N°	Denominación de Especimen	Fecha de	Fecha de	Carga (N)	Antigüedad del Especimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Vaciado	Ensayo					
01	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	8041.412	28	2,0	19,96	20,97
02	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	8237.544	28	2,0	20,76	
03	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	8041.412	28	2,1	21,28	
04	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	8335.61	28	2,1	21,87	
05	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	7158.818	28	1,7	16,99	
06	BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO	23/01/2023	20/02/2023	7943.346	28	1,9	18,90	

  
 FIRMA DEL TÉCNICO



**Fig. 124** Ensayo de módulo de rotura a bloques de adobe estabilizados

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

## Anexo 12: Resultados de ensayo de laboratorio: Alabeo

### INFORME DE ENSAYO N° 3720-6

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1727 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante:

ALABEO EN LADRILLOS				
% Desfite	BLOQUES DE ADOBE CONVENCIONALES			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
MUESTRA	mm		mm	
# / CÓDIGO	mm			
M - 1	1.50	0.00	1.30	0.00
M - 2	0.00	2.30	1.00	0.00
M - 3	2.20	0.00	0.00	2.60
M - 4	0.00	3.00	0.00	1.60
M - 5	0.00	1.50	0.00	2.20
M - 6	3.30	0.00	1.50	0.00
M - 7	4.70	0.00	0.00	2.10
M - 8	3.70	0.00	0.00	2.00
M - 9	0.00	3.00	1.60	0.00
M-10	3.50	0.00	0.50	0.00
PROMEDIO	1.89	0.98	0.59	1.05
D. EST. (%)	1.83	1.33	0.69	1.13

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 125 Ensayo de alabeo de bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

**INFORME DE ENSAYO N° 3720-6**

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1727 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Tesis : Análisis comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 22 de Febrero del 2023

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 398.613 : 2005

Fabricante:

ALABEO EN LADRILLOS				
MUESTRA	BLOQUES DE ADOBE CONVENCIONALES			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
# / CÓDIGO	mm		mm	
M - 1	0.00	1.20	0.00	1.00
M - 2	1.50	0.00	0.00	1.20
M - 3	0.00	1.00	1.50	0.00
M - 4	2.10	0.00	0.00	1.50
M - 5	1.60	0.00	1.00	0.00
M - 6	0.00	1.00	1.00	0.00
M - 7	0.00	1.40	1.60	0.00
M - 8	2.00	0.00	1.90	0.00
M - 9	2.20	0.00	0.00	1.00
M-10	1.00	0.00	1.20	0.00
PROMEDIO	<b>1.04</b>	<b>0.46</b>	<b>0.82</b>	<b>0.47</b>
D. EST. (%)	<b>0.96</b>	<b>0.60</b>	<b>0.76</b>	<b>0.62</b>

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISTA



*Fig. 126 Ensayo de alabeo de bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

### Anexo 13: Resultados de ensayo de laboratorio: Absorción


**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**


(Pág. 01 de 01)

Testista : Alcántara Aguinaga Renzo  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis Comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 20 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Bloques de adobe convencionales	4368	3295	32.6
02	Bloques de adobe convencionales	4223	3153	33.9
03	Bloques de adobe convencionales	4434	3348	32.4
04	Bloques de adobe convencionales	4460	3340	33.5
05	Bloques de adobe convencionales	4482	3390	32.2
Promedio				<b>32.9</b>

**DONDE:**

- G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 1 HORA DE INMERSION EN AGUA FRÍA, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISTA



*Fig. 127 Ensayo de absorción de bloques de adobe convencionales*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Alcántara Aguinaga Renzo  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis Comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 22 de Febrero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2008

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Bloques de adobe estabilizados	3482	3160	10.2
02	Bloques de adobe estabilizados	3548	3221	10.2
03	Bloques de adobe estabilizados	3580	3272	9.4
04	Bloques de adobe estabilizados	3638	3312	9.8
05	Bloques de adobe estabilizados	3624	3297	9.9
<b>Promedio</b>				<b>9.9</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 1 HORA DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 128 Ensayo de absorción de bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)

## Anexo 14: Resultados de ensayo de laboratorio: Succión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Alcántara Aguinaga Renzo  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis Comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio.  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 19 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Succión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	S (%)
01	Bloques de adobe convencionales	3372	3331	26.2
02	Bloques de adobe convencionales	3402	3369	20.9
03	Bloques de adobe convencionales	3338	3299	24.4
04	Bloques de adobe convencionales	3388	3356	20.3
05	Bloques de adobe convencionales	3393	3355	24.3
<b>Promedio</b>				<b>23.2</b>

### DONDE:

- G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 1 MINUTIO DE INMERSION EN AGUA FRIA DE 3 MM DE LA BASE DE LA UNIDAD,  
 G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS  
 A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

### OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 129* Ensayo de succión de bloques de adobe convencionales

**Fuente:** Propia (Formato USAT)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Alcántara Aguinaga Renzo  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis Comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 22 de Febrero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Succión  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	S (%)
01	Bloques de adobe estabilizados	3162	3130	20.5
02	Bloques de adobe estabilizados	3300	3278	14.1
03	Bloques de adobe estabilizados	3256	3228	17.9
04	Bloques de adobe estabilizados	3296	3286	6.4
05	Bloques de adobe estabilizados	3188	3152	21.8
Promedio				<b>16.1</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 1 MINUTUO DE INMERSION EN AGUA FRIA DE 3 MM DE LA BASE DE LA UNIDAD,

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 130 Ensayo de succión de bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : ALCÁNTARA AGUINAGA RENZO  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis Comparativo de propiedades mecánicas y físicas de bloques de adobe convencionales y bloques estabilizados con Sistema Consolid y óxido de calcio  
 Ubicación : Lambayeque, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 22 de Febrero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 NORMATIVA : NORMA N.T.P. 399.613 - 2005

Fabricante:

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Bloques de adobe estabilizados	224.00	116.75	77.25
02		221.25	115.50	77.50
03		226.00	113.25	80.00
04		225.25	114.00	80.75
05		227.25	115.00	78.50
06		227.00	118.75	82.00
07		222.50	117.25	80.00
08		228.75	120.00	82.00
09		223.25	116.25	80.50
10		228.00	117.00	78.25
PROMEDIO		<b>225.33</b>	<b>116.38</b>	<b>79.68</b>
C.V.		<b>1.11%</b>	<b>1.77%</b>	<b>2.17%</b>

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 FIRMA DEL TESISISTA



*Fig. 132 Ensayo de variación dimensional a bloques de adobe estabilizados*

**Fuente:** Propia (Formato USAT)