



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTADA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**

**Caracterización física y mecánica de los ladrillos de  
tierra comprimida estabilizados con cemento**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
CIVIL**

**Autora:**

**Bach. Rojas Molina, Miriam Rocio**

**ORCID: 0000-0002-0420-1040**

**Asesor:**

**Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl**

**<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

**Línea de investigación:**

**Infraestructura, tecnología y medio ambiente**

**Pimentel-Perú**

**2023**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LOS LADRILLOS DE TIERRA  
COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CEMENTO**

**Aprobación del jurado**

---

DR. MARÍN BARDALES NOÉ HUMBERTO

**Presidente del Jurado de tesis**

---

MG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

**Secretario de Jurado de tesis**

---

MG. SALINAS VÁSQUEZ NÉSTOR RAÚL

**Vocal del Jurado de tesis**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresada del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LOS LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CEMENTO.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

|                           |          |   |
|---------------------------|----------|---|
| Rojas Molina Miriam Rocio | 45313491 |  |
|---------------------------|----------|---|

\* Porcentaje de similitud turnitin:19%

Pimentel, 28 de abril del 2023

NOMBRE DEL TRABAJO  
**ROJAS MOLINA - recortada.docx**

---

|  |   |
|--|---|
| RECuento DE PALABRAS<br><b>15705 Words</b>           | RECuento DE CARACTERES<br><b>80028 Characters</b>     |
| RECuento DE PÁGINAS<br><b>90 Pages</b>               | TAMAÑO DEL ARCHIVO<br><b>4.5MB</b>                    |
| FECHA DE ENTREGA<br><b>Jun 9, 2023 8:06 AM GMT-5</b> | FECHA DEL INFORME<br><b>Jun 9, 2023 8:08 AM GMT-5</b> |

---

● **19% de similitud general**  
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

## Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios y mi familia quienes han sido parte fundamental para poder concluir mi carrera profesional.

**Rojas Molina Miriam Rocio**

## **Agradecimiento**

A la plana de docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, que contribuyeron en mi formación académico profesional, con sus enseñanzas y sabios consejos me guiaron en el trayecto de la vida universitaria.

**Rojas Molina Miriam Rocio**

# Índice

|   |    |
|---|----|
| Agradecimiento.....   | v  |
| Índice .....  | vi |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| 1.1 Realidad Problemática.....  | 1  |
| 1.2 Formulación del problema .....  | 10 |
| 1.3 Hipótesis .....   | 11 |
| 1.4 Objetivos .....   | 11 |
| 1.5 Teorías relacionadas al tema .....  | 11 |
| II. MATERIAL Y MÉTODO .....   | 20 |
| 2.1 Tipo y diseño de investigación .....  | 20 |
| 2.2 Población y Muestra .....   | 21 |
| 2.6 Criterios éticos .....  | 46 |
| 2.7 Principios de rigor científico.....   | 47 |
| 2.8 Recursos y presupuesto .....  | 48 |
| III. RESULTADOS .....   | 49 |
| 3.1 Resultados en tablas y figuras. ....  | 50 |
| 3.2 Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida. ....   | 58 |
| 3.3 Características físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida<br>estabilizadas con cemento (LTCEC)..... | 64 |
| 3.4 Porcentaje óptimo de cemento en el proceso de estabilización del suelo, para la<br>fabricación de ladrillos. ....   | 77 |
| 3.3 Discusión de los resultados .....   | 82 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 89 |
| 4.1 Conclusiones.....   | 89 |
| 4.2 Recomendaciones .....   | 90 |
| ANEXOS.....   | 96 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo del proceso de la investigación .....                         | 27 |
| <b>Figura 2.</b> Material que será pasado por las mallas .....                                   | 29 |
| <b>Figura 3.</b> Medición del material .....   | 31 |
| <b>Figura 4..</b> Ensayo en la copa Casagrande.....  | 32 |
| Figura 5. Proceso del ensayo del límite plástico .....   | 33 |
| <b>Figura 6.</b> Selección y tamizado del suelo a utilizar .....                                 | 36 |
| Figura 7. Mezclado homogéneo del suelo cemento y agua.....                                       | 36 |
| Figura 8. Modelo de la máquina para comprimir los ladrillos de tierra.....                       | 37 |
| <b>Figura 9.</b> Secado de los ladrillos compactados estabilizados con cemento .....             | 38 |
| <b>Figura 10.</b> Especímenes para el ensayo de variación dimensional .....                      | 39 |
| <b>Figura 11.</b> Especímenes para el ensayo de alabeo .....                                     | 39 |
| Figura 12. Ensayo de absorción del espécimen.....  | 41 |
| <b>Figura 13.</b> Ensayo de compresión de los especímenes .....                                  | 43 |
| <b>Figura 14.</b> Ensayo de resistencia a la flexión de los especímenes.....                     | 44 |
| <b>Figura 15.</b> Características de las pilas .....   | 45 |
| <b>Figura 16.</b> Elaboración de las pilas considerando 3 hileras .....                          | 45 |
| <b>Figura 17.</b> Características de muretes .....   | 46 |
| <b>Figura 18.</b> Ubicación de áreas de extracción de suelos .....                               | 49 |
| <b>Figura 19.</b> Curva granulométrica del suelo de Ferreñafe .....                              | 51 |
| <b>Figura 20.</b> Análisis granulométrico del suelo de Pomalca.....                              | 52 |
| <b>Figura 21.</b> Análisis granulométrico del suelo de Reque .....                               | 53 |
| <b>Figura 22.</b> Porcentaje del contenido de humedad .....                                      | 54 |
| <b>Figura 23.</b> Porcentaje del resultado del límite líquido.....                               | 55 |
| <b>Figura 24.</b> Resultados del ensayo de limite plástico de los suelos .....                   | 56 |
| <b>Figura 25.</b> Resultado del índice de plasticidad de los suelos.....                         | 56 |
| <b>Figura 26.</b> Clasificación del suelo de Ferreñafe, Pomalca y Reque.....                     | 58 |
| <b>Figura 27.</b> Ensayo de Proctor con 0% de cemento .....                                      | 58 |
| <b>Figura 28.</b> Porcentaje del ensayo de absorción.....  | 59 |
| <b>Figura 29.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión .....                     | 61 |
| <b>Figura 30.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.....                         | 61 |
| <b>Figura 31.</b> Ensayo de resistencia a la compresión de pilas .....                           | 62 |
| <b>Figura 32.</b> Ensayo de resistencia a la compresión de muretes.....                          | 63 |
| <b>Figura 33.</b> Resultados del ensayo de Proctor modificado con estabilización .....           | 65 |
| <b>Figura 34.</b> Ensayo del contenido de absorción con material estabilizado .....              | 66 |
| <b>Figura 35.</b> Resultados del ensayo de variación dimensional. ....                           | 67 |
| <b>Figura 36.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados 5% de cemento ....  | 69 |
| <b>Figura 37.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados 8% de cemento ....  | 70 |
| <b>Figura 38.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados 12% de cemento ..   | 70 |
| <b>Figura 39.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados 15% de cemento ..   | 72 |
| <b>Figura 40.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados 18% de cemento ..   | 73 |
| <b>Figura 41.</b> Resultados Promedio del ensayo de compresión de los especímenes .....          | 74 |
| <b>Figura 42.</b> Resistencia a la flexión de los ladrillos estabilizados .....                  | 75 |
| <b>Figura 43.</b> Resistencia a la compresión de pilas estabilizadas con cemento .....           | 76 |
| <b>Figura 44.</b> Resistencia a la compresión de muretes estabilizados con cemento. ....         | 77 |
| <b>Figura 45.</b> Resultado de los porcentajes de absorción de los ladrillos estabilizados ..... | 78 |
| <b>Figura 46.</b> Resultados de los porcentajes de resistencia a la flexión.....                 | 80 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 47.</b> Resultado de los porcentajes de la resistencia a la compresión de pilas. ....        | 81 |
| <b>Figura 48.</b> Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión de muretes.<br>..... | 82 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla I</b> Suelos calificados .....  | 15 |
| <b>Tabla II</b> Especificaciones de agregados .....  | 15 |
| <b>Tabla III.</b> Rangos de tolerancia de los límites de consistencia mencionados .....                        | 16 |
| <b>Tabla IV</b> Normas internacionales para el criterio de evaluación del contenido de absorción. ....         | 17 |
| <b>Tabla V.</b> Cantidad de ladrillos comprimidos estabilizados con cemento .....                              | 21 |
| <b>Tabla VI.</b> Dosificaciones para la elaboración del espécimen.....   | 35 |
| <b>Tabla VII.</b> Presupuesto del material empleado para la elaboración de los especímenes.                    | 48 |
| <b>Tabla VIII.</b> Presupuesto de traslado de material .....   | 48 |
| <b>Tabla IX</b> Análisis de granulometría del suelo de Pomalca.....  | 50 |
| <b>Tabla X</b> Análisis granulométrico del suelo de Ferreñafe.....   | 51 |
| <b>Tabla XI</b> Análisis granulométrico del suelo de Reque.....  | 52 |
| <b>Tabla XII</b> Contenido de humedad .....  | 54 |
| <b>Tabla XIII</b> Límite líquido de los suelos .....   | 55 |
| <b>Tabla XIV</b> .Ensayo de límite plástico .....  | 56 |
| <b>Tabla XV</b> Resultados del índice de plasticidad .....   | 57 |
| <b>Tabla XVI</b> Porcentaje de absorción. ....   | 59 |
| <b>Tabla XVII</b> Ensayo de resistencia a la compresión de la unidad de ladrillo con 0% de cemento. ....       | 60 |
| <b>Tabla XVIII</b> Ensayo de resistencia a la flexión con 0% de cemento .....                                  | 61 |
| <b>Tabla XIX</b> Resistencia a la compresión de pilas con 0% de cemento.....                                   | 62 |
| <b>Tabla XX</b> Resistencia a la compresión de muretes con 0% de cemento .....                                 | 63 |
| <b>Tabla XXI</b> Ensayo de Proctor modificado con adicción de cemento .....                                    | 64 |
| <b>Tabla XXII</b> Ensayo de absorción de los ladrillos comprimidos estabilizados con cemento .....             | 65 |
| <b>Tabla XXIII.</b> Ensayo de variación dimensional de los ladrillos de tierra .....                           | 66 |
| <b>Tabla XXIV.</b> Ensayo de Alabeo .....  | 68 |
| <b>Tabla XXV.</b> Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 5% de cemento (LTCEC) ..                    | 69 |
| <b>Tabla XXVI</b> Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 8% de cemento (LTCEC) ..                    | 70 |
| <b>Tabla XXVII.</b> Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 12% de cemento (LTCEC). ....              | 71 |
| <b>Tabla XXVIII.</b> Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 15% de cemento (LTCEC). ....             | 72 |
| <b>Tabla XXIX.</b> Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 18% de cemento (LTCEC). ....               | 72 |
| <b>Tabla XXX</b> Resistencia a la flexión de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados de cemento ..... | 74 |
| <b>Tabla XXXI</b> Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos de tierra estabilizados.               | 75 |
| <b>Tabla XXXII.</b> Compresión diagonal de muretes con estabilización de cemento .....                         | 76 |

## Índice de fórmulas

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. Formula de resistencia a la compresión.....         | 19 |
| Ecuación 2. Fórmula % retenidos en granulometría.....           | 29 |
| Ecuación 3. Fórmula del contenido de humedad (%).....           | 30 |
| Ecuación 4. Formula del Índice de plasticidad .....             | 33 |
| Ecuación 5. Fórmula densidad seca .....                         | 34 |
| Ecuación 6. Fórmula de la variación dimensional (%).....        | 38 |
| Ecuación 7. Fórmula de cálculo de $f'_c$ de resistencia .....   | 42 |
| Ecuación 8. Formula de módulo de rotura (MPa).....              | 44 |
| Ecuación 9. Formula del esfuerzo a la compresión en pilas ..... | 44 |
| Ecuación 10. Formula del ensayo de compresión de muretes. ....  | 46 |

## Resumen

La presente investigación se basa en estudiar un material constructivo alternativo, llamado ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento, con la finalidad de promover el uso de este tipo de material en las zonas rurales como alternativa. Para el desarrollo de esta investigación se estudió tres tipos de suelo (Pomalca, Reque y Ferreñafe), de los cuales se escogió el suelo de Ferreñafe por que cumplía con las características adecuadas para la elaboración de los especímenes, Se tuvo como objetivo evaluar las características físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento, considerando 0%, 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, se pudo apreciar con el porcentaje de 0% no se realizó ningún tipo de ensayo debido a que los especímenes se desmoronaban, los ensayos se realizó con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento los cuales presentaron buenos resultados de resistencia a la compresión a los 28 días, obteniendo 29.61 kg/cm<sup>2</sup>, 33.39 kg/cm<sup>2</sup>, 40.96 kg/cm<sup>2</sup>, 52.90 kg/cm<sup>2</sup> y 60.45 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, en cuanto a la resistencia a la flexión se obtuvo como resultados 27.97 kg/cm<sup>2</sup>, 31.02 kg/cm<sup>2</sup>, 32.49 kg/cm<sup>2</sup>, 36.15 kg/cm<sup>2</sup> y 41.95 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, en cuanto al ensayo de resistencia de pilas se obtuvo los resultados de 27.97 kg/cm<sup>2</sup>, 31.02 kg/cm<sup>2</sup>, 32.49 kg/cm<sup>2</sup>, 36.15 kg/cm<sup>2</sup> y 41.95 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y por ultimo resistencia diagonal de muretes se obtuvo resultados de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>, 4.40 kg/cm<sup>2</sup>, 5.63 kg/cm<sup>2</sup>, 6.23 kg/cm<sup>2</sup> y 6.91 kg/cm<sup>2</sup> y se llegó a la conclusión que los resultados obtenidos de 15% y 18% de cemento están dentro de los parámetros mínimos de la Norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

**Palabras claves:** suelo, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, cemento y ladrillos

## Abstract

This research is based on the study of an alternative construction material, called compressed earth bricks stabilized with cement, with the purpose of promoting the use of this type of material in rural areas as an alternative. For the development of this research, three types of soil were studied (Pomalca, Reque and Ferreñafe), of which the Ferreñafe soil was chosen because it had the adequate characteristics for the elaboration of the specimens. The objective was to evaluate the physical and mechanical characteristics of the bricks of compressed earth stabilized with cement, considering 0%, 5%, 8%, 12%, 15% and 18% of cement, it could be appreciated with the percentage of 0% no tests were performed because the specimens crumbled, the tests were performed with 5%, 8%, 12%, 15% and 18% of cement which presented good results of compressive strength at 28 days, obtaining 29.61 kg/cm<sup>2</sup>, 33.39 kg/cm<sup>2</sup>, 40.96 kg/cm<sup>2</sup>, 52.90 kg/cm<sup>2</sup> and 60.45 kg/cm<sup>2</sup> respectively, as for the flexural strength were obtained as results 27.97 kg/cm<sup>2</sup>, 31.02 kg/cm<sup>2</sup>, 32.49 kg/cm<sup>2</sup>, 36.15 kg/cm<sup>2</sup> and 41.95 kg/cm<sup>2</sup> respectively, as for the pile strength test the results of 27.97 kg/cm<sup>2</sup>, 31.02 kg/cm<sup>2</sup>, 32.49 kg/cm<sup>2</sup>, 36.15 kg/cm<sup>2</sup> and 41.95 kg/cm<sup>2</sup> respectively and finally diagonal resistance of walls, results of 3.56 kg/cm<sup>2</sup>, 4.40 kg/cm<sup>2</sup>, 5.63 kg/cm<sup>2</sup>, 6.23 kg/cm<sup>2</sup> and 6.91 kg/cm<sup>2</sup> were obtained and it was concluded that the results obtained of 15% and 18% of cement are within the minimum parameters of the E.080 Standard "Design and construction with reinforced earth"

.

**Keywords:** soil, compressive strength, flexural strength, cement and bricks

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

Touré et al. [1] en África, los ladrillos de tierra comprimidos estabilizados se usan cada vez más en las construcciones, el problema que presentan estas unidades de albañilería es la dificultad de calcular la conducta térmica y la sostenibilidad de edificios hechos de ladrillos de tierra. Islam et al. [2] con el paso del tiempo los elementos de construcción comúnmente utilizados como los aceros, el agente cementante y los agregados de ladrillos suman al aumento de carbono, que se está convirtiendo en un desafío para la comunidad. Al indicar materiales de construcción, se consideran bloque de concreto y ladrillos de arcilla de fuego. Esto está produciendo la emisión de dióxido de carbono, ocasionando la contaminación ambiental y la alta energía. Bradley et al. [3] en la actualidad existe mucha demanda de viviendas en los países de desarrollo, ocasionando la acelerada urbanización que ejerce una influencia significativa sobre la infraestructura existente. La provisión de viviendas es un problema considerable, en vista que se buscan elaborar viviendas económicas teniendo en cuenta que estas deben ser durables, sostenibles y proporcionar una habitabilidad. También existe la preocupación de encontrar un recurso que incorpora materiales de bajo costo local y estructuralmente. Ayyappan et al. [4] el adobe de tierra más remoto hecho de paja y barro, secados al sol, tiene poca durabilidad y resistencia. Dichas propiedades se desarrollan en ladrillos de arcilla cocida, pero el procedimiento de elaboración requiere considerables cantidades de combustibles fósiles y genera un incremento en la contaminación ambiental, estos problemas vinculados con el material de construcción sostenible orientaron al diseño de ladrillo de tierra comprimida estabilizados. Ammari et al. [5] la técnica del bloque de tierra comprimido y ladrillos de adobe se fabrican con estabilizantes, el cemento es el común seguido de la cal y las fibras. Sin embargo, los resultados de esta estabilización están en función de las

composiciones mineralógicas de las tierras a utilizar. El desconocimiento de la textura granular y los componentes mineralógicos de la tierra pueden generar un alto costo de inversión en estabilizadores.

Khadka [6] las demandas de las viviendas hoy en día se han incrementado debido al aumento de la población, por mucho tiempo este ha sido un problema que tiene como efecto la contaminación ambiental. Desde una construcción compleja a una simple debido a los materiales que se usan, estos materiales no solo consumen energía y recursos masivos en el ciclo de vida. Sino también deterioran y contaminan el medio ambiente liberando desechos sólidos, una enorme cantidad de polvo y gases de efecto. Con la necesidad de brindar una solución próxima en forma de materiales sostenibles, se elige la tierra apisonada como solución donde se emplea suelo natural como constituyente primario con o sin un estabilizante de cemento. Meza [30] señala el gran problema que tienen los ladrillos de tierra, son fabricados de un material con facilidad a erosionarse por causa del efecto físicos de la lluvia, debido a que están elaborados de tierra cruda, esto conlleva en las diferentes regiones del Perú, se están elaborando ladrillos estabilizados con una proporción del 20% de cemento. Sin embargo, para producir estos ladrillos compromete un elevado costo económico de producción. More [7] el adobe es un material muy trascendental debido a sus años de usos por en la construcción de viviendas, por las diversas alteraciones que estos ocasionan al estar en contacto con el agua, una de ellas son las inundaciones de tipo fluvial y precipitaciones que originan que los adobes sean un material muy vulnerable, debido a los componentes que lo integran al estar constantemente en contacto con la humedad, fomentando la desintegración de los elementos, ocasionando a dicho adobe que se vuelva una masa sencilla y pastosa, decreciendo su resistencia e induciendo al colapso de la infraestructura. Álvarez [28] la exigencia de las zonas en desarrollo por la utilización de la tierra como factor de construcción, ha impulsado a los investigadores al estudio constante del sistema de construcción buscando que sea

sostenible, resistentes y económicos. Entre las más resaltantes son las fabricaciones unidades de tierra comprimida que es de bajo costo y beneficia a las regiones de más vulnerables económicamente. Los ladrillos comprimidos son elaborados a base de tierra teniendo en cuentas con algunas características granulométricas, geométricas y propiedades mecánicas y físicas, estos bloques son compactados de forma definida dentro de unos moldes de una máquina.

Paytan y Pérez [8] los materiales de construcción de viviendas convencionales (acero, ladrillos y agregados), en la actualidad son demasiado costosos y estos se van incrementando según con el paso del tiempo, cabe recalcar que el incremento de dichos materiales se observa con más auge en las zonas rurales. Las familias de escasos recursos económicos generalmente construyen ellos mismos sus viviendas, y por lo general lo hacen con el suelo donde se ubicará su construcción, es por ello que inicia la idea de reforzar y estabilizar el suelo con el fin de obtener ladrillos resistentes y durables a los diferentes agentes externos, empleando materiales que está a su disponibilidad y al alcance de su economía. Pozo [9] las tendencias que tienen los seres humanos a construir y edificar, esto viene generando un problema debido a la falta de información en el empleo de las normas y procedimientos para la fabricación de ladrillos, para construir se requiere un material adecuado y uniforme, que siendo acomodado o apilado correctamente se puede construir una vivienda, por esa razón aparece el ladrillo con forma definida, de fácil fabricación y la materia prima utilizada que está disponible en situ, asimismo toda actividad realizada por los individuos genera contaminación y la fabricación de ladrillo no se encuentra exento, en tal sentido debemos conocer cuáles son los impactos ambientales generado por esta actividad productiva. Medina [10] debido al deterioro ambiental y los factores climáticos que afectan directamente a la naturaleza, por el proceso de su manufactura de los ladrillos de arcilla cocido, esta problemática viene generando una preocupación, por tal motivo plantea un diseño de bloques de tierra estabilizados con cemento, que

cumpla con los parámetros de la Norma de adobe E.070, lo que permitirá desarrollar una alternativa de construcción para las regiones de escasos recursos. Cruz [11] menciona que los tabiques, parapetos y los cercos trabajan con una carga perpendicular al plano que los contiene, esta falla se puede evidenciar grietas diagonales, grietas horizontales y fallas que presentan en la gran mayoría en las esquinas del ladrillo, estos son problemas muy serios que comúnmente se evidencian en las construcciones que emplean ladrillo de arcilla artesanal, sus principales características son resistencia inadecuada, alabeo exagerado debido a que sus medidas tienen una mucha variación, también presenta partículas extrañas no recomendables y algunos de estos materiales no cumplen con las especificaciones de la NTP.

Sore et al., [12] su investigación de “Stabilization of compressed earth blocks (CEBs) by geopolymer binder based on local materials from Burkina Faso”. Su objetivo es evaluar la estabilización de los ladrillos de tierra comprimidos con aglutinantes de geopolímeros y comparar con ladrillos estabilizados con cemento portland; y con ladrillos sin estabilizador, tomando como muestra porcentajes de 10, 15 y 20% de geopolímeros, y para ladrillos de cemento el 8% obteniendo como resultado que los ladrillos con geopolímeros presentan un buen rendimiento mecánico y con propiedades térmicas parecidas a los ladrillos sin estabilizar, llegando a la conclusión que para un contenido de geopolímero de 15% presenta propiedades similares a los ladrillos estabilizados con cemento, particularmente en referencia a la estabilidad en el agua. En el caso de Islam et al., [2] en su investigación de “Strength and Durability Characteristics of Cement-Sand Stabilized Earth Blocks”, su objetivo fue evaluar el rendimiento de los bloques de tierra (CSEB) elaborados con suelos finos, en la cual utilizaron 4 a 9 % de cemento y de 20 a 70% de arena fina, consideraron una muestra de 180 ladrillos para sus ensayos, sus resultados óptimos obtienen con la combinación de 50% de arena y 4 a 6% de cemento y con un contenido de 60% arena con 6-8% de

cemento, concluye que si las arenas excede en cantidad con respecto a la cantidad de cemento, este no podrá formar enlaces con geles de cemento, por lo tanto su resistencia decrece. Por parte de (Cabrera et al., 2020) investigo acerca de los “Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación del impacto ambiental y su resistencia a compresión”, su objetivo fue evaluar la incidencia ambiental y la caracterización mecánica de los Bloques de tierra con cal hidratada y cemento, donde consideraron 12 muestras estabilizados con diferentes dosificaciones de 5 y 10% de cemento y cal, el resultado de los bloques estabilizados con cal un 95% de su resistencia es igual a un bloque sin estabilización, por el contrario los bloques estabilizados con cemento presentaron resistencias superiores, concluyen que los bloques estabilizados con cal no aumenta sus propiedades de resistencia a compresión pero acrecienta el efecto negativo del ambiente, en caso de los bloques estabilizados con cemento con un 5% se obtiene una mejora considerable en la resistencia, al final considera que los ladrillos estabilizados con cal o cemento, generan la disminución del impacto ambiental. Con respecto a Ramos y López [37] en su estudio “El Ladrillo de Bloque de Tierra Comprimida (LTC) : una alternativa para reducir la carga ambiental”, su objetivo es determinar la resistencia de un material alternativo llamado ladrillos de tierra comprimida, tomo como muestra ladrillos de tierra comprimida y cal, ambos fueron comparados, el resultado que obtuvo de los ladrillos tradicionales  $70.3 \text{ kg/cm}^2$  y de los LTC con adición de cemento alcanzo una resistencia de  $105.46 \text{ kg/cm}^2$ , concluye que los LTC estabilizado con cemento cumple con los requisitos estructurales y según el tipo de absorción se clasifica como de intemperismo moderado, esta clase de ladrillo es una alternativa favorable con el medio ambiente. Por parte de Ameen et al. [13] en su investigación “Production of earth units compressed and stabilized by using cement and pozzolana” plantearon el objetivo de acrecentar la resistencia de los ladrillos a partir de suelos estabilizados, tomo muestra tierra mezclada con arena y estabilizada con un porcentaje de humo de cemento y

sílice. Los resultados obtenidos varía de acuerdo al porcentaje empleado de cemento y sílice, cuanto mayor sea el porcentaje añadido de cemento y sílice al suelo, este mejorara sus características físicas y mecánicas del ladrillo, y se considerara a las unidades de tierra comprimida y estabilizadas como materiales de construcción ecológica porque son productos que no se quema, por lo tanto no es necesario tener carbón o electricidad para la elaboración de estos ladrillos, llegaron a la conclusión que los ladrillos elaborados con cemento y sílice tienen una contribución al reducir la absorción de agua en el ladrillo. Según Chen [57] en su estudio “Mechanical and Thermal Behaviors of Cement Stabilized Compressed Earth Bricks”. Su propósito principal fue describir las características mecánicas y térmicas de los ladrillos de tierra prensada estabilizada con cemento, y sus resultados experimentales muestran que las propiedades de compresión de los ladrillos estabilizados con cemento, están correlacionados negativamente con la relación de aglutinante de agua, y correlacionados positivamente con el cemento, en cuanto a la conductividad térmica con el cemento es relativamente pequeña, al final concluye que las propiedades mecánicas se pueden caracterizar por el índice de conductividad térmica. En el caso de Herrera [49] en su investigación “Modelamiento Numérico del Comportamiento Sísmico de Viviendas de Mampostería con Bloques de Tierra Comprimida”. Su finalidad fue analizar cómo se comporta una edificación con bloques de tierra prensada ante los movimientos sísmicos, que anteriormente fue en una mesa vibratoria, usando tecnología de macro-modelamiento. El elemento con la cual se producen los bloques está basado en la combinación del estabilizador y el suelo. El estabilizador más aplicado es el cemento; también, se descubrió la capacidad de otros prototipos estabilizadores ejemplo la cal, las fibras de polipropileno y cemento. Esto hace posible que sea interesante debido a que ayudara a disminuir el impacto ambiental en la elaboración de los bloques. El rendimiento obtenido en la prueba de compresión de la resistencia diagonal de muretes, muestran que los parámetros disminuyen o aumenta

globalmente en referencia a las características del sistema y es eficaz en la dirección longitudinal, no se observaron grietas significativas, concluye que los ladrillos estabilizados son viables para las construcciones de diferentes tipos de viviendas. También Durand [43] en su investigación experimental “Estudio Experimental de Unidades de Albañilería Fabricadas con Suelo-Cemento como Alternativa para la Construcción Sostenible”. su objetivo de estudio es comprobar toda clase de propiedades admisibles que presenta el suelo para ser usadas como material primordial en la producción de ladrillos de tierra estabilizada, en comparación con los ladrillos de arcillas cocidos. El resultado fue que no presentaron fisuras por contracción en el procedimiento de secado, asimismo no se registraron variación en sus magnitudes y ni alabeos mínimos, la absorción que presentaron fueron mínima teniendo como valor 11%, concluye que no hay necesidad de cuidar de los agentes húmedos como el agua, debidos a que los ladrillos presentan una textura y color favorable si consideramos un modelo rustico. El material represento propiedades favorables para ser usado como insumo en la manufactura de ladrillos. En el caso de Gálvez [72] en su investigación descriptiva “Viabilidad Entre el Sistema de Tabiquería Utilizando Material Ecológico y la Tabiquería Convencional para Reducir Costos en la Construcción en la Ciudad de Lima – Perú”. Considera como objetivo analizar la factibilidad del sistema de tabiquería usando como materia prima suelo, cemento, papel de totora y aserrín. Tomo como muestra 3 grupos de diseños de ladrillos, de estos grupos el que tuvo mejores resultados fue el suelo cemento con una resistencia a la compresión de  $74.8 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia a la compresión axial de  $55.8 \text{ kg/cm}^2$  y por ultimo su resistencia a la compresión diagonal de  $5.0 \text{ kg/cm}^2$ , concluye que los ladrillos tierra mezclado con cemento son económicos en un 49% a diferencia de los ladrillos de comunes empleados actualmente en las diferentes obras y los resultados de sus propiedades mecánicas están acorde con las exigencias de la Norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

Medina [10] en su investigación experimental “Diseño de Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento, como Material Sostenible, Para el Uso en la Construcción de Viviendas Rurales en la Provincia de San Martín, Región San Martín”, tiene por objetivo estudiar al bloque de tierra prensado con estabilización de cemento portland, tomo como muestra patrón 40 ladrillos y 119 ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cantidades de 6, 8, 10 y 12% de cemento, y obtuvo como mejor resultado con el 10% de cementante una resistencia a la compresión de 119.08 kg/cm<sup>2</sup>. Concluye que al añadir 10% de cemento aumenta la resistencia de la muestra a los 21 días en un 252.20%. Asimismo, Monrroy [14] en su investigación “Evaluación de las Propiedades Físicas - Mecánicas de la Albañilería con Ladrillos de Suelo-Cemento, para uso Estructural en Huancayo - Junín”, su objetivo fue estimar las propiedades de los ladrillos fabricado con tierra y estabilizado con 10, 15 y 20% de cemento, para su uso estructural, tomo como muestra un suelo tipo A-2-4, con el cual elaboro 261 unidades con diferentes porcentajes, sus resultados obtenidos con los porcentajes de 15 y 20% de cemento están dentro de los parámetros de la Normativa E. 070 de Albañilería, concluye que esta clase de material pueden ser empleados en la construcción de viviendas hasta 2 pisos. Con respecto a Álvarez [30] en su estudio “Comparación de las Propiedades Mecánicas de Unidades y Prismas de Bloques de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento y Geopolímero de Puzolana”, su objetivo es realizar una comparación de las propiedades de las diferentes muestras mezclados con cemento y geo polímeros; asimismo, elabora muestras con 5%, 8% y 10% de cemento, obtuvo mejores resultados con el contenido de 8% de cemento donde la resistencia a la compresión fue de 37.11 Kg/cm<sup>2</sup>, concluye que estabilizar el suelo con cemento genera mayor resistencia. En referencia a La Torre [60] en su estudio experimental “Propuesta de elaboración de ladrillos ecológicos Suelo-Cemento, para mitigar la contaminación atmosférica, producida por ladrilleras artesanales en la Región Lambayeque” tiene como objetivo reducir la contaminación ambiental y mantener los

elementos medio ambientales del entorno; para lo cual tomo una muestra de 63 diseños estabilizados con 20% de cemento todos comprimidos con una prensa manual, el resultado que obtuvo fue de  $158.8 \text{ kg/cm}^2$  en cuanto a la resistencia a la compresión y concluye que el resultado mencionado es superior al valor exigido por la Norma Técnica E.080 y el ladrillo obtenido está considerado dentro de la clase tipo IV, considera que este tipo de ladrillo tiene características superiores a un ladrillos fabricado en las ladrilleras artesanales. Y por último López y Molina {50} en su tesis cuantitativo “Estudio experimental para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de las unidades de albañilería de arcilla, realizadas en el Departamento de Lambayeque” su objetivo fue sugerir valores admisibles de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los ladrillos fabricados en la Región Lambayeque, realizo su investigación en 14 fábricas destinadas a la fabricación de este tipo de muestreo considerando las normativas. El resultado que alcanzo le permito describir que las unidades artesanales son un poco desfavorables, pero en cuanto a su variación dimensional es favorable por su tipo de clasificación II y V; su absorción es mínimo teniendo en cuenta que el valor máximo es 22% de lo permitido, en cuanto a las propiedades mecánicas su resistencia a la compresión cumple con la Norma Técnica E-080 teniendo una clasificación tipo II, concluye que su composición química es elevada presentando sales solubles, cloruros y sulfatos en gran porcentaje.

Las constantes necesidades de adquirir una vivienda y de mejorar las condiciones de habitabilidad, generan que las industrias de construcción asuman un rol de emprendimiento en la sociedad. Debido al requerimiento de la población en adquirir un inmueble, esto genera la búsqueda de opciones que disminuyan los costos de construcción e incremente las probabilidades de las familias con limitados recursos económicos en adquirir de una vivienda. Por tal motivo esta investigación dirige sus objetivos en adquirir una alternativa con el uso de cemento y suelo en la producción de ladrillos con el método de compresión, que satisfagan con las determinaciones en

las normas vigentes para su utilización como material de obra. El ladrillo de tierra comprimida estabilizado con cemento es una alternativa de material rentable y ecológico, la materia prima está frecuentemente presente en el situ, con respeto a su traslado es económico; en su gran mayoría las edificaciones realizadas con este tipo material es con el trabajo de los mismos usuarios, debido a su rápido y accesible aplicación, sus técnicas constructivas son sencillo y no necesita consumo de energía, es un atributo importante en comparación con los ladrillos cocido. Esta investigación se orientó en profundizar la comparación de alternativas que mejoran su composición, y los materiales que se utilizan mejorar su resistencia y de esta manera motivar el empleo de los ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento en las edificaciones, por las características anteriormente mencionadas resultaría una alternativa de gran eficacia en proyectos de construcción de viviendas de interés social.

Otras peculiaridades que se deben tener en cuenta al momento de tomar la decisión del uso de estos ladrillos, presentan una baja conductividad térmica debido al material usado, para las familias que hagan uso de estas viviendas se vuelven mucho más acogedoras, sabiendo el ahorro que generara por el bajo consumo energético y sus características aislantes. En una vivienda construida con ladrillo de tierra comprimida estabilizada con cemento se puede realizar modificaciones futuras sin ningún problema, dada su facilidad en las instalaciones de tuberías y red eléctricas.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo influye la utilización del cemento en la caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida?

### **1.3 Hipótesis**

Si se utiliza cemento, entonces permitirá mejorar la caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida.

### **1.4 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar la caracterización física y mecánica de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento.

#### **Objetivos Específicos**

- 1) Realizar el análisis granulométrico de suelos en Ferreñafe, Reque y Pomalca.
- 2) Analizar las propiedades mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida
- 3) Analizar las características físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento.
- 4) Determinar el porcentaje óptimo de cemento en el proceso de estabilización de suelo, para fabricar ladrillos de tierra comprimida.

### **1.5 Teorías relacionadas al tema**

#### **Fundamentos teóricos del ladrillo de tierra comprimida**

##### **Ladrillo de tierra comprimida.**

Gatti [15] los ladrillos de tierra prensada son muestras de albañilería fabricado mediante un moldeado por prensado o compresión. Para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos se puede aplicar la estabilización granulométrica, con el propósito de acrecentar sus propiedades ante los agentes adversos como a la acción abrasiva del viento, durabilidad e impermeabilidad, el proceso de producción consiste en unir proporciones diferentes tierras con diferentes estabilizadores o aditivos químicos,

generalmente es un aglomerante ya sea cemento o cal. El ladrillo por lo general, es fabricado con máquinas que tienen moldes prensadores, el cual producen piezas de dimensiones y formas variadas, para los diferentes tipos de edificaciones se usa generalmente una máquina prensadora hidráulica para cumplir con las diferentes necesidades de producción, esta máquina realiza un elemental prensado en grandes cantidades de producción, a la vez tiene una mezcladora, pulverizador de suelo, prensa, tamizador, dosificadores y otros accesorios.

### **Suelo-cemento.**

Toirac [16] los suelos adecuados son cuyos consumos de cemento registra 5% y 12% con respecto al peso del suelo, la gran parte de los suelos son usados para producir combinaciones de suelo y cemento sin tener en cuenta la capa de vegetación, cuando se necesita realizar una combinación reducida del cemento y la cantidad de suelos aptos para este fin se reduce. El suelo-cemento permanente en su contracción debe lograr una absorción de agua conveniente y conseguir la resistencia apropiada en el menor tiempo. La gran mayoría de los suelos calificados son los que muestran cantidades de finos y suelos gruesos donde genera una granulometría apropiada, sin existencia excesiva de un tamaño preciso. La plasticidad aporta una precisa cohesión a la mezcla, esto ayudara a mejorar su ejecución y aumente el aislamiento término sin ocasionar agrietamientos por contracción. Para De la fuente [18] cuando no cumple con una granulometría especificada los suelos de una determinada zona, se debe agregar otro suelo diferente para obtener la combinación requerida ya sea por exceso o defecto de alguna partícula gruesa o fina. Por ejemplo, en el caso de un suelo con poca fracción fina y otra con excesivo contenido de fracciones gruesa, es necesario buscar otro suelo que pueda complementar a la arcilla para calcular la cantidad correctas y adicionar al suelo granular. De manera que se obtiene un nuevo suelo con las características deseadas y la categoría granulométrica sin sobrepasar las

condiciones de plasticidad y sea adecuado para alcanzar una buena unión de suelo-cemento. Las mezclas de dos suelos ofrecen un procedimiento sencillo para hallar las proporciones adecuadas de mezclas suelo-cemento.

## **Cemento**

El cemento es uno del agente aglutinante más conveniente, y uno de ellos es el cemento portland ordinario que se utiliza como un estabilizador para la producir bloques de tierra comprimidas. También es un material que se puede agregar arena para mejorar la capacidad del cemento para formar bloques [2]

Ameen et al., [13] cita que el cemento es considerado un estabilizador que se usa comúnmente por sus propiedades, por la activación del proceso de sinterización la cual produce un buen índice de reacción química, esto dependerá del tipo de estabilizador utilizado, produciendo un acrecentamiento de la resistencia al agua, resistencia a compresión, estabilización y trabajabilidad del suelo. El porcentaje apropiado de cemento utilizado como estabilizador se puede considerar entre 4% y 10%, para producir unidades comprimidas de tierras estabilizadas. Además, proporciona características de aislamiento térmico y acústico aceptables. Se debe tener en cuenta que los ladrillos con estabilización de cemento deben curar durante cuatro semanas después de la fabricación.

## **Suelo**

Shariful et al. [2] el suelo está formado por una gran parte de volumen entre el 80% y 90%, esta característica hace que la clasificación de suelo sea un componente importante de mezclas. Casi siempre el suelo tiene algo de arcilla que es adecuado para producir elementos de tierra, sin considerar los estabilizantes, el elemento arcilloso del suelo facilita la cohesión y une las partículas, lo que al final contribuye a la resistencia. Las cantidades de arena y grava contribuyen a la resistencia de los bloques

al minimizar los espacios de vacíos y así formar una matriz compacta, sin embargo, la finalidad de distribución de grano se debe tener en cuenta para determinar la aportación de resistencia de los sedimentos de grano grueso. La mayoría de los estándares y estudios aconsejan criterios de suelos basados únicamente en la distribución del tamaño de partícula. Teniendo en cuenta la norma **ASTM C136-ASTM 20014b**

- De acuerdo a la norma UNE 103204:1993 rechazar materia orgánica en proporciones  $\geq$  del 2%.
- Norma UNE-103205:2006 rechazar sales solubles en proporciones  $>$  del 2%.

### **Agua**

De la Fuente [17] el trabajo del agua es reactivar e hidratar el cemento para obtener un máximo prensado del suelo. El agua utilizada debe ser limpia y no debe contener materia orgánica, sulfatos o cloruros. Es importante incorporar agua porque activa la función cohesiva de las arcillas y el cemento, también actúa como insumo importante para mejorar la compresión [18].

### **Mortero**

Según la Norma Técnica Peruana 399.610 [19] y la NTP 399.607 [20], el mortero está conformado por una combinación de aglomerantes, suelo y agua con la finalidad que la mezcla sea trabajable.

### **Gradación del material**

Toirac (2018) el suelo está compuesto por una variedad de partículas, este análisis granulométrico se basa en clasificar todo tipo de tamaños partículas que tiene el suelo. En % pasado de acuerdo al rango granulométrico esta expresado en la tabla 1.

**Tabla I**

Suelos calificados

| Tamiz        | % que pasa |
|--------------|------------|
| <b>Nº200</b> | 10-50      |
| <b>Nº 40</b> | 15-100     |
| <b>Nº 4</b>  | 50-100     |
| <b>3"</b>    | 100        |

El suelo conveniente para la combinación suelo-cemento y se debe tener las siguientes particularidades, pasar por el tamiz 4,8 mm (#4).

**Tabla II**

Especificaciones de agregados

| AGREGADOS        | % RECOMENDABLE          |
|------------------|-------------------------|
| Limo             | 30% (óptimo 0% al 28%)  |
| Arena            | 80% (óptimo 55% al 75%) |
| Materia orgánica | 3%                      |
| Arcilla          | 50% (optimo 15% al 18%) |

### **Contenido de humedad**

Es la dosis de agua dentro de una porción de suelo expresado en porcentajes. Se obtiene deshumedeciendo la porción de suelo en el horno previamente pesado, durante los periodos de 18 a 12 horas a una temperatura de 110+/- 5°C, después procedemos al pesado del material en estado seco, para saber la proporción de agua de la muestra realizamos el siguiente paso, por diferencia del peso húmedo y peso seco como resultado se obtiene el porcentaje de agua [21]

## Límites de plasticidad

Toirac (2008) menciona que en los límites de consistencia el contenido de humedad de las mezclas de suelo cemento son los siguientes:

LL < 45 %

LP < 18 %

**Tabla III.**

Rangos de tolerancia de los límites de consistencia mencionados

|                 | Rango de margen (%) | Rango optimo (%) |
|-----------------|---------------------|------------------|
| Limite líquido  | 25-50 %             | 30-35 %          |
| Limite plástico | 10-25 %             | 12-22%           |

## Proctor Modificado

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.141 [22], este método se basa en definir el contenido de humedad y las densidades secas de las muestras prensadas en condiciones similares, con la finalidad de alcanzar una determinada densidad por cada contenido de humedad. El óptimo contenido de agua y el máximo peso unitario seco modificado se determinan de acuerdo a la curva de compactación.

## Fundamentos teóricos del ladrillo de tierra estabilizada

### Ensayo de absorción

Se aplica según la Norma Técnica Peruana 399.613 [23], la cual especifica que las unidades de albañilerías se asentaran sin la presencia de agua libre y con la superficie sin ningún agente externo, el asentamiento se procede con el presionando verticalmente de las unidades.

## Absorción

Sáenz (2015) el ensayo de absorción o también conocido como la medida de permeabilidad de las muestras de albañilería, inicia con la desunión de las unidades húmedas puestas a descongelación y congelación alternas. Se puede concluir que las unidades porosas no son resistentes como las unidades más densas a la actividad de cargas, tiempo o a los fenómenos de intemperismo, a causa de las modificaciones de absorción ocasionadas por diferentes materiales utilizados. La absorción máxima sería el volumen de agua que puede administrar un ladrillo saturada el cual se considerara como una m de impermeabilidad.

El nivel de absorción depende mucho del porcentaje de porosidad de los ladrillos debilitados por su grado, y por su contenido de humedad el cual lo señala como ladrillos provechosos para las zonas expuestas a las diferentes temperaturas, por su accesibilidad de ganar humedad y en perderla [71].

**Tabla IV**

Normas internacionales para el criterio de evaluación del contenido de absorción.

| <b>NORMA</b>       | <b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b> |
|--------------------|--------------------------------|
| <b>NTP 399.613</b> | % absorción $\leq$ 22 %        |
| <b>KS 02-1070</b>  | % abs. $\leq$ 15 %             |
| <b>SLS 1382</b>    | % abs. $\leq$ 15 %             |
| <b>IS 1725</b>     | % abs. $\leq$ 15 %             |

## **Fundamentos teóricos de los ladrillos de tierra estabilizada.**

### **Durabilidad**

La durabilidad es la habilidad de soportar por un periodo de servicio bajo las condiciones química, física y biológica. El deterioro del ladrillo origina cambios físicos a causa de la abrasión, agua de lluvia y los agentes químicos esto se debe a un deterioro producido por la durabilidad biológica y las reacciones por una descomposición orgánica [36].

En las unidades de albañilería la durabilidad varía de acuerdo a la proporción de estabilizante según el índice de compactación de los materiales y del tipo de impermeabilizante empleado para su protección. Asimismo, una causa predominante es la reducción de la funcionalidad en unidades de albañilería en función al deterioro del área causado por la erosión de agua de la lluvia. Además, la durabilidad también es una preocupación importante. Para la construcción en tales regiones, se recomienda encarecidamente un bloque de tierra duradero. En este estudio, se realizó la prueba de absorción de agua para evaluar la durabilidad de los ladrillos cuando las muestras están saturadas. Inicialmente, se midieron la masa de muestras secadas al horno. Luego, las muestras se sumergieron bajo agua durante 24 horas después de la inmersión se mide la masa húmeda [24].

### **Resistencia a la compresión**

Un parámetro más importante para cualquier material de carga es la resistencia de compresión. Este ensayo se determinó para los bloques de tierra no estabilizados y estabilizado. El cambio de resistencia a la compresión con cemento para un porcentaje fijo de arena-cemento y la variación del contenido constante de cemento, mejoran la resistencia a la compresión y aumenta gradualmente para todos los contenidos de CS. Si el suelo utilizado es arcilloso y contiene un porcentaje muy menor de arena 12%, la

resistencia a la compresión acrecienta gradualmente con el incremento de arena - cemento. La resistencia tiende a permanecer constante o disminuir en cierta medida, y este porcentaje varía dentro del 50%- 60% para los contenidos de cemento [2].

Sturm y Ramos [25] la resistencia a la compresión se ha convertido en un aspecto importante y universal para controlar la condición de las unidades de mampostería. Un criterio común adoptado por los códigos o pautas de construcción de tierras es exigir la resistencia a la compresión superior o igual a 2Mpa. Dicho ensayo a menudo se define como resistencia a la compresión confinada (es decir, prismas o paredes) generalmente es entre 0.3 y 0.4 veces su cuantía de resistencia de la unidad. Ensayos de compresión de bloques de tierra hecho a mano generalmente dio 2Mpa, pero las pruebas de maquina tienen un historial de proporcionar fuerzas superiores a 3.5 Mpa. Mientras los bloques comprimidos estabilizados tengan resistencias a la compresión superiores a 2Mpa, la resistencia no se considera un problema ya que los datos históricos muestran que está en una resistencia adecuada para la aplicación y el uso de bloques en proyectos de construcción de reducido costo y baja altura, las pruebas a compresión de bloques comprimidos estabilizados simple no difieren de las utilizadas para otras variedades de ladrillos

Touré et al. [1] la resistencia a la compresión se determina utilizando el procedimiento de RILEM, los ladrillos se parten de la mitad, se apilan y se adhieren usando una junta de lecho de mortero de tierra, referida junta tiene la misma composición que el CSEB. El procedimiento RILEM es el método recomendado por la organización Regional Africana de Normalización, Para la medición de la resistencia a la compresión de todo el CSEB, se evalúa en función a la expresión:

$$F_c = F \cdot s$$

***Ecuación 1. Formula de resistencia a la compresión.***

Donde:

**F<sub>c</sub>**: Resistencia a la compresión (N/mm<sup>2</sup>)

**F**: Carga de falla (N)

**S**: Área (mm<sup>2</sup>)

### **Resistencia a la flexión**

La Norma Técnica E.080 "Diseño y construcción con tierra reforzada" está basada en un conjunto de pautas físicas y mecánicas, en el ámbito de ingeniería se llama flexión a la clase de deformación que origina un componente estructural en posición alargada. Al considerar flexión en una sección cualquiera habrá la presencia de un esfuerzo cortante, momento flector y esfuerzo normal entonces se considera que la sección trabaja a flexión compuesta, en el caso de una flexión simple en un área cualquiera originará un momento flector y esfuerzo cortante.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

La presente investigación aplica el método científico, basado en la observación, experimentación, medición, análisis, formulación y la modificación de la hipótesis realizada en campo y gabinete.

#### **Diseño de la investigación**

Es aquella en la cual la hipótesis confirma por medio del manejo de las variables por parte de la persona que investiga, de tal manera que se determina el efecto-origen de un fenómeno social o físico. Para este estudio se ejecutó un diseño pre experimental, usando las dosificaciones para cada diseño de muestras estabilizadas que fueron

comprimidas, asimismo, se realizó trabajos de campo y laboratorios para estimar y demostrar las características del ladrillo [26]

## 2.2 Población y Muestra

### Población

Se empleará 405 muestras de ladrillos construidos con una maquina elaborada y adaptada manualmente para los diferentes ensayos determinados en esta investigación.

### Muestra

Se utilizarán 81 muestras por cada porcentaje de cemento, para los diferentes ensayos físicos y mecánicos que se realizarán en la presente investigación, asimismo, las muestras serán fabricadas de manera tradicional estándar.

**Tabla V.**

Cantidad de ladrillos comprimidos estabilizados con cemento

| Ensayo                          | 0% | 5% | 8% | 12% | 15% | 18% | TOTAL,<br>UDS |
|---------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|---------------|
| Variación dimensional           | -  | -  | -  | -   | -   | -   | 10            |
| Alabeo                          | -  | -  | -  | -   | -   | -   | 10            |
| Absorción                       | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 30            |
| Resistencia a la compresión     | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 30            |
| Resistencia a la flexión        | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 30            |
| Ensayo de Pilas a Compresión    | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 30 pilas      |
| Ensayo de compresión de Muretes | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 15 muretes    |

**Variables de Operacionalización.**

| VARIABLES  | DIMENSIONES                   | INDICADORES                   | FORMULA/<br>PROCEDIMIENTO                    | DESCRIPCIÓN DE<br>VARIABLES DE<br>FORMULAS   | ITEM                  | TÉCNICAS E<br>INSTRUMENTO<br>S DE<br>RECOLECCIÓN<br>DE DATOS |
|--|-------------------------------|-------------------------------|--|--|-----------------------|--|
| Ladrillos de<br>tierra<br>comprimida<br>estabilizado<br>s con<br>cemento | Propiedades físicas del suelo | LIMITE<br>PLÁSTICO            | $IP=LL - LP$                                 | PI=índice de plasticidad<br>LL= limite liquido<br>PL=limite plástico                 | Libreta de<br>Campo   | Formato de<br>ensayos  |
|  |                               | LIMITE<br>LIQUIDO             | $LL=W^n \left[ \frac{N}{25} \right]^{0.121}$ | LL= Limite liquido<br>$W^n$ = Contenido de humedad<br>natural<br>N= Número de golpes | Copa de<br>Casagrande | Formato de<br>ensayos  |
|  |                               | LIMITE DE<br>CONTRACCIÓN<br>N | $CL= W-100(V-V_0) * \frac{Y_w}{W_0}$         | LC= Limite de contracción<br>W= Contenido de agua (%)                                |                       | Formato de<br>ensayos  |

|  |  |                             |   |  |                    |                    |
|--|--|-----------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
|  |  |                             |   | <p>V= Volumen de la muestra de suelo húmedo (<math>cm^3</math>)</p> <p><math>V_0</math> =Volumen de la muestra de suelo secada al horno (<math>cm^3</math>)</p> <p><math>W_0</math> = Peso de la muestra seca (<math>w_0=w_2-w_3</math>) (<math>g</math>)</p> <p><math>Y_W</math> = Peso unitario del agua (<math>g/cm^3</math>)</p> | Copa de Casagrande |                    |
|  |  | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> | $W (\%) = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$ | <p>Ph = Peso húmedo de la probeta</p> <p><math>P_s</math> = Peso anhidro de la probeta</p>   | Balanza            | Formato de ensayos |
|  |  | <b>GRADACIÓN</b>            | Ensayo de granulometría                     | Libreta de Campo   | cribas             | Formato de ensayos |

|  |  |  |   |  |                       |                              |
|--|--|--|---|--|-----------------------|------------------------------|
|  | <b>Ensayo de las unidades de albañilería</b> | <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL</b>                 | Ensayo de variación dimensional             | Libreta de campo   | Pie de rey            | Guía de recolección de datos |
|  |  | <b>ABSORCIÓN</b>                             | $A\% = \left(\frac{G4-G3}{G3}\right) * 100$ | A = Cantidad de agua absorbida en %.<br>G3 = Masa de espécimen seco en gr.<br>G4 = Masa del espécimen saturado luego de 24h de inmersión | balanza               | Formatos de ensayos          |
|  |  | <b>ALABEO</b>                                | Ensayo de alabeo                            | Libreta de campo   | regla                 | Formatos de ensayos          |
|  | <b>Caracterizaciones mecánicas</b>           | <b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> | $P = \frac{F}{A}$                           | P= Presión (N/M2)<br>F= Fuerza normal (N)<br>A= Área (m2)  | Máquina de compresión | Formatos de ensayos          |

|  |  |   |                               |   |                                |                              |
|--|--|---|-------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|
|  |  | <b>ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS</b> | $P = \frac{F}{A}$             | <p>P= Presión (N/M2)</p> <p>F= Fuerza normal (N)</p> <p>A= Área (m2)</p>  | Máquina de compresión          | Formatos de ensayos          |
|  |  | <b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b> | $\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$  | <p><math>\sigma</math>=Resistencia a la flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</p> <p>P=Carga (kg)</p> <p>L=Distancia entre los apoyos de la muestra (cm)</p> <p>b = Ancho de la muestra (cm)</p> <p>d = Peralte promedio de la muestra (cm)</p> | maquina compresión axial       | Formatos de ensayos          |
|  |  | <b>COMPRESION DIAGONAL</b>                | $v = \frac{V_m}{1 + 2.5 C_v}$ | <p>V= Esfuerzo de corte</p> <p><math>V_m</math>= Medida de los esfuerzos</p> <p><math>C_v</math>= Coeficiente de variación de los muretes ensayados</p>   | Máquina de compresión diagonal | Guía de Recolección de Datos |

## **Técnicas de recopilación de datos.**

Parámetros empleados:

- La observación: se anotará los esfuerzos de compresión de los ladrillos teniendo en cuenta el esquema establecido.
- El análisis: se hará de forma interpretativa y analítica la información que está a nuestro ámbito de aplicación para extraer los alcances necesarios que facilite el adecuado desarrollo de la investigación.
- Se empleará los procesos establecidos en la norma ASTM “American Society for Testing and Materials” y las NTP (Norma Técnica Peruana).

## **Instrumentos de recopilación de datos**

### **Normativas**

- ✓ Determinación del contenido de humedad (ASTM D 2216 y AASHTO T217)
- ✓ Análisis granulométrico (ASTM-D422 y AASHTO T217)
- ✓ Cálculo del límite líquido (ASTM-D 4318)
- ✓ Desarrollo del límite plástico (ASTM-D 4319)
- ✓ Especificación del índice plástico (ASTM-D 4318)
- ✓ Resistencia a la compresión: NTP 399.613
- ✓ determinación del porcentaje de absorción: Normas ITINTEC 331.018 y NTP 399,613.

## Procedimientos de datos.

### Diagrama de flujo de procesos

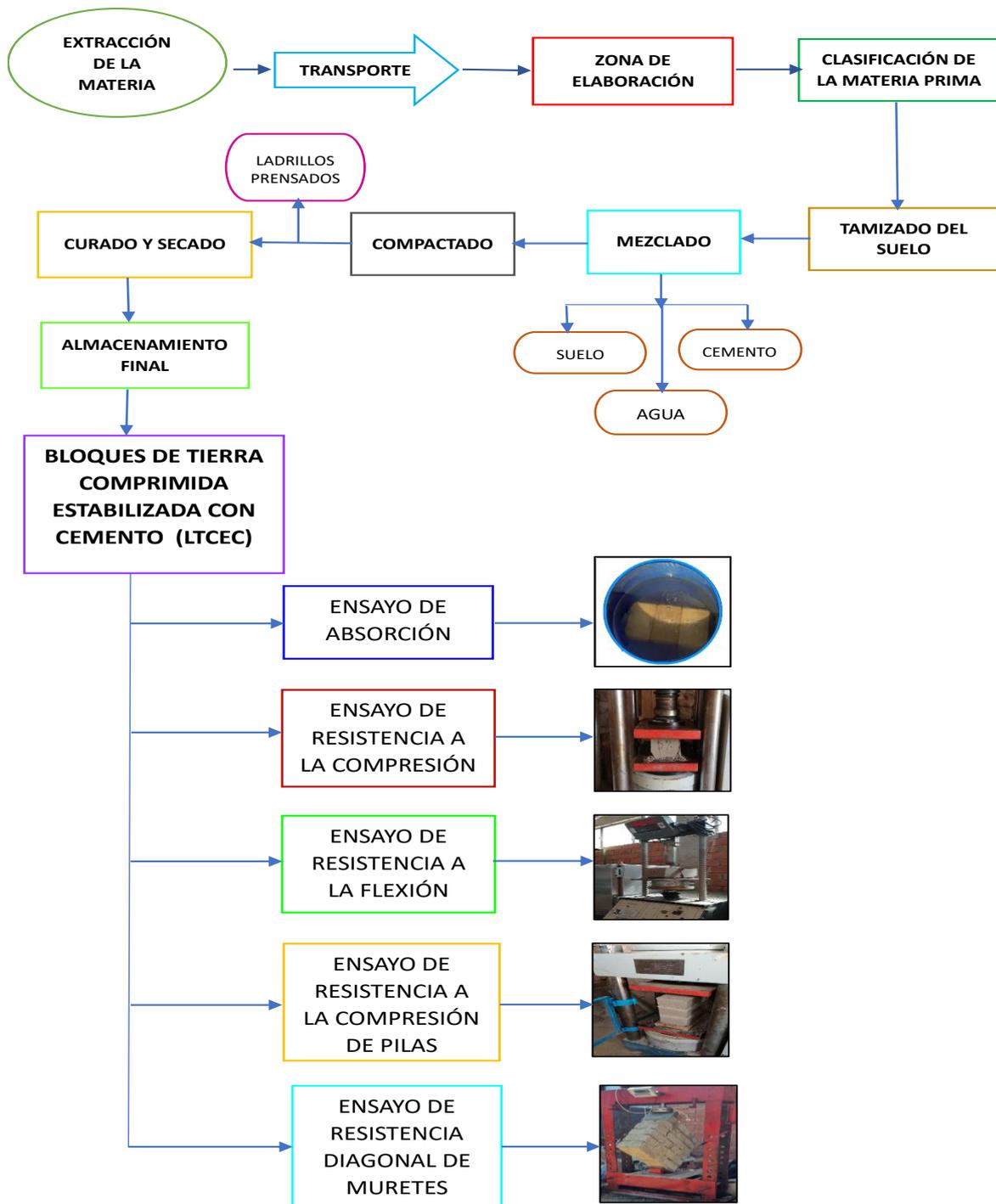


Figura 1. Diagrama de procesos

## **Descripción de procesos**

### **Selección del suelo**

Para la selección de suelo se evaluó tres tipos de suelo de diferentes áreas, Ferreñafe (S 6°38'03", W 79°48'11"), Pomalca (S 6°46'39", W 79°49'18") y Reque (S 6°52'39", W 79°49'04").

### **Extracción del suelo**

El suelo se extrajo teniendo en consideración una profundidad de 60 cm.

### **Ensayos al suelo extraído.**

#### **Análisis granulométrico (ASTM D421).**

Para determinar el tamaño de las partículas del material extraído que se utilizara para la producción de las unidades de albañilería, sujeto a la normativa NTP 339.128.

### **Equipos y herramientas**

- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Tamices reglamentarios
- ✓ Recipiente
- ✓ horno de 110°C ± 5°C
- ✓ Tamices para granulometría

### **Procedimientos**

- ✓ Se extrajo una muestra de cada sector (Ferreñafe, Pomalca y Reque).
- ✓ Se realizó el secado de las muestras en el horno por 24 horas a 110°C ± 5°C.
- ✓ La muestra se lavó con agua para la separación de partículas más finas por la malla N° 200.

- ✓ El proceso de lavado se realiza hasta que el agua se observe cristalina.
- ✓ Se coloca la muestra en una tara y se lleva al horno de 110° C.
- ✓ La muestra de suelo fue pasada por las diferentes mallas de manera ordenada
- ✓ La muestra retenida fue pesada por cada tamiz y el fondo
- ✓ Se realizaron los cálculos y al final se graficó la curva granulométrica

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido}}{\text{peso inicial}} * 100$$

**Ecuación 2.** Fórmula % retenidos en granulometría.



**Figura 2.** Material que será pasado por las mallas

### Contenido de humedad (NTP 339.127)

El experimento está basado en obtener una muestra natural y llevar a un horno de altas temperaturas, con el fin de que la muestra sea secada y obtener el % de contenido de humedad.

### Materiales y equipos

- ✓ 01 balanza

- ✓ 01 horno
- ✓ Taras metálicas

### **Procedimientos**

- ✓ La muestra de suelo se pesa teniendo en cuenta la normativa vigente.
- ✓ En las taras metálicas agregar la muestra y llevar al horno por 24 horas a 110°C ± 5°C
- ✓ Retirar la muestra del horno pasadas las 24 horas y posterior realizar el pesado.
- ✓ Realizar los cálculos para precisar del contenido de humedad de cada tipo de suelo.

### **Cálculos**

- ✓ Contenido de humedad

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

**Ecuación 3.** *Fórmula del porcentaje de humedad (%)*

*Donde:*

**W** = contenido de humedad (%)

**W<sub>w</sub>** = masa húmeda natural (gr)

**W<sub>s</sub>** = masa seca-horno (gr)



**Figura 3.** Medición del material

### **Límite líquido, límite plástico e índice plástico (NTP 339.129)**

#### **Normativas**

MTC E 110: determinación del límite líquido de los suelos.

MTC E 111: determinación del límite plástico e índice de plasticidad.

#### **Materiales y equipos**

- ✓ Tamiz N° 40
- ✓ Espátula
- ✓ Copa de Casagrande
- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Pipeta de agua
- ✓ Placa de vidrio

## Procedimientos

### Determinación del límite líquido

- ✓ En un recipiente agregar suelo y una mínima cantidad de agua y por último dejar reposar la muestra hasta que se humedezca.
- ✓ Con una espátula mezclar hasta que la mezcla sea homogénea y de color uniforme.
- ✓ Se coloca en el punto céntrico de la copa una porción pequeña de masa húmeda y se nivela la superficie, por el centro de la copa se hace una ranura en la pasta de suelo con un acanalador.
- ✓ Con apoyo de la manivela se pone en movimiento la cazuela y se contabiliza los golpes hasta que se cierre la ranura de 12.7 mm, una vez cerrada la ranura, se registran los números de golpes y posterior se toma la muestra del punto central para determinar el contenido de humedad.



Reque

Ferreñafe

Pomalca

**Figura 4.** Ensayo en la copa Casagrande

### Determinación del límite plástico

- ✓ 25 gr de muestra
- ✓ Se amasa el suelo sobre una lámina de vidrio hasta que pierda la humedad y alcance una consistencia que pueda enrollarse continuamente, este proceso continuo hasta que el rollito empiece a desmoronarse.

- ✓ Una vez establecido el límite plástico se colocar los rollitos en un recipiente de peso conocido y por último se pesa para determinar el contenido de humedad.



**Figura 5.** Proceso del ensayo del límite plástico

### Índice de plasticidad

Se obtiene:

$$IP = LL - LP$$

**Ecuación 4.** Formula del Índice de plasticidad

Donde:

IP= Índice de plasticidad

LL = Limite liquido

LP = Limite plástico

### Proctor Modificado

Este ensayo tiene como objetivo definir el contenido óptimo de humedad que puede admitir el suelo con la incorporación de cemento al 0%, 5%, 8%, 12%, 15% y 18%.

MTC 115-1999/NTP 339.142

**Materiales:**

- ✓ Muestra seca
- ✓ Papel filtro

**Equipos:**

Equipo de Proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Probeta
- ✓ Recipientes
- ✓ Espátula

**Procedimiento:**

- ✓ Muestra seca para el ensayo.
- ✓ Disponer cinco ensayos con una cantidad de agua, para que exista una variación del contenido de humedad.
- ✓ El molde cilíndrico debe estar correctamente armado
- ✓ La muestra se debe compactar en cinco capas y cada una de las capas se debe compactar con 25 o 56 golpes, al momento de compactar la última capa se retira el collar de extensión, se determina la densidad húmeda (Dh)
- ✓ Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (W%), empleando ensayos representativos de la parte inferior y superior.
- ✓ Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (Ds).

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$$

**Ecuación 5.** Fórmula densidad seca

Donde:

Ds = Densidad seca

Dh = Densidad húmeda

W% = contenido de humedad

- ✓ A escala natural graficar la curva de compactación, los datos de densidad seca se registran en el eje de ordenadas y el dato de contenido de humedad se registra en el eje de abscisas.
- ✓ Determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

### **Elaboración de los ladrillos de tierra comprimida con sus respectivos porcentajes de cemento**

Los ladrillos se elaboraron para realizar los ensayos correspondientes. Asimismo, las dimensiones consideradas: 22.5 cm\*11.5cm\*9.5 cm, se consideró el siguiente proceso de fabricación, teniendo en consideración las dosificaciones de los insumos que se va emplear según el detalle en la Tabla 7.

**Tabla VI.**

Dosificaciones para la elaboración del espécimen

| <b>COMPONENTES</b>     | <b>CANT. SUELO</b> | <b>CANT. CEMENTO</b> | <b>CANT. AGUA</b> | <b>DISEÑO DE MEZCLA</b> | <b>% CEMENTO</b> |
|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|------------------|
|                        | 5 kg               | 250 kg               | 800 ml            | 5: 0.25:0.8             | 5%               |
| <b>Suelo – cemento</b> | 5 kg               | 400 kg               | 830 ml            | 5: 0.4:0.83             | 8%               |
| <b>– agua</b>          | 5 kg               | 600 kg               | 860 ml            | 5: 0.6:0.86             | 12 %             |
|                        | 5 kg               | 750 kg               | 880 ml            | 5: 0.75:0.88            | 15%              |
|                        | 5kg                | 900 kg               | 910 ml            | 5: 0.9:0.91             | 18%              |

### **Tamizado**

El suelo se procede a tamizar por la malla N° 4, a fin de impedir las piedras y porciones grandes de tierra seca.



**Figura 6.** Selección y tamizado del suelo a utilizar

### **Mezclado**

En esta fase se realizó el mezclado de la tierra con sus respectivos porcentajes de cemento 5%, 8%, 12%, 15% y 18%, quedando cada muestra de manera homogénea. Con respecto a la mezcla húmeda es el resultado de suelo más agua en cantidad apropiada y de manera uniforme como se visualiza en la Figura 3, siendo un factor decisivo para un conveniente prensado. Para la elaboración de las muestras se debe considerar tres componentes básicos el suelo, estabilizador y agua.



**Figura 7.** Mezclado homogéneo del suelo cemento y agua

## Compactación

En esta etapa se usó una prensa hidráulica de fabricación manual como se evidencia en la Figura 8, consta de un molde, una gata hidráulica de 4 toneladas, una palanca pequeña que sirve para operar manualmente. El compactado de la mezcla de tierra húmeda con cemento forma un ladrillo comprimido y estabilizado, el ladrillo es retirado manualmente para luego ser curado y posterior a su secado, se utilizó una fuerza de 2 toneladas para comprimir los ladrillos.



**Figura 8.** Modelo de la máquina para comprimir los ladrillos de tierra.

## Secado y curado

El secado tiene una importancia única en la condición final de los bloques como se muestra en la Figura 8, por lo que debe curarse de forma controlada, en la que se distinga dos fases: fase de curado debido a que se incorporó estabilizantes y la fase de secado, para evitar un secado demasiado apresurado se debe mantener de manera controlada a la exposición del sol y del viento, si no se tiene el cuidado correspondiente estos tipos de ladrillos se fisurarán por retracción, generando déficit en la resistencia final de los bloques, es importante tener en cuenta la humedad en los ladrillos debido a que esto reduce la capacidad de carga.

Transcurridas 24 horas se puede manipular los ladrillos, se recomienda que deben ser envueltos en plástico para mantener las condiciones de humedad adecuada por la estabilización empleada y su almacenamiento puede ser en pilas.



**Figura 9.** Secado de las muestras compactados estabilizados con cemento

### **Ensayos físicos y mecánicos de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento.**

#### **Variación dimensional**

Esta prueba es importante realizarla para determinar la anchura de las juntas de los ladrillos al momento de armar los muretes.

#### **Procedimiento**

Para el promedio se debe tener en cuenta 4 medidas de la parte media de cada una de las caras, teniendo en cuenta las longitudes de cada arista de ladrillo (A, L, H); de cada arista se calcula su valor promedio (Dp), para determinar la variación dimensional de los ladrillos.

$$V (\%) = 100 * \left( \frac{De - Dp}{De} \right)$$

**Ecuación 6.** Fórmula de la variación dimensional (%)

Donde:

V: Variación de dimensión (%).

De: Dimensión (mm).

Dp: Medida promedio en cada dimensión (mm).



**Figura 10.** Ejemplares para el ensayo de variación dimensional

### **Ensayo de alabeo**

Se realizó según las NTP 399.613 Y 399.604, con 10 unidades de prototipos de ladrillos.

### **Procedimiento**

- ✓ Sobre la diagonal de las caras mayores del espécimen se coloca la regla.
- ✓ Se encaja una cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima
- ✓ Se realiza la lectura con la exactitud de 1 mm
- ✓ Se anota el resultado obtenido



**Figura 11.** Ensayo de alabeo de los ladrillos

### **Ensayo de absorción**

Para este procedimiento se empleará la NTP 399.604 y 399.613, considerando 3 muestras por cada porcentaje de cemento empleado como se muestra en la Figura 12.

### **Procedimiento**

- ✓ Considerando la temperatura de 110°C y 115°C, se lleva al horno la muestra.
- ✓ Se realiza el enfriamiento a temperatura ambiente por 4 horas aproximadamente.
- ✓ Se realiza el pesado del prototipo
- ✓ Se introduce la muestra en un envase con agua destilada por el periodo de 24 horas, considerando una temperatura de 14 y 28° C.
- ✓ Se retiran las muestras del recipiente de agua destilada y de la muestra se debe secar el agua superficial.
- ✓ Se procede a pesar la muestra considerando 5 minutos de haber sido extraído del agua.

- ✓ Se realiza el procesamiento de datos leídos.



**Figura 12.** Ensayo de absorción del espécimen

### **Ensayo de resistencia a la compresión**

Este ensayo se realiza según los lineamientos de la NTP. 399.613,2003), se consideró muestras de cinco especímenes de albañilería por cada porcentaje.

- ✓ 5 ladrillos de 0% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 5 % de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 8% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 12% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 15% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 18% de adición de cemento

### **Equipamiento y herramientas**

- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Vernier

- ✓ Placas de metal

### Procedimiento

- ✓ Se realiza la lectura de las medidas de las longitudes de la muestra a ensayar
- ✓ Se ubica las muestras dentro del equipo de ensayo.
- ✓ Se coloca una presión constante
- ✓ Una vez fracturada el espécimen, se anota la presión máxima obtenida por el ladrillo
- ✓ se procede a realizar los cálculos

### Cálculos de $f'c$

$$f'c = \frac{P}{A}$$

### Ecuación 7. Fórmula del $f'c$

#### Donde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión del espécimen.

P = carga máxima aplicada al espécimen (kg).

A = Área de la sección transversal de la muestra ( $cm^2$ ).



### **Figura 13.** Ensayo de compresión de los especímenes

#### **Ensayo de resistencia a la flexión**

Para este procedimiento se revisó la NTP. 339.078,1999, los ejemplares fueron 5 unidades de ladrillo por cada porcentaje de cemento.

- ✓ 5 ladrillos de 0% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 5 % de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 8% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 12% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 15% de adición de cemento
- ✓ 5 ladrillos de 18% de adición de cemento

#### **Equipo y herramientas**

- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Regla
- ✓ Láminas de acero

#### **Procedimiento**

- ✓ Se mide las longitudes del espécimen
- ✓ Se coloca las placas metálicas
- ✓ Se atribuye carga con velocidades bajas hasta que lograr la rotura de la viga.

#### **Cálculos**

Se calculó el módulo de rotura de la presenta forma:

$$MR = \frac{P.L}{B.D^2}$$

**Ecuación 8.** Formula de módulo de rotura (MPa)

Donde:

MR = Modulo de Rotura en kg/cm<sup>2</sup>.

P = Máxima carga aplicada en kg(N)

L = Longitud libre entre apoyo en cm

B = Ancho promedio de la muestra en cm.

D = Altura promedio de la muestra en cm.



**Figura 14.** Ensayo de resistencia a la flexión de los especímenes

### **Ensayo de la resistencia a compresión de prismas**

Cumplidos 28 días de secado las 15 pilas de ladrillos, se procedió a ensayarlas de acuerdo a la NTP 399.613 y 399.604. Se aplicó una carga hasta ocasionar una rotura de las pilas, la carga máxima fue registrada en la máquina, las pilas ensayadas fueron de 3 hileras como se muestra en la Figura 15 y 16.

$$f'm = \frac{P}{A}$$

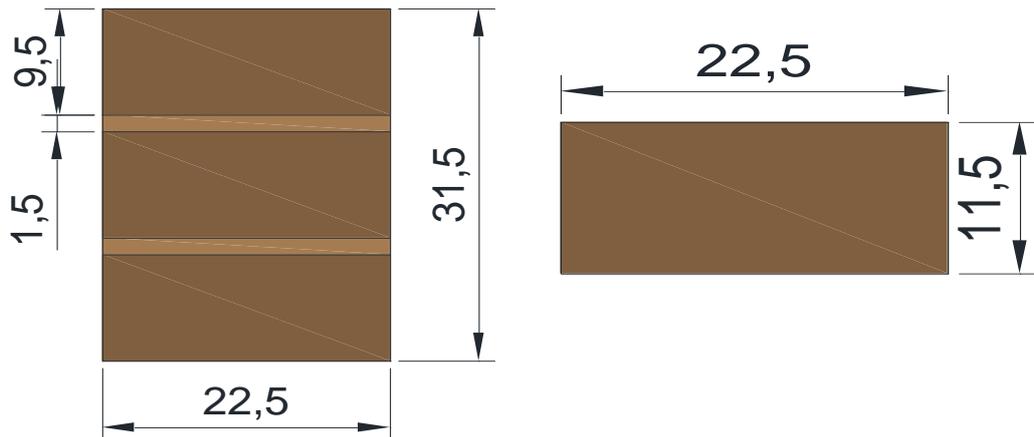
**Ecuación 9.** Formula del esfuerzo a la compresión en pilas

Donde:

$f'm$  = Esfuerzo a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P$  = Carga Actuante

$A$  = Área resistente ( $\text{cm}^2$ )



**Figura 15.** Características de las pilas



**Figura 16.** Pilas considerando 3 hileras

### **Ensayo de compresión diagonal de muretes**

Se elaboró en total 5 muertes como se visualiza en la Figura 17, por cada porcentaje de cemento los cuales fueron ensayados a los 28 días. Se consideró una dimensión de 0.60 m de altura y 0.60 m de ancho. Se tuvo en cuenta el capítulo 5 del RNE E.080.

## Procedimiento

- ✓ Se mide el espécimen considerando ancho y alto considerando dos mediciones, esto nos dará la hipotenusa y/o diagonal del murete.
- ✓ Colocar el espécimen en el equipo de compresión y dejar alineado
- ✓ Cuando el murete falla al 100% el equipo de compresión reporta la carga.

$$V'm = \frac{P_{\max \text{ diagonal}}}{\text{Area diagonal}}$$

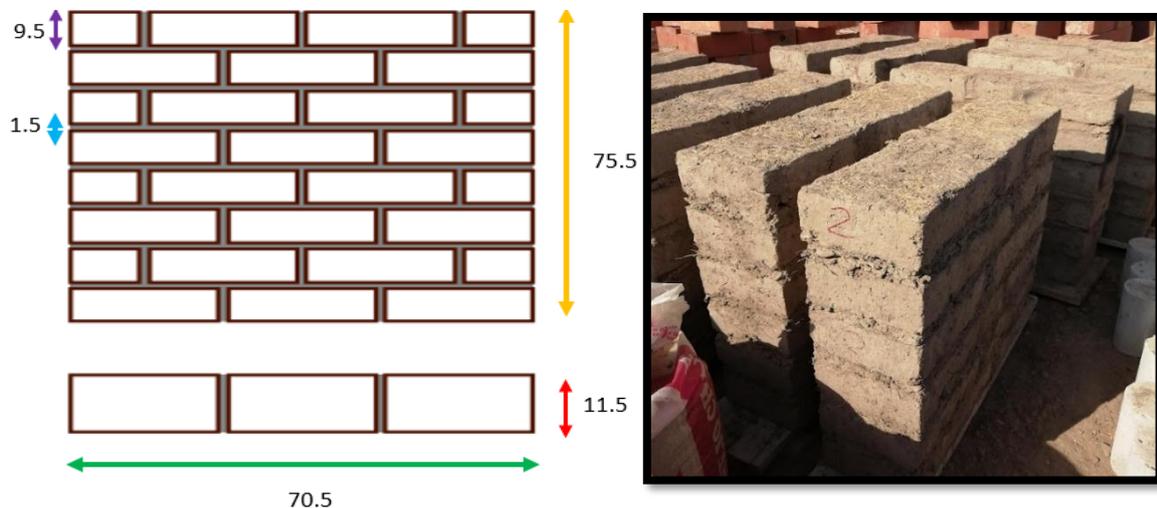
**Ecuación 10.** Formula del ensayo de compresión de muretes.

Donde:

$V'm$  = Resistencia al corte (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{\max}$  = Carga Actuante (kg)

Área = Área resistente (cm<sup>2</sup>)



**Figura 17.** Características de muretes

## 2.6 Criterios éticos

Esta investigación ha sido escrita con transparencia y veracidad en cuanto al reporte recopilada, la información de los autores fue eficientemente citado. Las diferentes fuentes

nombradas son completamente recomendadas y confiables, debido a su amparo por las diferentes entidades del estado encargado de gestionar y elaborar normas para la fabricación, asimismo, brinda el instrumento para el estudio de datos.

### **Ética del compendio de datos**

Los formatos aplicados para la realización de ensayos en esta investigación son de mi propia elaboración tomando como guía los formatos creados en LEMS W&C EIRL, así como también se han hecho adaptaciones de algunos otros autores. Los resultados se encuentran avalados por diferentes normas de suelo y de albañilería, además los ensayos se han realizados como mandan la Norma Técnica Peruana y en algunos casos acorde a las experiencias de autores especialistas.

### **Respecto al lugar donde se ha realizado la investigación**

Las muestras de suelo con las que se han trabajado en los ensayos se han extraído de las diferentes canteras, teniendo en cuenta de los permisos de acuerdo al tipo de cantera para la extracción de las muestras respetando la propiedad privada existente.

## **2.7 Principios de rigor científico**

### **Validez**

La presente investigación se realizará de acuerdo a las exigencias que propone las diferentes normas de la unidad de albañilería, también está basada en normas internacionales, además de considerar como una guía las diferentes investigaciones de especialistas que se encuentran publicadas a la actualidad.

### **Confiabilidad**

El laboratorio de LEMS W&C EIRL, cuentan con la certificación de sus equipos para realizar todos los ensayos considerados en esta investigación.

## 2.8 Recursos y presupuesto

### Presupuesto

Con respecto al presupuesto una gran parte se utilizará para la fabricación de la prensa manual para la elaboración de ladrillos de albañilería.

### Materiales

**Tabla VII.**

Presupuesto del material empleado para la elaboración de los especímenes

| DETALLE                           | CANTIDAD | VALOR S/. | TOTAL, S/. |
|-----------------------------------|----------|-----------|------------|
| Material granular                 | 3        | 50        | 150        |
| Cemento                           | 5        | 30        | 150        |
| Materia para la prensa hidráulica | 1        | 1500      | 1500       |
|                                   |          |           | 1800       |

### Servicios

**Tabla VIII.**

Presupuesto de traslado de material

| DETALLE                                | CANTIDAD | VALOR S/. | TOTAL, S/. |
|--|----------|-----------|------------|
| Traslado de material hacia laboratorio | 3        | 50        | 150        |
| <b>Total, de servicios</b>             |          |           | 150        |
| <b>Total, general</b>                  |          |           | 1950       |

### Financiamiento

El financiamiento es de mis propios recursos.

### III. RESULTADOS

Se tomó 3 tipos de suelos, Ferreñafe con coordenadas geográficas de (S 6°38'03", W 79°48'11"), Pomalca con coordenadas geográficas de (S 6°46'39", W 79°49'18") y Reque con coordenadas geográficas de (S 6°52'39", W 79°49'04"), se seleccionó el suelo con las mejores particularidades para la elaboración de ladrillos.

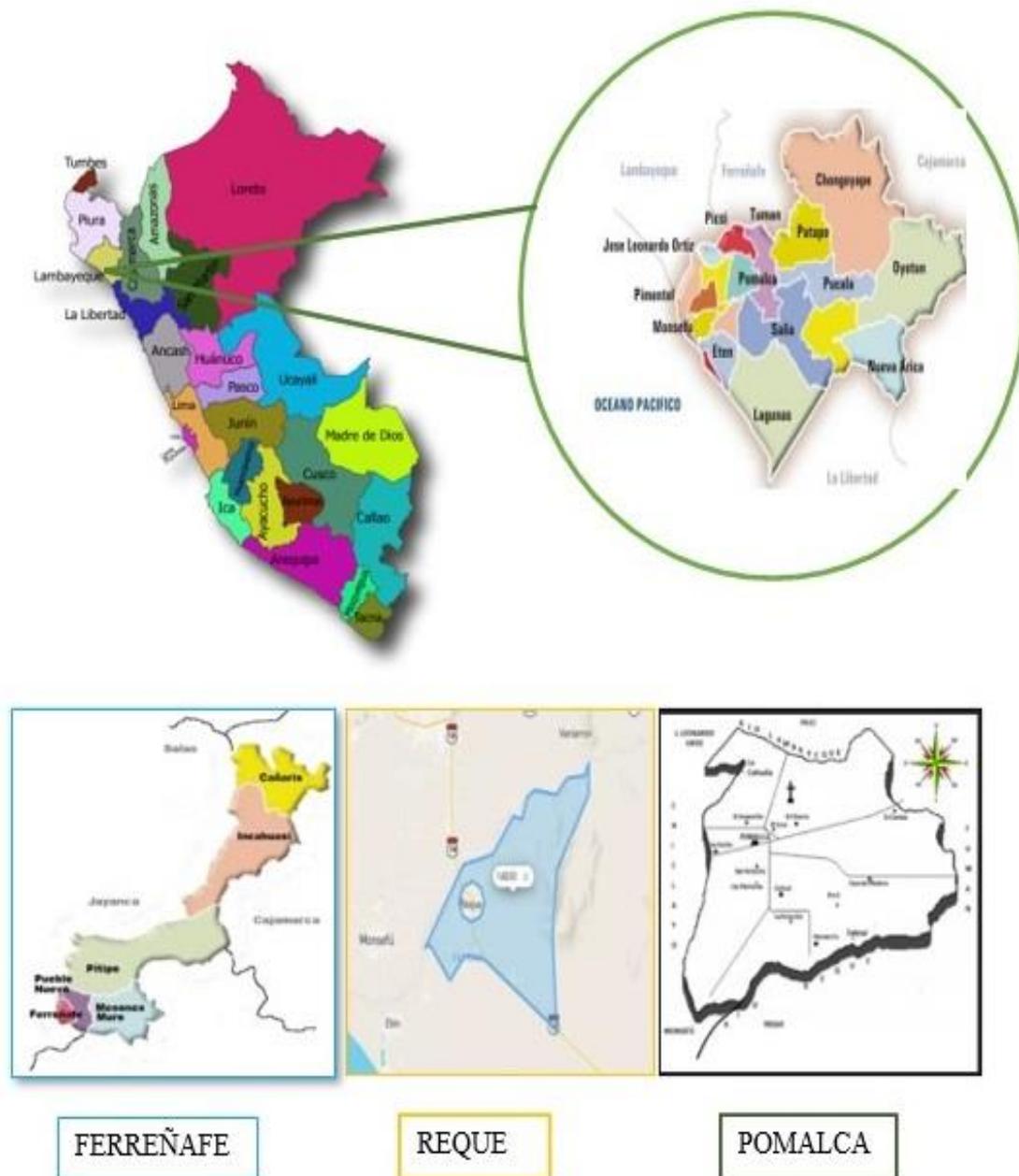


Figura 18. Ubicación de áreas de extracción de suelos

### 3.1 Resultados en tablas y figuras.

#### Análisis granulométrico

Para este ensayo se presentó las siguientes tablas, figuras y anexos, correspondientes al desarrollo del **objetivo N°1**, basado en la de la Normativa Técnica Peruana (NTP) y la norma internacional American Society for Testing and Materials (ASTM). En este ensayo se tomó 03 tipos de suelos (Ferreñafe, Pomalca y Reque). En la Tabla 10, 11 y 12 se visualiza los resultados obtenidos de este ensayo y en la figura 19, 20 y 21 se muestra la curva representativa de las partículas.

**Tabla IX**

Análisis de granulometría del suelo de Pomalca

| TAMIZ<br>(Pulg)  | MASA<br>(mm) | RETENIDO | %            | %              | ESPECIFICACIONES |          |        |
|------------------|--------------|----------|--------------|----------------|------------------|----------|--------|
|                  |              |          | RET. Parcial | RET. Acumulado |                  | QUE Pasa | Mínimo |
| 1/2              | 12.500       | 0.00     | 0.0          | 0.0            | 100.0            | 100.00   | 100.00 |
| 3/8              | 9.500        | 0.00     | 0.0          | 0.0            | 100.0            | 100.00   | 100.00 |
| Nº 4             | 4.750        | 5.90     | 1.4          | 1.4            | 98.6             | 95.00    | 100.00 |
| Nº 8             | 2.360        | 5.00     | 2.8          | 4.2            | 95.8             | 80.00    | 100.00 |
| Nº 16            | 1.180        | 9.68     | 5.5          | 9.7            | 90.3             | 50.00    | 85.00  |
| Nº 30            | 0.600        | 16.37    | 9.3          | 19.0           | 81.0             | 25.00    | 60.00  |
| Nº 50            | 0.300        | 67.79    | 38.4         | 57.4           | 42.6             | 10.00    | 30.00  |
| Nº 100           | 0.150        | 56.66    | 32.1         | 89.5           | 10.5             | 2.00     | 10.00  |
| Nº 200           | 0.075        | 9.20     | 5.2          | 94.7           | 5.3              |          |        |
| < Nº 200         | FONDO        | 4.42     | 2.5          | 97.2           | 2.8              |          |        |
| Módulo de fineza |              |          |              | 1.812          |                  |          |        |

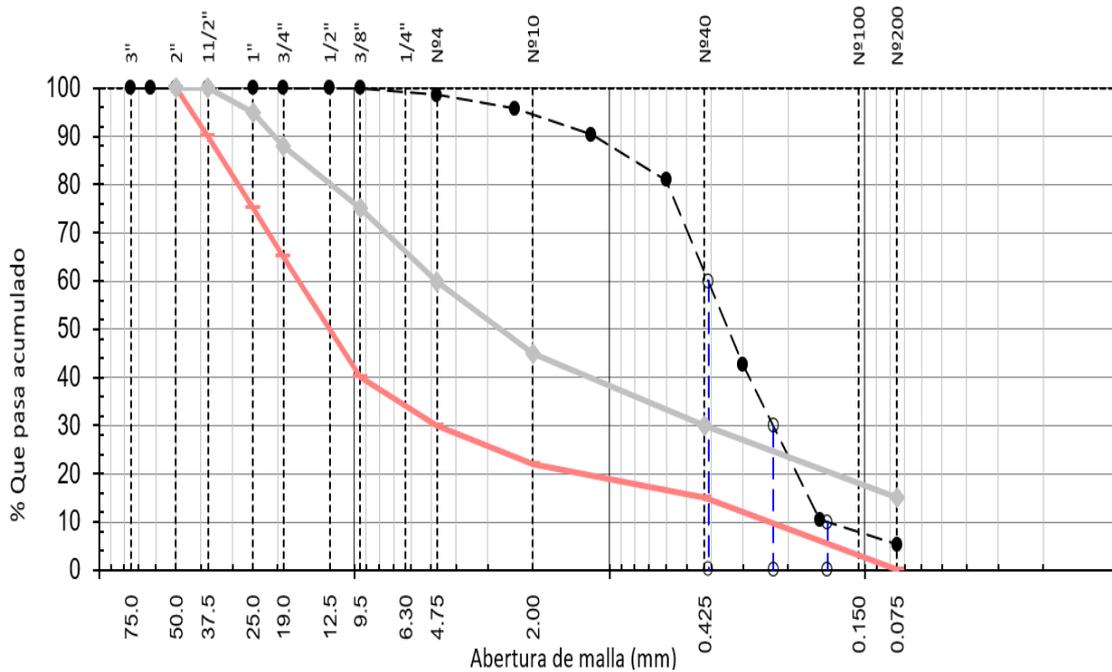
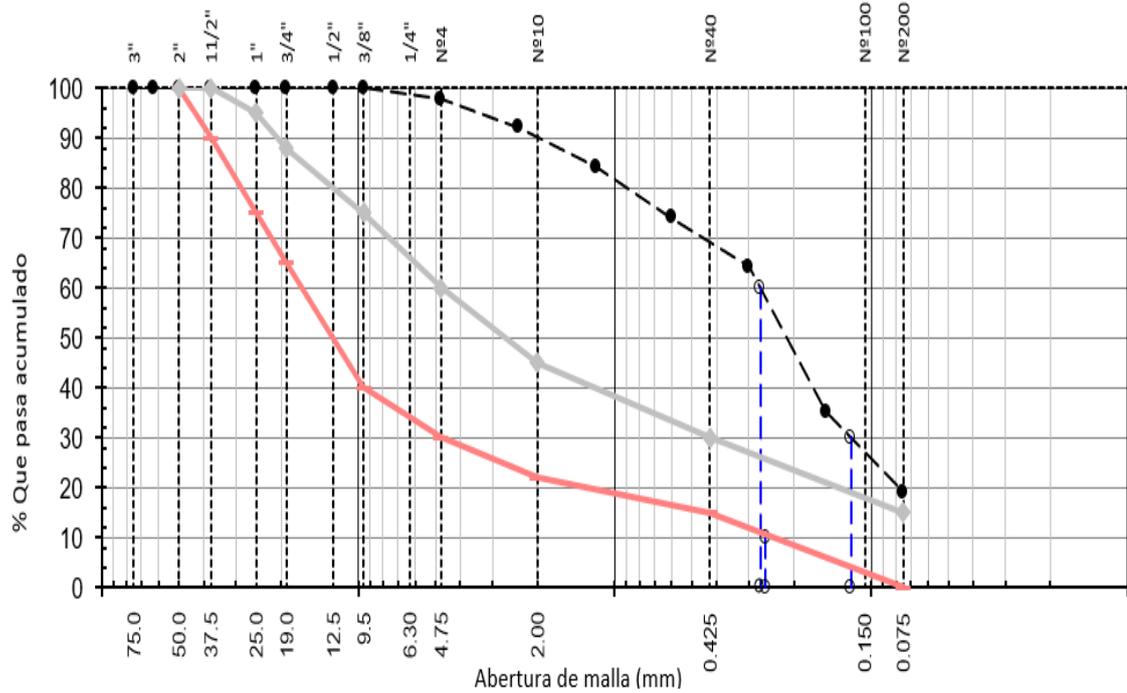


Figura 19. Curva granulométrica del suelo de Pomalca

Tabla X

Análisis granulométrico del suelo de Ferreñafe

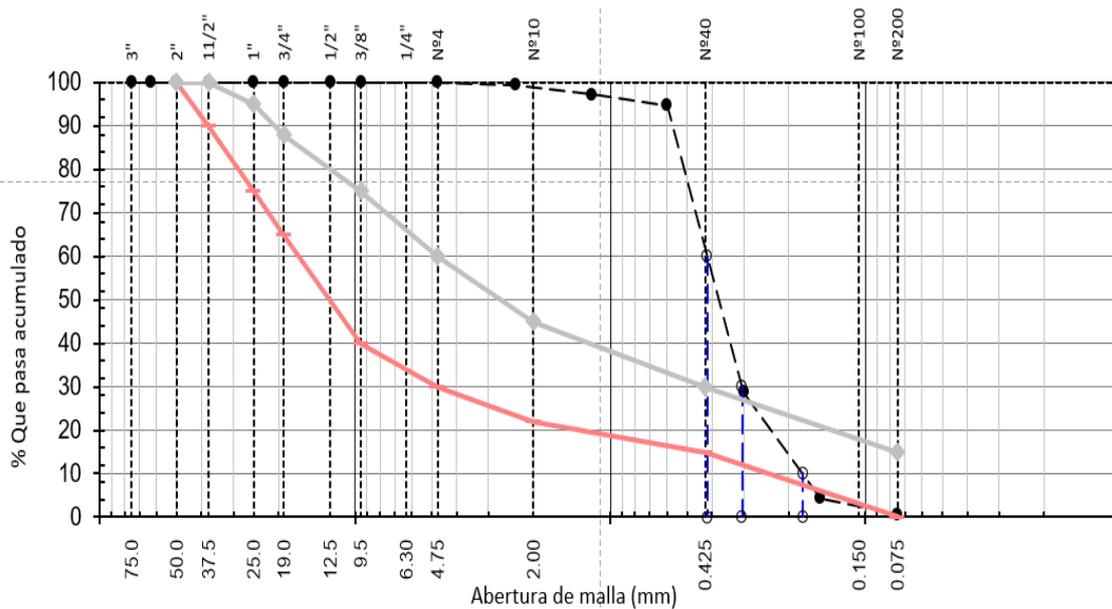
| TAMICES          | MASA   | % RET.   | % RET.  | % QUE       | ESPECIFICACIONES |         |         |
|------------------|--------|----------|---------|-------------|------------------|---------|---------|
| (Pulg)           | (mm)   | Retenido | Parcial | RET. Acumul | Pasa             | Mínimos | Máximos |
| 1/2              | 12.500 | 0.00     | 0.0     | 0.0         | 100.0            | 100.00  | 100.00  |
| 3/8              | 9.500  | 0.00     | 0.0     | 0.0         | 100.0            | 100.00  | 100.00  |
| Nº 4             | 4.75   | 5.65     | 2.2     | 2.2         | 97.8             | 95.00   | 100.00  |
| Nº 8             | 2.36   | 4.56     | 5.7     | 7.9         | 92.1             | 80.00   | 100.00  |
| Nº 16            | 1.18   | 6.19     | 7.8     | 15.7        | 84.3             | 50.00   | 85.00   |
| Nº 30            | 0.60   | 8.16     | 10.2    | 25.9        | 74.1             | 25.00   | 60.00   |
| Nº 50            | 0.30   | 7.78     | 9.8     | 35.7        | 64.3             | 10.00   | 30.00   |
| Nº 100           | 0.15   | 23.18    | 29.1    | 64.8        | 35.2             | 2.0     | 10.00   |
| Nº 200           | 0.075  | 12.84    | 16.1    | 80.9        | 19.1             |         |         |
| < Nº 200         | FONDO  | 0.36     | 0.5     | 81.4        | 18.6             |         |         |
| Módulo de fineza |        |          |         | 1.522       |                  |         |         |



**Figura 20.** Análisis granulométrico del suelo de Ferreñafe

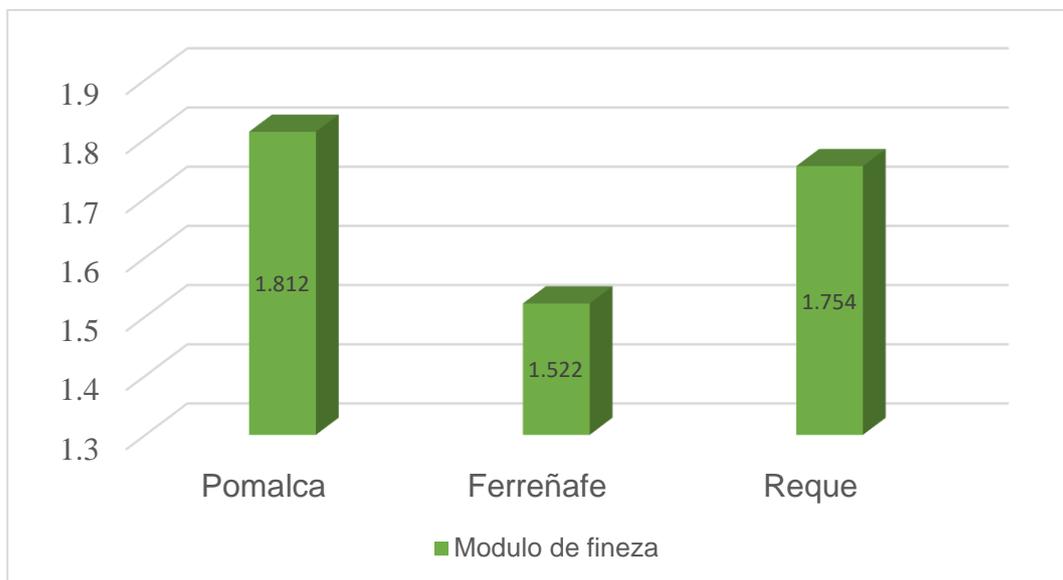
**Tabla XI**  
Análisis granulométrico del suelo de Reque

| TAMICES          | MASA   | %        | %            | %            | ESPECIFICACIONES |        |        |
|------------------|--------|----------|--------------|--------------|------------------|--------|--------|
| (Pulg)           | (mm)   | Retenido | RET. Parcial | RET. Acumul. | QUE Pasa         | Mínimo | Máximo |
| 1/2"             | 12.500 | 0.00     | 0.0          | 0.0          | 100.0            | 100.00 | 100.00 |
| 3/8"             | 9.500  | 0.00     | 0.0          | 0.0          | 100.0            | 100.00 | 100.00 |
| N° 4             | 4.750  | 0.22     | 0.0          | 0.0          | 100.0            | 95.00  | 100.00 |
| N° 8             | 2.360  | 1.93     | 0.6          | 0.6          | 99.4             | 80.00  | 100.00 |
| N° 16            | 1.180  | 6.43     | 2.1          | 2.7          | 97.3             | 50.00  | 85.00  |
| N° 30            | 0.600  | 7.69     | 2.5          | 5.2          | 94.8             | 25.00  | 60.00  |
| N° 50            | 0.300  | 200.23   | 66.0         | 71.2         | 28.8             | 10.00  | 30.00  |
| N° 100           | 0.150  | 74.39    | 24.5         | 95.7         | 4.3              | 2.00   | 10.00  |
| N° 200           | 0.075  | 10.95    | 3.6          | 99.3         | 0.7              |        |        |
| < N° 200         | FONDO  | 1.58     | 0.5          | 99.8         | 0.2              |        |        |
| Módulo de fineza |        |          |              | 1.754        |                  |        |        |



**Figura 21.** Análisis granulométrico del suelo de Reque

En la Figura 22 y el Anexo 1, se muestra los resultados del módulo de fineza de los suelos de Ferreñafe, Pomalca y Reque, obtenidos mediante el ensayo de granulometría, en la cual se puede observar que el mayor valor es del suelo de Ferreñafe con 1.812.



**Figura 22.** Módulo de fineza de los suelos

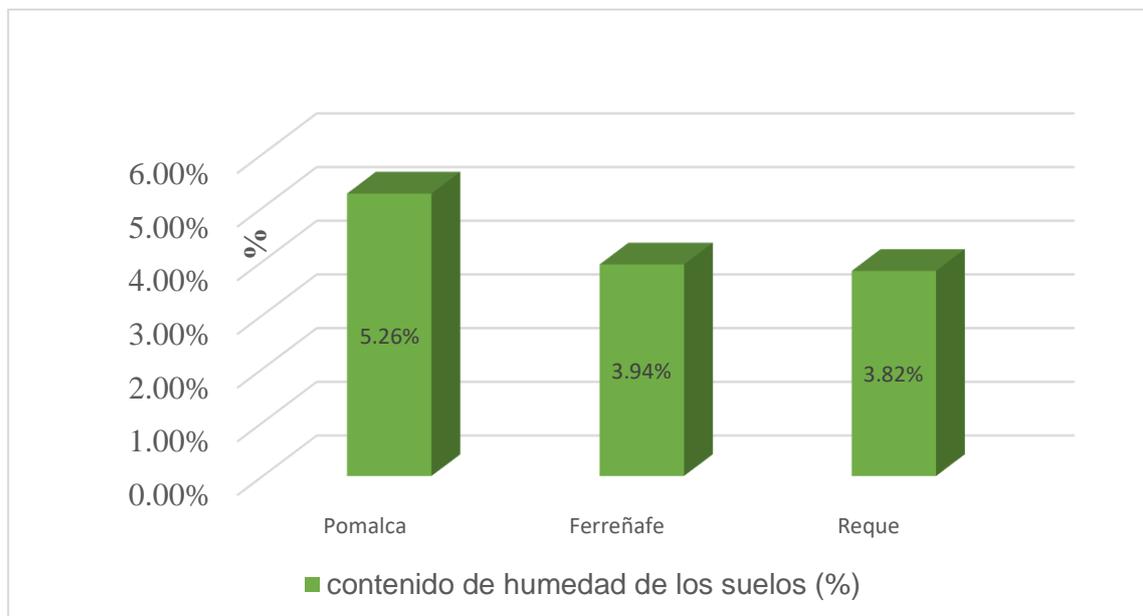
## Ensayo de contenido de humedad

Este ensayo se desarrolló de acuerdo a la norma ASTM D2216, en la Tabla 13 se detalla los resultados y en la Figura 22 se muestra gráficamente el porcentaje de humedad de los diferentes suelos estudiados.

**Tabla XII**  
Contenido de humedad

| SUELO     | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|-----------|--------------------------|
| Ferreñafe | 5.26                     |
| Pomalca   | 3.94                     |
| Reque     | 3.82                     |

En la Figura 23 se visualiza los porcentajes obtenidos de los tres tipos de suelo, el suelo con mayor porcentaje de contenido de humedad fue el de Ferreñafe con un valor de 5.26%.



**Figura 23.** Porcentaje del contenido de humedad

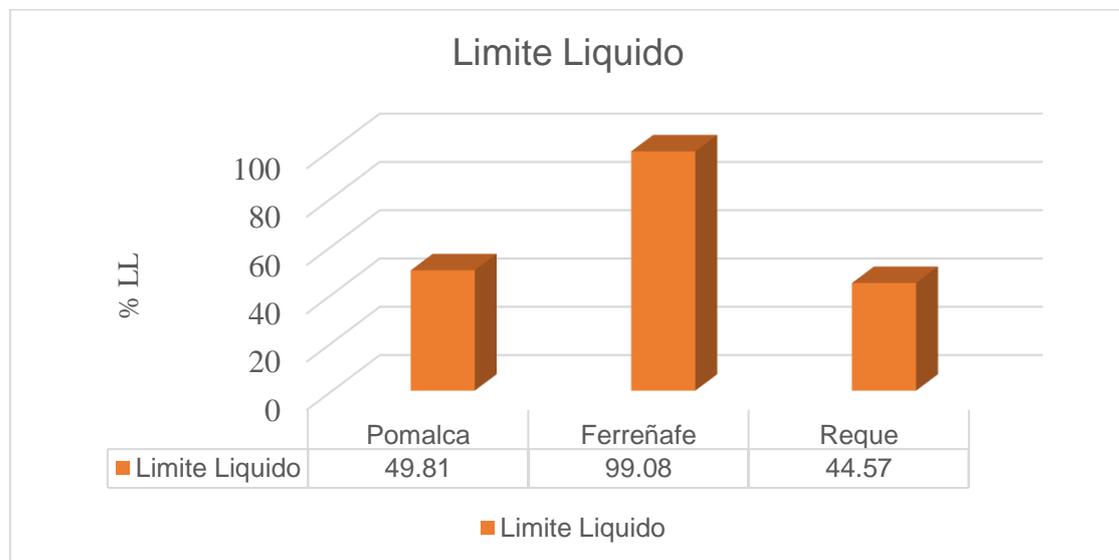
## Límites de consistencia

### Límite líquido

**Tabla XIII**  
Límite líquido de los suelos

| SUELO     | LIMITE LIQUIDO (%) |
|-----------|--------------------|
| Ferreñafe | 49.81              |
| Pomalca   | 99.08              |
| Reque     | 44.57              |

El ensayo de límite líquido realizados a los suelos de Ferreñafe, Pomalca y Reque, en la cual el suelo con mayor porcentaje de límite líquido fue Pomalca con un valor de 99.08% como se observa en la Figura 24.



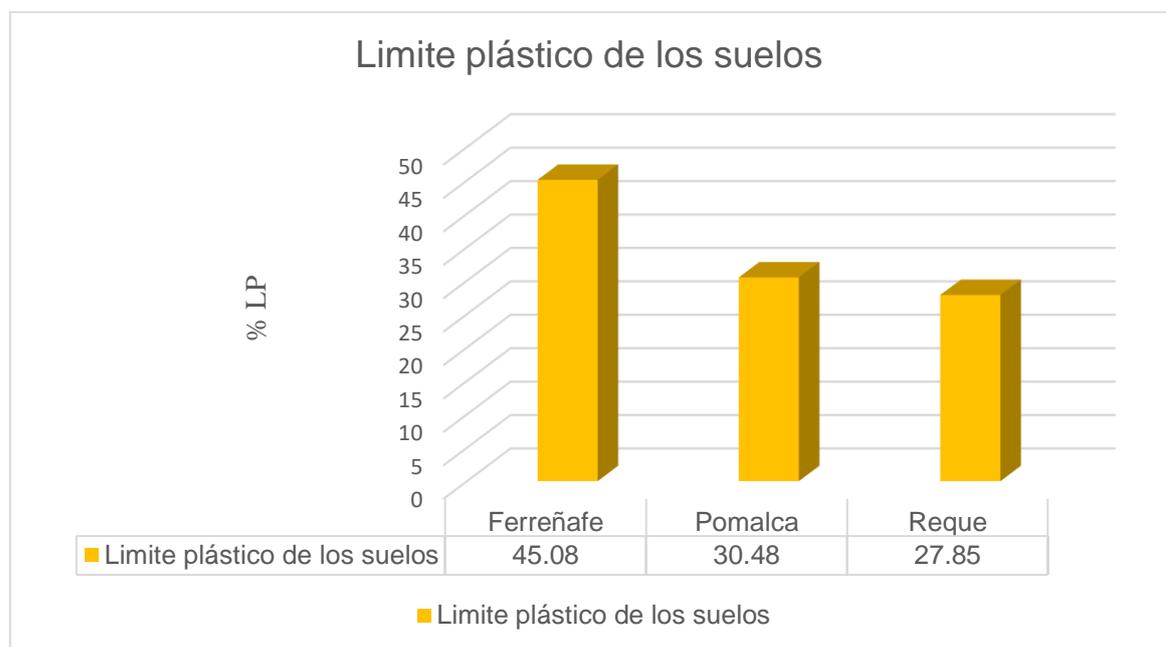
**Figura 24.** Límite líquido.

## Limite plástico

**Tabla XIV**  
.Ensayo de límite plástico

| SUELO     | LIMITE PLÁSTICO (%) |
|-----------|---------------------|
| Ferreñafe | 45.08               |
| Pomalca   | 30.48               |
| Reque     | 27.85               |

El límite plástico realizados a los tres tipos de suelos, los resultados se muestran en la Figura 25 en la cual se detalla que el suelo de Ferreñafe alcanzo un valor de 45.08%.



**Figura 25.** Resultados del ensayo de limite plástico de los suelos

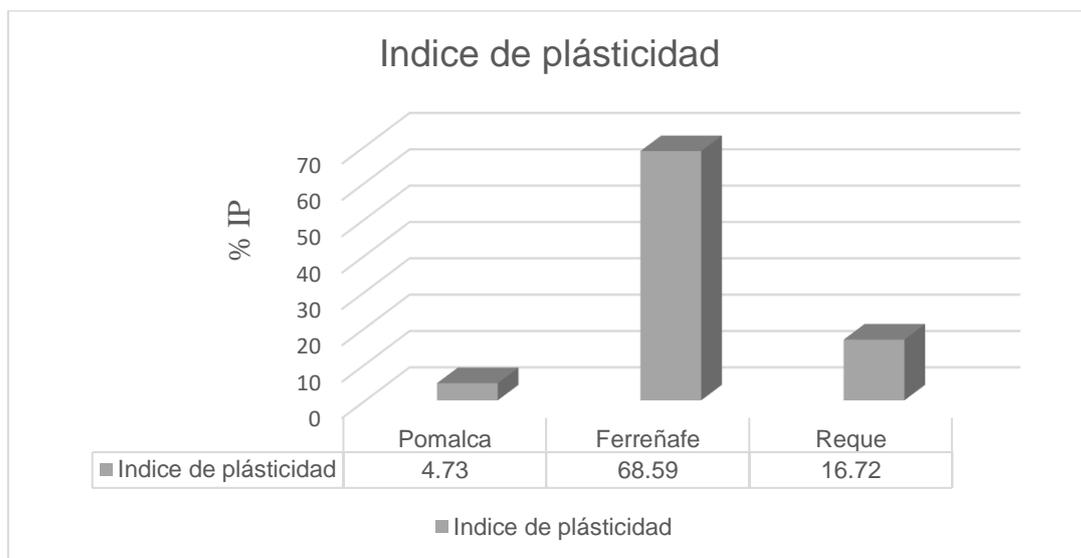
## Índice de plasticidad

**Tabla XV**

Resultados del índice de plasticidad

| SUELOS    | ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) |
|-----------|---------------------------|
| Ferreñafe | 4.73                      |
| Pomalca   | 68.59                     |
| Reque     | 16.72                     |

En la Figura 26 se observa los resultados del índice de plasticidad, realizado a los tres suelos Ferreñafe, Pomalca y Reque, se aprecia que Pomalca tiene el mayor valor con un porcentaje de 68.59%



**Figura 26.** Resultado del índice de plasticidad de los suelos

## Selección del suelo

Con los resultados del análisis granulométrico y las referencias alcanzados en los ensayos de límites de Atterberg, se elaboró el análisis y la clasificación de suelos, teniendo en consideración el sistema SUCS y el sistema AASHTO como se observa en la Figura 27.

| Ferreñafe  | Pomalca  | Reque   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SUCS:</b></li> <li>• SP-SM</li> <li>• <b>AASHTO:</b></li> <li>• A-2-5</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SUCS:</b></li> <li>• SC</li> <li>• <b>AASHTO</b></li> <li>• A-2-7 (1)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SUCS:</b></li> <li>• SP</li> <li>• <b>AASHTO:</b></li> <li>• A-2-7</li> </ul> |

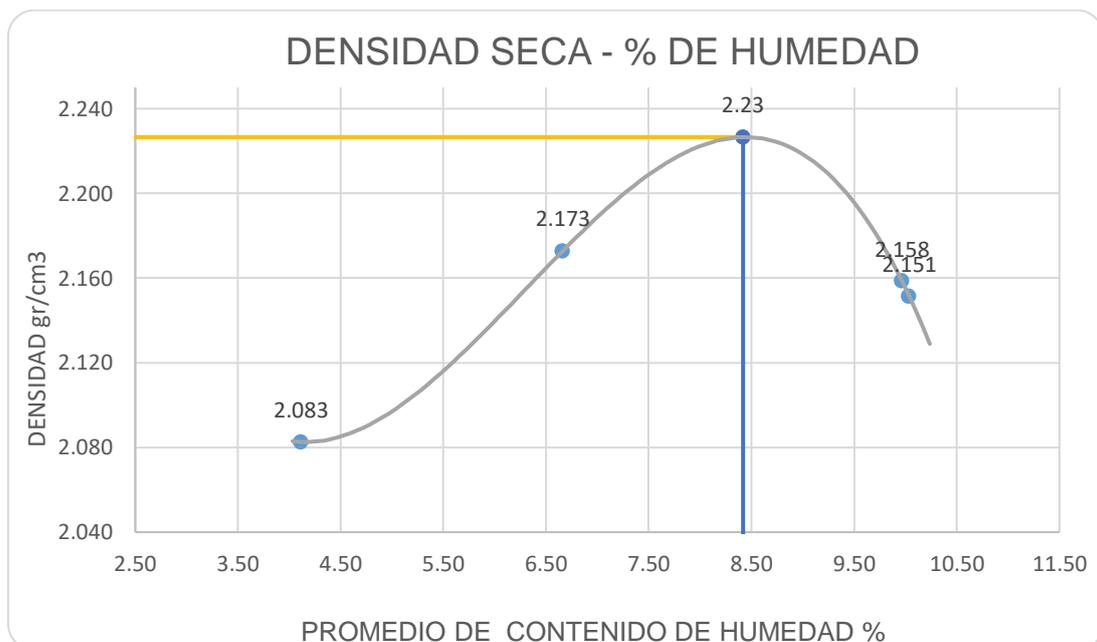
**Figura 27.** Clasificación del suelo de Ferreñafe, Pomalca y Reque

### 3.2 Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida.

En las Tablas y Figuras se detallan los resultados alcanzados correspondientes al **objetivo N°2**, realizados de acuerdo al desarrollo y parámetros de las Normativas Peruanas, el suelo de Ferreñafe fue empleado para la elaboración de los ladrillos.

#### Resultados del ensayo de Proctor Modificado

El resultado de este ensayo se muestra en la Figura 28, donde se detalla que la densidad máxima fue 2.227 gr/cm<sup>3</sup> y la Humedad optima de 8.42%, en este ensayo se utilizó el suelo sin ningún tipo de estabilizador.



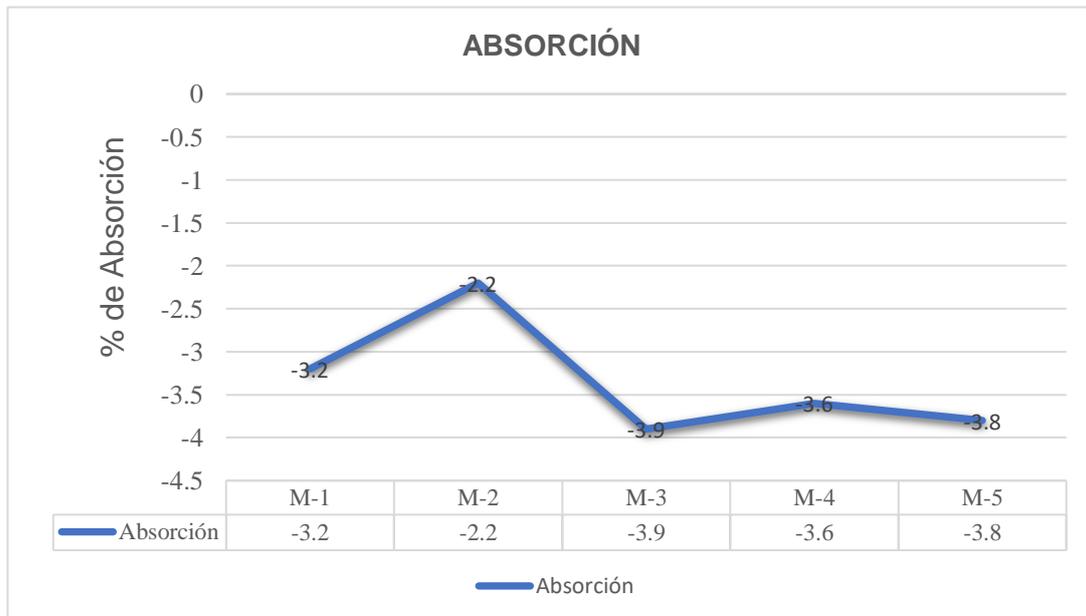
**Figura 28.** Ensayo de Proctor con 0% de cemento

## Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos

**Tabla XVI**  
Porcentaje de absorción.

| MUESTREO | DESCRIPCIÓN DE LA   | ABSORCIÓN (%) |
|----------|---------------------|---------------|
| N°       | MUESTRA             |               |
| 01       |                     | -3.2          |
| 02       | LADRILLOS DE TIERRA | -2.2          |
| 03       | COMPRIMIDA          | -3.9          |
| 04       | ESTABILIZADA CON 0% | -3.6          |
| 05       | CEMENTO.            | -3.8          |
| PROMEDIO |                     | -3.32         |

Los resultados que se muestran en la Figura 29 están en base a las Normativas 399.604 y 399.604, se detallan valores negativos, debido a que al momento de sumergirlo al agua este tipo de ladrillo empezó a desmoronarse por sus bordes, terminando como un ladrillo reducido de tamaño.



**Figura 29.** Porcentaje del ensayo de absorción

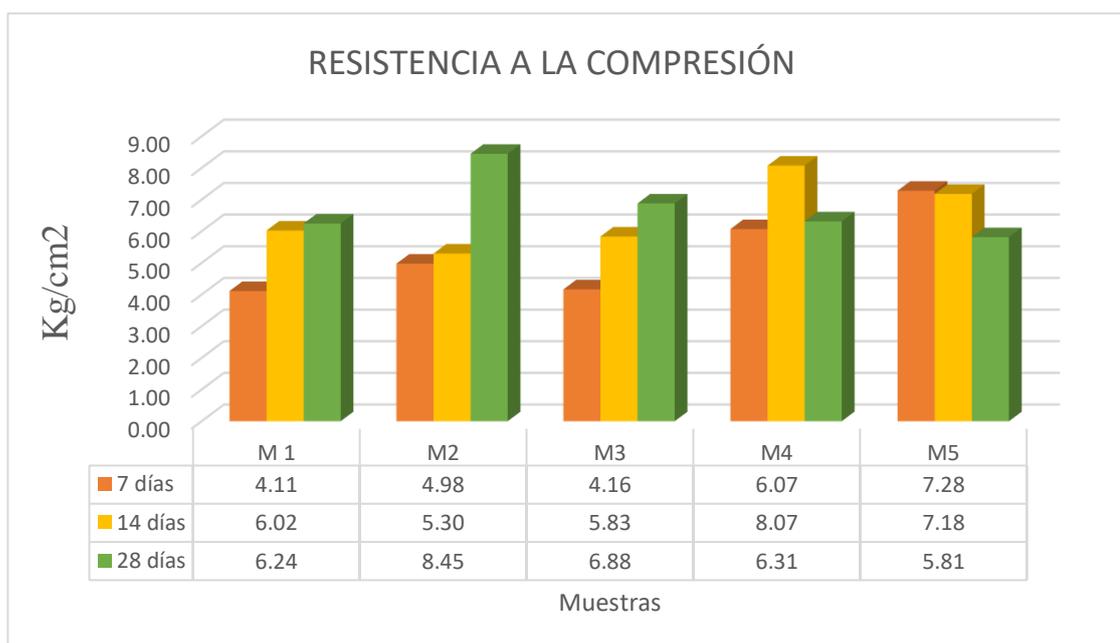
## Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo

**Tabla XVII**

Ensayo de resistencia a la compresión de la unidad de ladrillo con 0% de cemento.

| Muestra N° | Identificación 0%                                | 7 días<br>F'b<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 14 días<br>F'b (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 28 días<br>F'b<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|--|--|--------------------------------------|---|
| 01         | M-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA SIN CEMENTO | 4.11                                   | 6.02                                 | 6.24                                    |
| 02         | M-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA SIN CEMENTO | 4.98                                   | 5.30                                 | 8.45                                    |
| 03         | M-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA SIN CEMENTO | 4.16                                   | 5.83                                 | 6.88                                    |
| 04         | M-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA SIN CEMENTO | 6.07                                   | 8.07                                 | 6.31                                    |
| 05         | M-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA SIN CEMENTO | 7.28                                   | 7.18                                 | 5.81                                    |

En la Figura 30 se observan los resultados del ensayo de compresión por unidad, el ladrillo ensayado no cuenta con ningún tipo de estabilizante, se observa que su mayor resistencia a los 28 días es 6.74 Kg/cm<sup>2</sup>, este valor es inferior a lo especificado en la Norma E. 080.



**Figura 30.** Ensayo de resistencia a la compresión

**Resultados del ensayo de resistencia a la flexión**

**Tabla XVIII**  
Ensayo de resistencia a la flexión con 0% de cemento

| MUESTRA         | IDENTIFICACIÓN | LUZ LIBRE | ANCHO | ALTURA | MODULO DE ROTURA      |                        |
|-----------------|----------------|-----------|-------|--------|-----------------------|------------------------|
|                 |                | (cm.)     | (cm.) | (cm.)  | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (daN/cm <sup>2</sup> ) |
| M 1             |                | 17.4      | 22.5  | 9.5    | 3.09                  | 3.03                   |
| M2              |                | 17.4      | 22.5  | 9.6    | 3.23                  | 3.17                   |
| M3              | 0% de cemento  | 17.4      | 22.4  | 9.5    | 2.69                  | 2.64                   |
| M4              |                | 17.4      | 22.4  | 9.5    | 2.82                  | 2.76                   |
| M5              |                | 17.4      | 22.5  | 9.5    | 2.91                  | 2.85                   |
| <b>PROMEDIO</b> |                |           |       |        | <b>2.95</b>           | <b>2.89</b>            |

En la Figura 31 y el Anexo 6 se registran los resultados obtenidos del ensayo de flexión, de los ladrillos de 0% de cemento a los 28 días, en la cual se puede observar su valor máximo es 3.23 Kg/cm<sup>2</sup> y el valor mínimo es 2.69 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 31.** Ensayo de resistencia a la flexión de los ladrillos con 0% de cemento

## Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas.

Tabla XIX

Resistencia a la compresión de pilas con 0% de cemento

| Muestra N° | Identificación            | Carga (N) | f'm (Mpa) | Factor Correc. | f'm (Kg/cm2) |
|------------|---------------------------|-----------|-----------|----------------|--------------|
| 01         | PRISMAS 1 - 0% de cemento | 30250     | 1.22      | 1.050          | 12.48        |
| 02         | PRISMAS 2 - 0% de cemento | 28940     | 1.17      | 1.049          | 11.91        |
| 03         | PRISMAS 3 - 0% de cemento | 25840     | 1.05      | 1.052          | 10.68        |
|            |                           |           |           |                | 11.69        |

El ensayo de resistencia a la compresión de prismas, se realizó bajo los lineamientos de las Normas 399.613 y 399.604, En la Figura 32 y el Anexo 7 se muestra los resultados obtenidos a los 28 días, donde se aprecia el máximo valor de 12.48 kg/cm<sup>2</sup> sin ningún contenido de estabilizador.

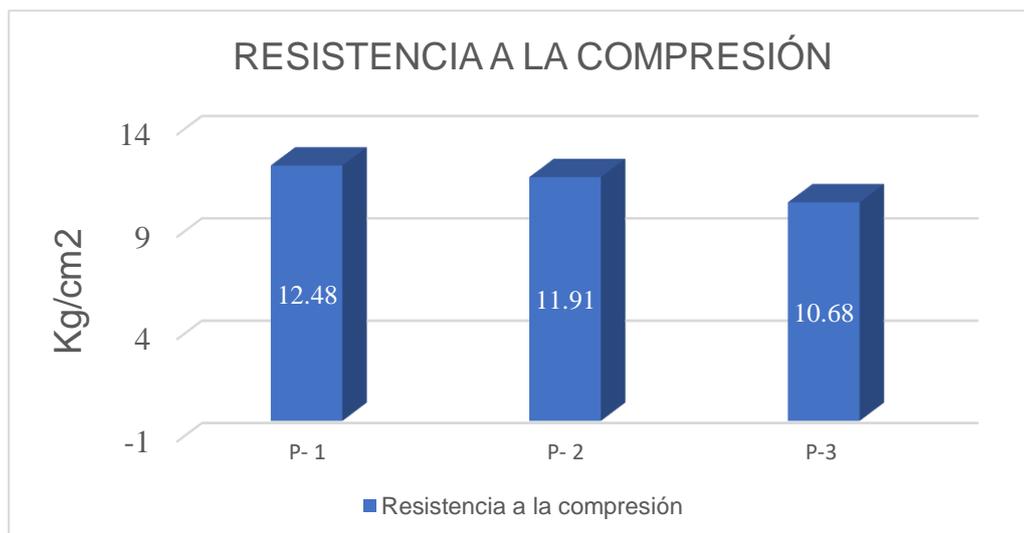


Figura 32 Ensayo de resistencia a la compresión de prismas con 0% de cemento

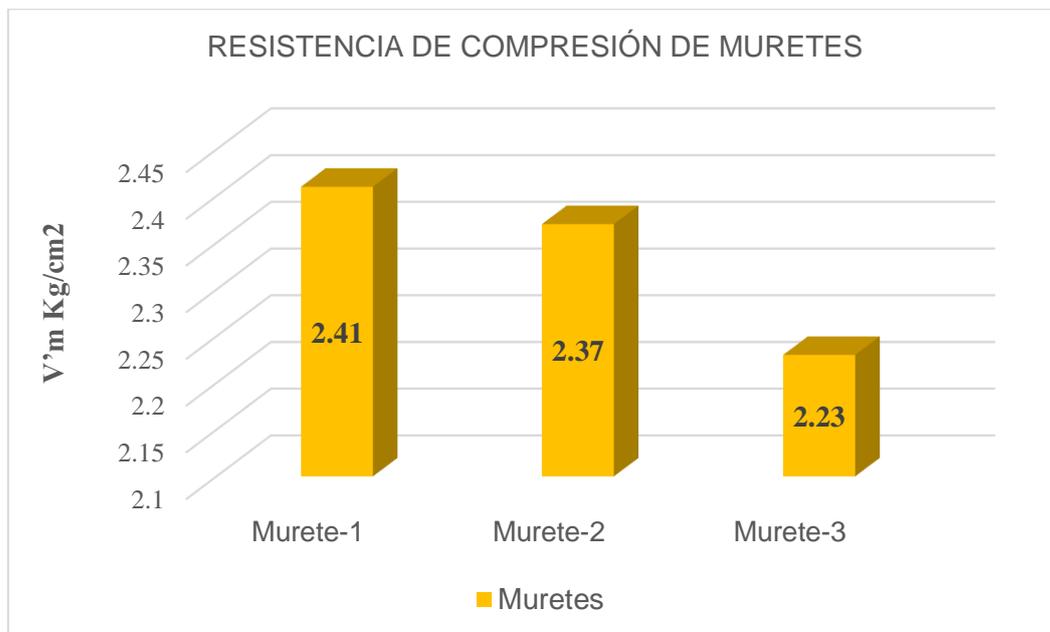
## Resultado del ensayo de compresión de muretes

**Tabla XX**

Resistencia a la compresión de muretes con 0% de cemento

| Muestra<br>Nº   | IDENTIFICACIÓN            | Edad<br>(Días) | Ab<br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(N) | Vm<br>(Mpa) | Vm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------------|----------------|--------------------------|----------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Muretes 1 - 0%<br>cemento | 28             | 83950                    | 28047    | 0.24        | 2.41                        |
| 02              | Muretes 2 - 0%<br>cemento | 28             | 83950                    | 27655    | 0.23        | 2.37                        |
| 03              | Muretes 3 - 0%<br>cemento | 28             | 83950                    | 25988    | 0.22        | 2.23                        |
| <b>PROMEDIO</b> |                           |                |                          |          |             | <b>2.34</b>                 |

El ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes como se muestra en la Figura 33, se realizó de acuerdo a la Norma RNE E.080, se observa que su mayor resistencia obtenida fue 2.41 Kg/cm<sup>2</sup> con 0% de cemento.



**Figura 33.** Ensayo de resistencia a la compresión de muretes con 0% de cemento

### 3.3 Características físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento (LTCEC).

En las siguientes Figuras y Tablas se presentan los diferentes resultados obtenidos que abarcan el **objetivo N°3**, desarrollados de acuerdo a las Norma Técnica Peruana, ensayadas a los 7, 14 y 28 días, a partir de este desarrollo denominaremos a los ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento con la nomenclatura LTCEC.

#### Resultado del ensayo de Proctor modificado.

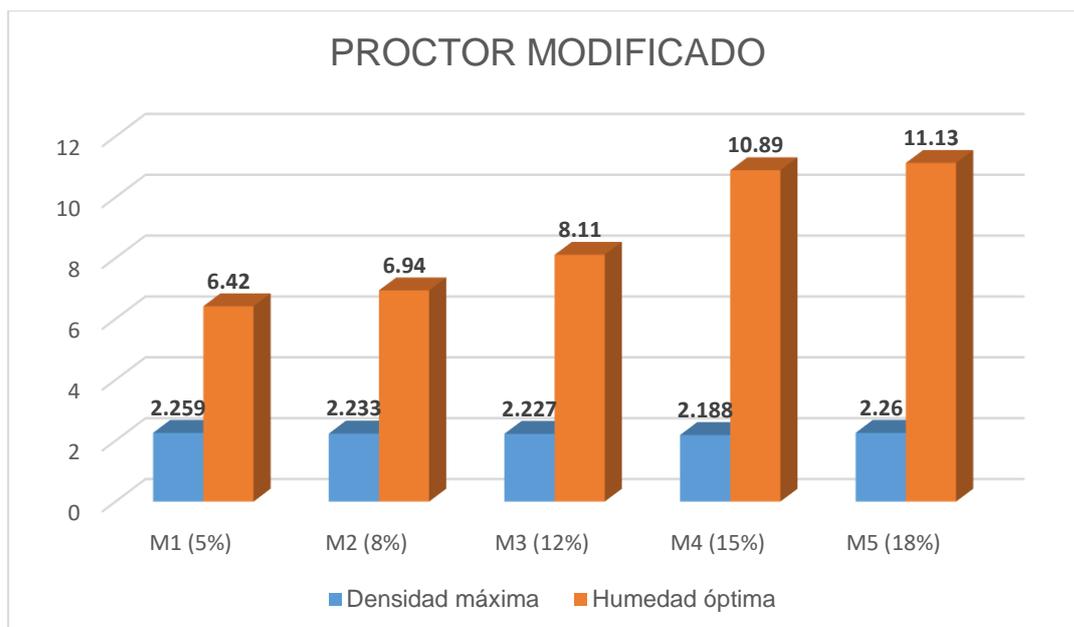
Para este ensayo se estabilizo el suelo con 5, 8, 12, 15 y 18 % de cemento, para determinar por cada porcentaje el contenido de humedad y la densidad máxima.

**Tabla XXI**

Ensayo de Proctor modificado con adicción de cemento

| N° | SUELO               | DENSIDAD MÁXIMA<br>(Kg/cm <sup>3</sup> ) | HUMEDAD ÓPTIMA<br>(%) |
|----|---------------------|--|-----------------------|
| 1  | S1 (5% de cemento)  | 2.259                                    | 6.42                  |
| 2  | S2 (8% de cemento)  | 2.233                                    | 6.94                  |
| 3  | S3 (12% de cemento) | 2.227                                    | 8.11                  |
| 4  | S4 (15% de cemento) | 2.188                                    | 10.89                 |
| 5  | S5 (18% de cemento) | 2.260                                    | 11.13                 |

En la Figura 34 y Anexo 2 se muestra los datos alcanzados en el ensayo de Proctor modificado con suelo adicionado 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, donde se obtuvo la densidad máxima de 2.259 Kg/cm<sup>2</sup> y la humedad optima de 11.13 %, teniendo en cuenta los lineamientos de la Norma ASTM D 1557.



**Figura 34.** Ensayo de Proctor modificado con estabilización

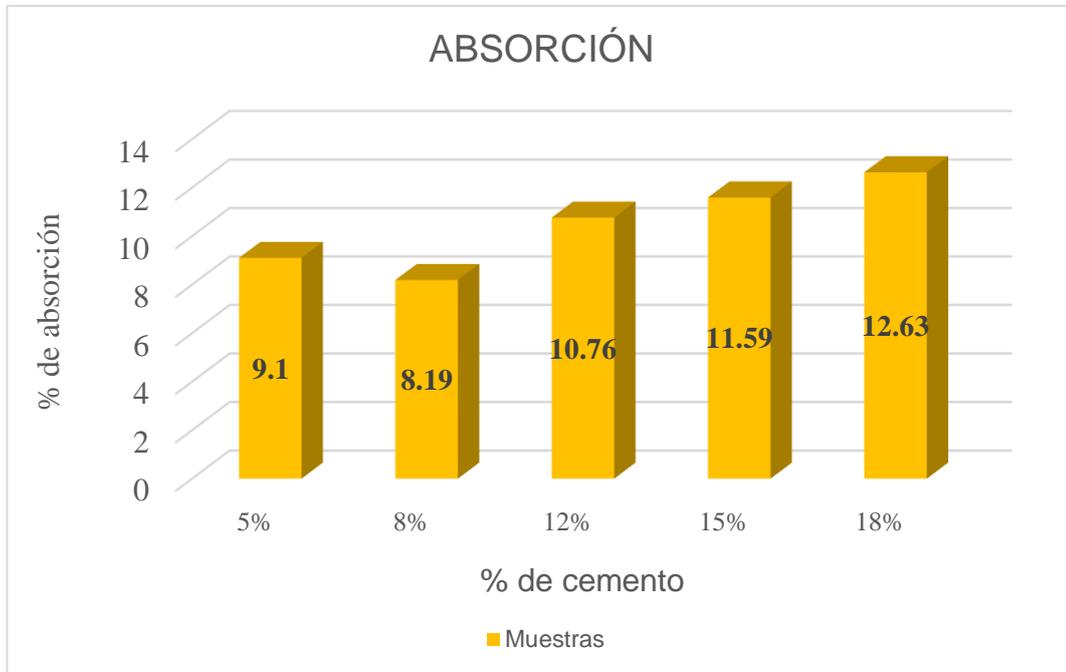
### Resultados de ensayo de absorción

**Tabla XXII**

Ensayo de absorción de los ladrillos comprimidos estabilizados con cemento

| N° | MUESTRAS  | ABSORCIÓN (%) |             |              |              |              |
|----|-----------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|    |           | 5%            | 8%          | 12%          | 15%          | 18%          |
| 01 | <b>M1</b> | 10.9          | 9.8         | 11.8         | 11.9         | 11.2         |
| 02 | <b>M2</b> | 9.6           | 8.3         | 10.2         | 12.2         | 12.5         |
| 03 | <b>M3</b> | 9.3           | 6.3         | 9.6          | 12.2         | 13.5         |
| 04 | <b>M4</b> | 7.0           | 7.6         | 9.7          | 8.3          | 12.7         |
| 05 | <b>M5</b> | 8.7           | 8.9         | 12.5         | 13.4         | 13.3         |
|    |           | <b>9.10</b>   | <b>8.19</b> | <b>10.76</b> | <b>11.59</b> | <b>12.63</b> |

En la Figura 35 y el Anexo 4 se muestra los ladrillos ensayados a los 28 días, según los parámetros de la Norma 399.604 y 399.613, donde se obtuvo resultados mínimos de 9.1% y máximo de 12.63%, según la Norma E.070 estos valores de porcentaje de humedad se consideran aceptables porque son menor al 22%.



**Figura 35.** Ensayo del contenido de absorción con material estabilizado

### Resultados del ensayo de variación dimensional.

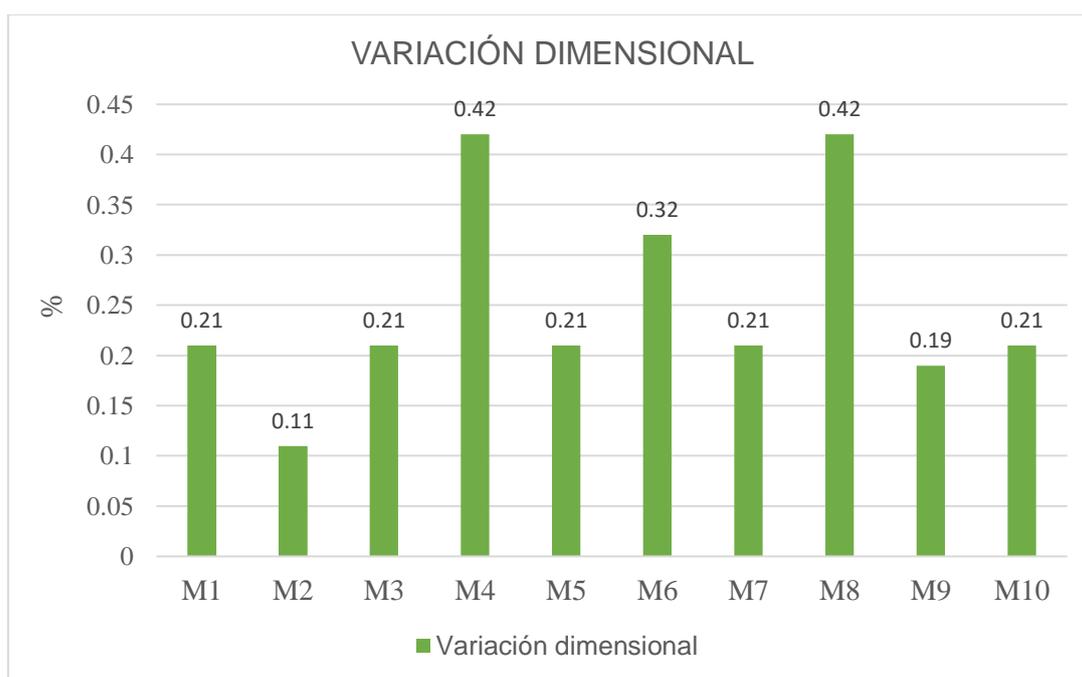
**Tabla XXIII.**

Ensayo de variación dimensional de los ladrillos de tierra

| N°        | Muestras | Medición de dimensiones |          |       |            |          |       |             |          |       |
|-----------|----------|-------------------------|----------|-------|------------|----------|-------|-------------|----------|-------|
|           |          | Largo (cm)              | $\delta$ | V (%) | Ancho (cm) | $\delta$ | V (%) | Altura (cm) | $\delta$ | V (%) |
| <b>01</b> | L-01     | 22.5                    | 0.03     | 0.13  | 11.6       | 0.04     | 0.09  | 9.6         | 0.08     | 0.21  |
| <b>02</b> | L-02     | 22.5                    | 0.07     | 0.27  | 11.6       | 0.05     | 0.00  | 9.5         | 0.05     | 0.11  |
| <b>03</b> | L-03     | 22.5                    | 0.10     | 0.40  | 11.6       | 0.08     | 0.26  | 9.6         | 0.04     | 0.21  |
| <b>04</b> | L-04     | 22.5                    | 0.04     | 0.17  | 11.5       | 0.05     | 0.09  | 9.6         | 0.09     | 0.42  |
| <b>05</b> | L-05     | 22.5                    | 0.06     | 0.27  | 11.5       | 0.02     | 0.17  | 9.5         | 0.06     | 0.21  |

|                 |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| <b>06</b>       | L-06 | 22.5 | 0.03 | 0.09 | 11.5 | 0.01 | 0.26 | 9.6 | 0.08 | 0.32 |
| <b>07</b>       | L-07 | 22.5 | 0.03 | 0.13 | 11.6 | 0.04 | 0.09 | 9.6 | 0.07 | 0.21 |
| <b>08</b>       | L-08 | 22.5 | 0.09 | 0.40 | 11.5 | 0.02 | 0.17 | 9.6 | 0.09 | 0.42 |
| <b>09</b>       | L-09 | 22.5 | 0.09 | 0.40 | 11.5 | 0.03 | 0.09 | 9.6 | 0.05 | 0.19 |
| <b>10</b>       | L-10 | 22.5 | 0.06 | 0.22 | 11.5 | 0.05 | 0.09 | 9.6 | 0.08 | 0.21 |
| <b>PROMEDIO</b> |      | 22.5 | 0.06 | 0.25 | 11.5 | 0.04 | 0.04 | 9.6 | 0.07 | 0.19 |

En la Figura 36 se muestra la variación dimensional de los LTCEC, este ensayo se desarrolló según la Norma Peruana 399.613 y 399.604, existe una variación máxima de 0.42 % y una mínima de 0.11%.



**Figura 36.** Ensayo de variación dimensional.

### Ensayo de alabeo

En la Tabla 22 y el Anexo 3 se visualiza los resultados obtenidos en el ensayo de alabeo realizado a los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento, teniendo en cuenta la normatividad 339.613.

**Tabla XXIV.**  
Ensayo de Alabeo

| N° | Identificación                                     | Cara superior (mm) |         | Cara inferior (mm) |         |
|----|--|--------------------|---------|--------------------|---------|
|    |  | Cóncavo            | Convexo | Cóncavo            | Convexo |
| 01 | C-01 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00    | 0.13               | 0.00    |
| 02 | C-02 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00    | 0.13               | 0.00    |
| 03 | C-03 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00    | 0.13               | 0.00    |
| 04 | C-04 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00    | 0.11               | 0.00    |
| 05 | C-05 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.11               | 0.00    | 0.13               | 0.00    |
| 06 | C-06 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00    | 0.12               | 0.00    |
| 07 | C-07 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00    | 0.12               | 0.00    |
| 08 | C-08 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00    | 0.11               | 0.00    |
| 09 | C-09 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00    | 0.12               | 0.00    |
| 10 | C-10 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.11               | 0.00    | 0.12               | 0.00    |

**Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento.**

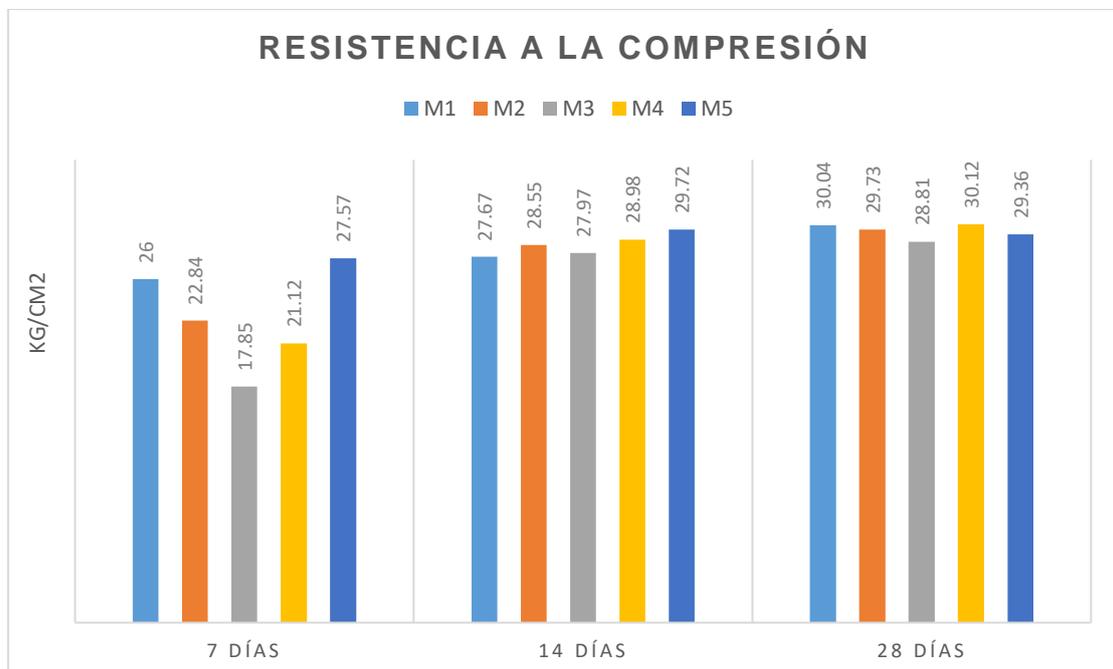
Estos ensayos se realizaron de acuerdo a la Norma Técnica 399.613 y al Reglamento Nacional de Edificaciones E.080.

**Tabla XXV.**

Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 5% de cemento (LTCEC)

| N° | Identificación 5% | 7 días                | 14 días               | 28 días               |
|----|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    |                   | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 01 | M-01 - LTCEC      | 26.00                 | 27.67                 | 30.04                 |
| 02 | M-02 - LTCEC      | 22.84                 | 28.55                 | 29.73                 |
| 03 | M-03 - LTCEC      | 17.85                 | 27.97                 | 28.81                 |
| 04 | M-04 - LTCEC      | 21.12                 | 28.98                 | 30.12                 |
| 05 | M-05 - LTCEC      | 27.51                 | 29.72                 | 29.36                 |
|    |                   | <b>23.07</b>          | <b>28.58</b>          | <b>29.61</b>          |

En la Figura 37 y el Anexo 5 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, de los LTCEC con 5% de cemento, donde se obtuvo un resultado de 30.12 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.



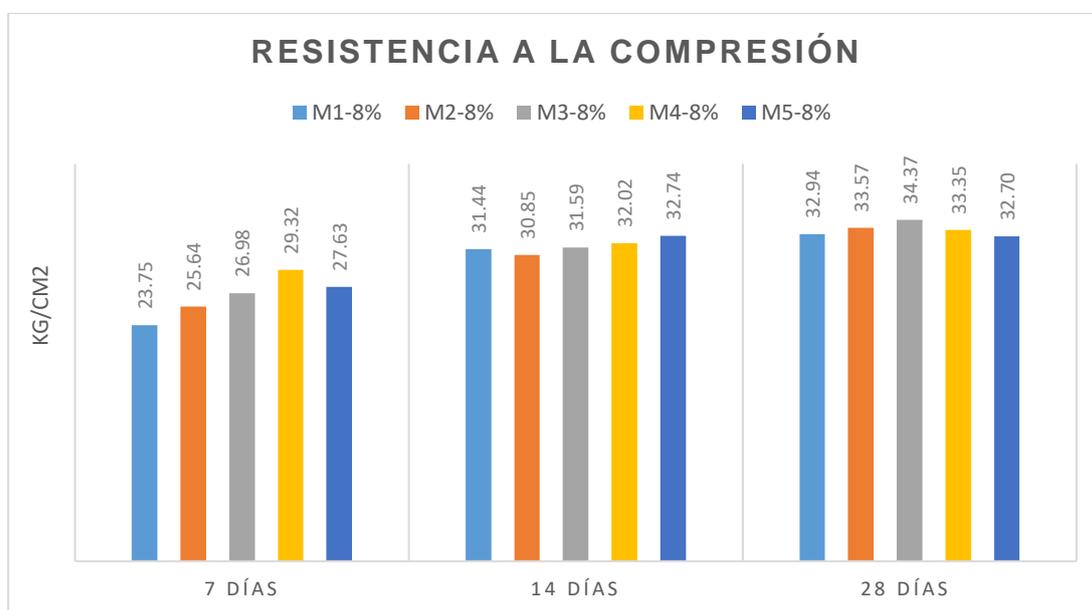
**Figura 37.** Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados con 5% de cemento

**Tabla XXVI**

Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 8% de cemento (LTCEC)

| N°       | Identificación 8% | 7 días                | 14 días               | 28 días               |
|----------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          |                   | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 01       | C-01 - LTCEC      | 23.75                 | 31.44                 | 32.94                 |
| 02       | C-02 - LTCEC      | 25.64                 | 30.85                 | 33.57                 |
| 03       | C-03 - LTCEC      | 26.98                 | 31.59                 | 34.37                 |
| 04       | C-04 - LTCEC      | 29.32                 | 32.02                 | 33.35                 |
| 05       | C-05 - LTCEC      | 27.63                 | 32.74                 | 32.70                 |
| PROMEDIO |                   | 26.66                 | 31.73                 | 33.39                 |

En la Figura 38 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 8% de cemento, ensayados a los 7, 14 y 28 días, donde el valor máximo se refleja a los 28 días con 34.37 Kg/cm<sup>2</sup>.



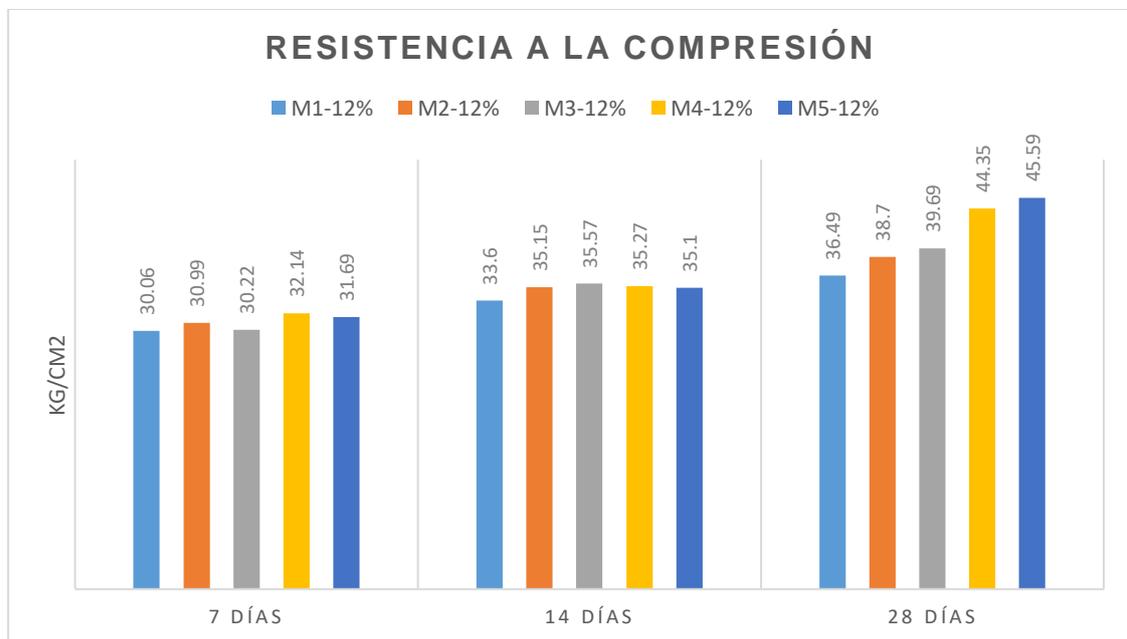
**Figura 38.** Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados con 8% de cemento

**Tabla XXVII.**

Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 12% de cemento (LTCEC).

| N° | Identificación 12% | 7 días                       | 14 días                      | 28 días                      |
|----|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|    |                    | F'b<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | F'b<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | F'b<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 01 | C-01 - LTCEC       | 30.06                        | 33.60                        | 36.49                        |
| 02 | C-02 - LTCEC       | 30.99                        | 35.15                        | 38.70                        |
| 03 | C-03 - LTCEC       | 30.22                        | 35.57                        | 39.69                        |
| 04 | C-04 - LTCEC       | 32.14                        | 35.27                        | 44.35                        |
| 05 | C-05 - LTCEC       | 31.69                        | 35.10                        | 45.59                        |
|    |                    | 31.02                        | 34.94                        | 40.96                        |

En la Figura 39 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión de los 7, 14 y 28 días de los LTCEC con 12% de cemento, la resistencia de mayor valor fue 45.59 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.



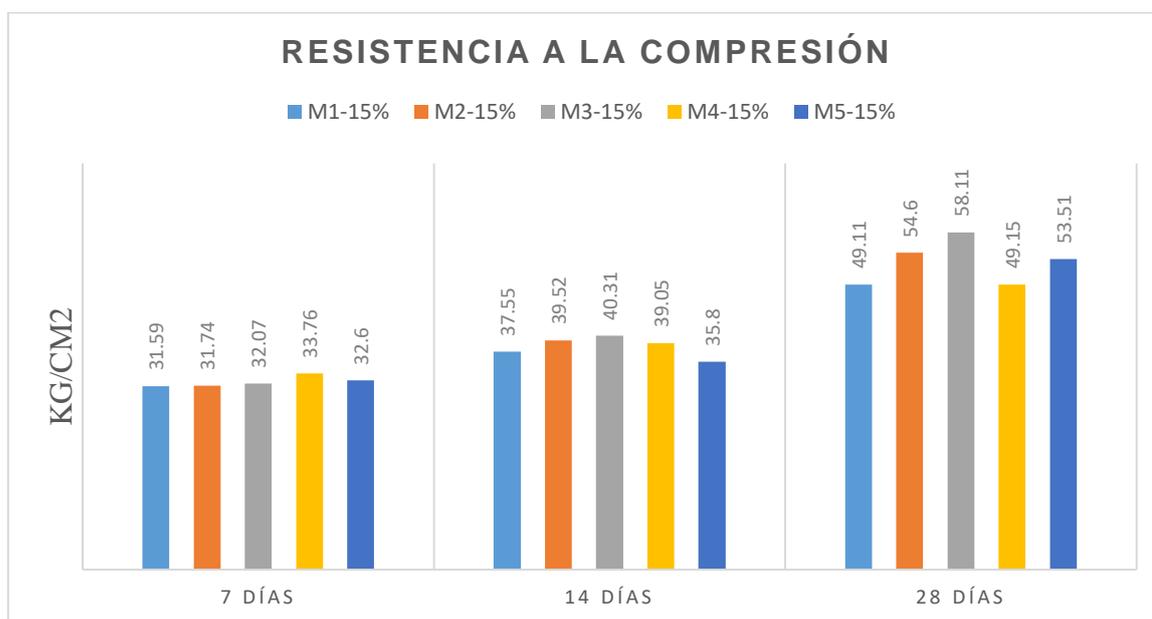
**Figura 39.** Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados con 12% de cemento

**Tabla XXVIII.**

Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 15% de cemento (LTCEC).

| N° | Identificación 15% | 7 días                | 14 días               | 28 días               |
|----|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    |                    | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 01 | C-01 - LTCEC       | 31.59                 | 37.55                 | 49.11                 |
| 02 | C-02 - LTCEC       | 31.74                 | 39.52                 | 54.60                 |
| 03 | C-03 - LTCEC       | 32.07                 | 40.31                 | 58.11                 |
| 04 | C-04 - LTCEC       | 33.76                 | 39.05                 | 49.15                 |
| 05 | C-05 - LTCEC       | 32.60                 | 35.80                 | 53.51                 |
|    |                    | 32.35                 | 38.45                 | 52.90                 |

En la Figura 40 se muestra los resultados obtenidos de los LTCEC estabilizados con 15% de cemento, la resistencia a la compresión obtenida a los 7, 14 y 28 días, el valor máximo obtenido fue de 58.11 Kg/cm<sup>2</sup>.



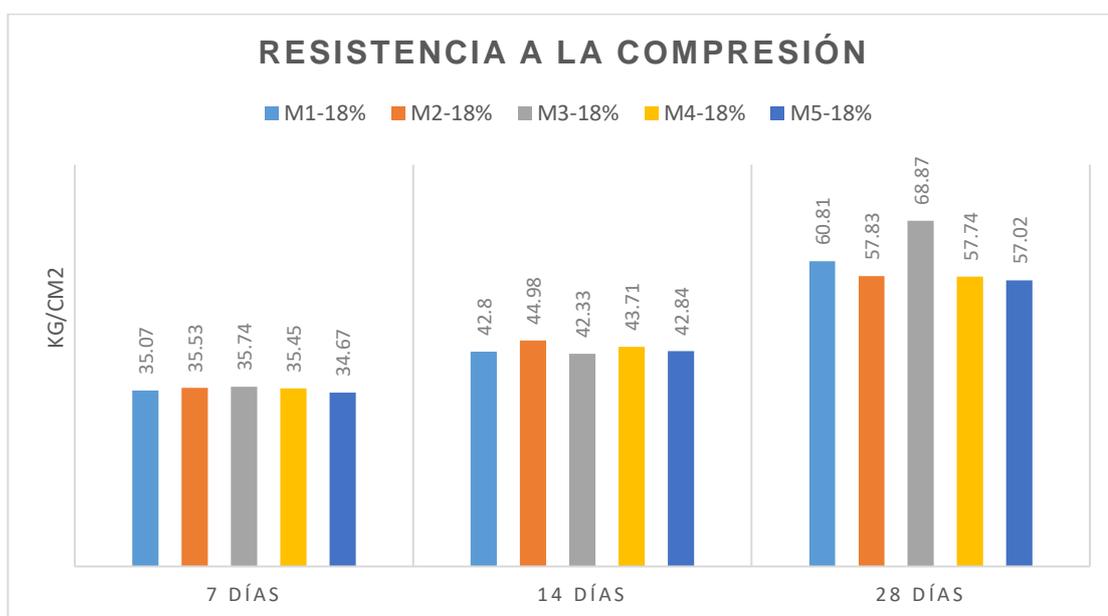
**Figura 40.** Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados con 15% de cemento

**Tabla XXIX.**

Ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 18% de cemento (LTCEC).

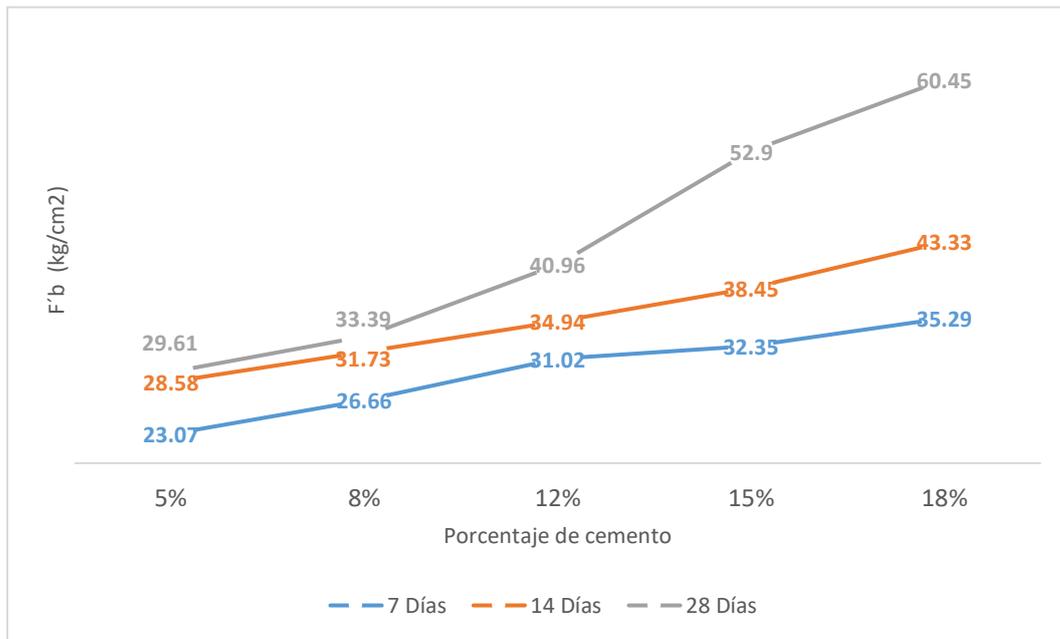
| N° | Identificación 18% | 7 días                | 14 días               | 28 días               |
|----|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    |                    | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 01 | C-01 - LTCEC       | 35.07                 | 42.80                 | 60.81                 |
| 02 | C-02 - LTCEC       | 35.53                 | 44.98                 | 57.83                 |
| 03 | C-03 - LTCEC       | 35.74                 | 42.33                 | 68.87                 |
| 04 | C-04 - LTCEC       | 35.45                 | 43.71                 | 57.74                 |
| 05 | C-05 - LTCEC       | 34.67                 | 42.84                 | 57.02                 |
|    |                    | 35.29                 | 43.33                 | 60.45                 |

En la Figura 41 se muestra los valores alcanzados a los 7, 14 y 28 días, con una estabilización de 18% de cemento, se obtuvo una resistencia máxima de 68.87 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 41.** Resistencia a la compresión de los ladrillos estabilizados con 18% de cemento

En la Figura 42 se muestran la resistencia promedio obtenidos de los LTCEC con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, ensayadas a los 7, 14 y 28 días, la resistencia máxima obtenida fue 60.45 Kg/cm<sup>2</sup> con el porcentaje de 18% de cemento.



**Figura 42.** Resultados Promedio del ensayo de compresión de los especímenes

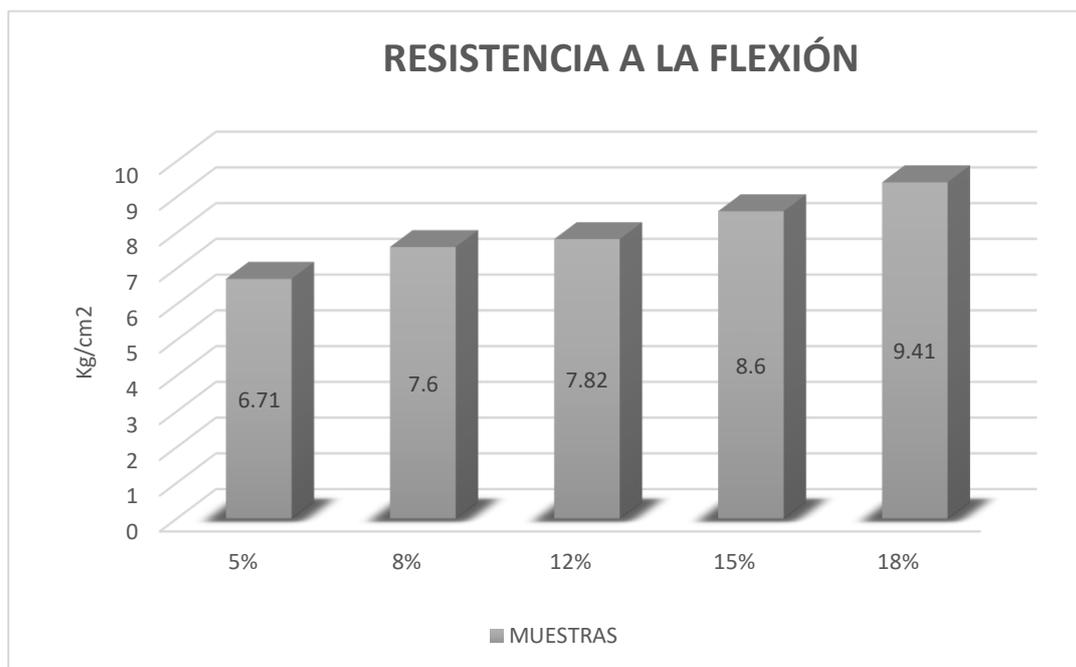
### Resultados del ensayo de la resistencia a la flexión

**Tabla XXX**

Resistencia a la flexión de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados de cemento

| MUESTRAS        | MODULO DE ROTURA Kg/cm <sup>2</sup> |             |             |             |             |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                 | 5%                                  | 8%          | 12%         | 15%         | 18%         |
| <b>M1</b>       | 6.82                                | 7.68        | 7.72        | 8.67        | 8.81        |
| <b>M2</b>       | 7.07                                | 8.26        | 7.81        | 8.97        | 8.87        |
| <b>M3</b>       | 6.23                                | 6.98        | 8.18        | 8.16        | 10.19       |
| <b>M4</b>       | 6.51                                | 7.70        | 7.70        | 8.67        | 10.16       |
| <b>M5</b>       | 6.91                                | 7.39        | 7.67        | 8.51        | 9.05        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>6.71</b>                         | <b>7.60</b> | <b>7.82</b> | <b>8.60</b> | <b>9.41</b> |

En la Figura 43 y el Anexo 6 se muestra el resultado del ensayo de resistencia a la flexión, de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, en la cual se obtuvo como máximo valor 9.41 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 43.** Resistencia a la flexión de los ladrillos estabilizados

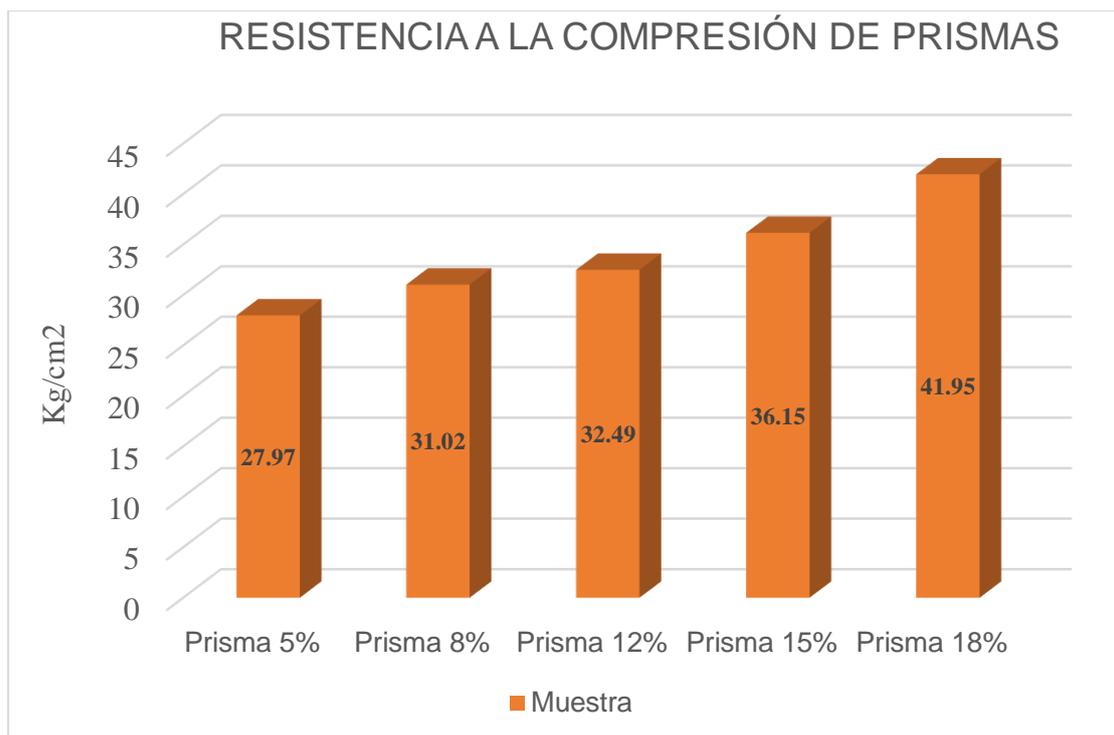
**Resultados del ensayo de compresión de pilas de los ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.**

**Tabla XXXI**

Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos de tierra estabilizados

| Nº        | Identif. | f'm                   | f'm                   | f'm                   | f'm                   | f'm                   |
|-----------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|           |          | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|           |          | 5%                    | 8%                    | 12%                   | 15%                   | 18%                   |
| <b>01</b> | Prisma 1 | 28.11                 | 30.99                 | 32.60                 | 36.66                 | 43.72                 |
| <b>02</b> | Prisma 2 | 27.59                 | 31.29                 | 32.55                 | 35.83                 | 40.68                 |
| <b>03</b> | Prisma 3 | 28.20                 | 30.79                 | 32.32                 | 35.96                 | 41.45                 |
|           |          | 27.97                 | 31.02                 | 32.49                 | 36.15                 | 41.95                 |

En la Figura 44 y el Anexo 7 se muestra los resultados obtenidos de ensayo de resistencia a la compresión de pilas con porcentajes de cemento de 5%, 8%, 12%, 15% y 18%, siguiendo los parámetros de las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 399.604, donde se muestra un valor máximo de 41.95 Kg/cm<sup>2</sup> con el 18% de cemento.



**Figura 44.** Resistencia a la compresión de prisms estabilizadas con cemento

#### Resultados del ensayo de compresión diagonal de muretes

Este tipo de ensayo se realizó en base al capítulo 5 del RNE E. 080.

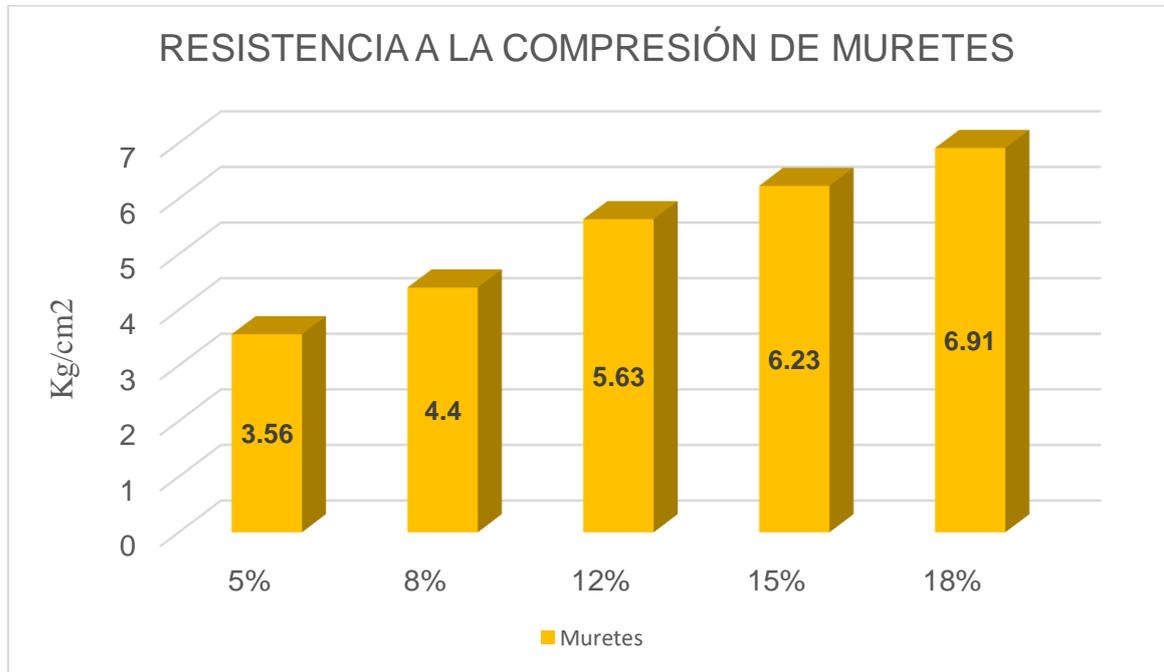
**Tabla XXXII.**

Compresión diagonal de muretes con estabilización de cemento

| Nº | MURETES  | Edad (Días) | Vm                    | Vm                    | Vm                    | Vm                    | Vm                    |
|----|----------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    |          |             | (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|    |          |             | 5%                    | 8%                    | 12%                   | 15%                   | 18%                   |
| 01 | Murete 1 | 28          | 3.58                  | 4.51                  | 5.74                  | 6.04                  | 6.63                  |
| 02 | Murete 2 | 28          | 3.47                  | 4.29                  | 5.54                  | 5.98                  | 7.64                  |
| 03 | Murete 3 | 28          | 3.64                  | 4.41                  | 5.62                  | 6.65                  | 6.46                  |
|    | PROMEDIO |             | 3.56                  | 4.40                  | 5.63                  | 6.23                  | 6.91                  |

En la Figura 45 y el Anexo 8 se muestra el resultado obtenido del ensayo de resistencia a la compresión de muretes con porcentajes de estabilización de 5%, 8%, 12%, 15% y

18% de cemento, siguiendo los lineamientos de la norma E. 080, en la cual se obtuvo una resistencia máxima de  $6.91 \text{ Kg/cm}^2$  con el 18% de cemento a los 28 días.



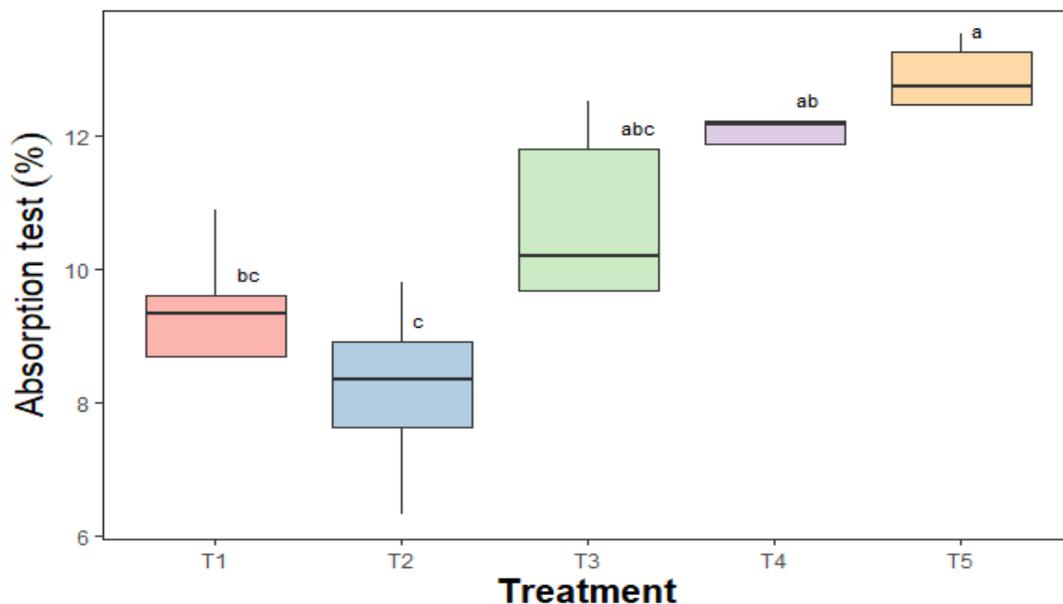
**Figura 45.** Resistencia a la compresión de muretes estabilizados con cemento

### **3.4 Porcentaje óptimo de cemento en el proceso de estabilización del suelo, para la fabricación de ladrillos.**

En las siguientes Figuras se detallan los resultados obtenidos que corresponden al desarrollo del **objetivo N°4**, de acuerdo a los parámetros de Normas Técnicas Peruanas.

#### **Ensayo de absorción**

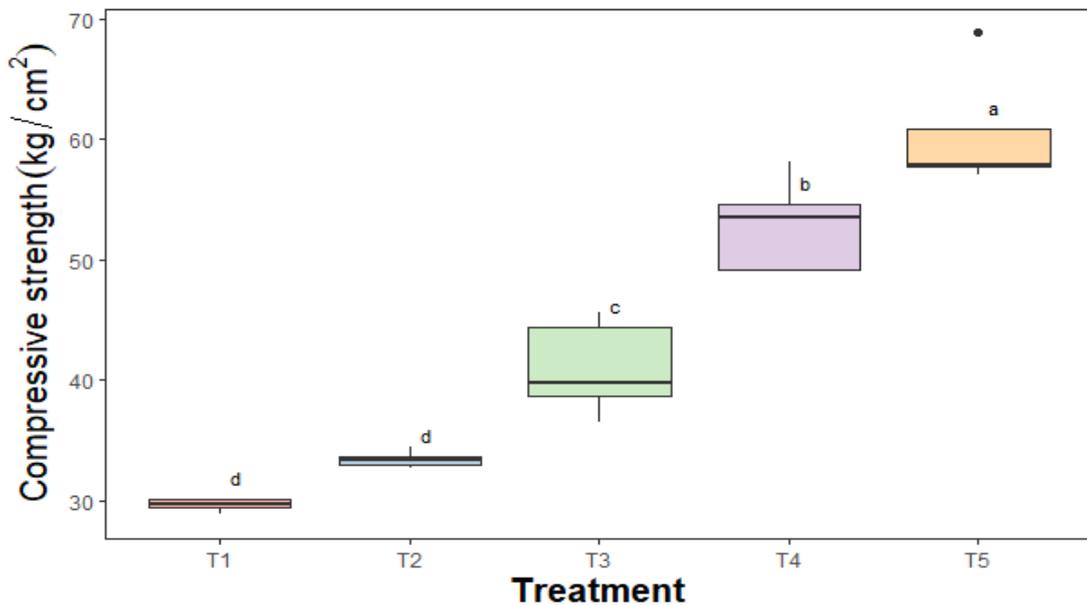
El ensayo de absorción realizados a los LTCEC estabilizados con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, sus resultados obtenidos están dentro de los parámetros de la Norma E.080, para adobe. En la Figura 46 la evaluación de la variable ensayo de absorción, el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial, resultó ser menor que 0.05 ( $p=0.000452 < 0.05$ ), es decir, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, así mismo, la prueba de comparaciones múltiples de tukey, distinguieron que los tratamientos T4 (15% de cemento) y T5 (18% de cemento), no presentaron diferencias significativas, siendo además los que permitieron maximizar la variable ensayo de absorción, cuyo ensayo de absorción promedio muestral mayor, lo presentó el tratamiento T5 (18% de cemento) cuyo valor fue de 12.63 %, considerándose como porcentaje óptimo.



**Figura 46.** Resultado de los porcentajes de absorción de los ladrillos estabilizados

### Ensayo de resistencia a la compresión de unidad de ladrillo

En la Figura 47 correspondiente a la variable resistencia a la compresión, la prueba de ANOVA unifactorial, presentó un p-valor de significancia menor que 0.05 ( $p=6.81e-12 < 0.05$ ), es decir, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de media, así también la prueba de comparaciones múltiples de tukey, permitieron identificar al tratamiento T5 (18% de cemento), como aquel que maximiza la variable respuesta, exhibiendo una resistencia a la compresión promedio muestral de 60.45 kg/cm<sup>2</sup>, considerando óptimo el 18% de cemento.

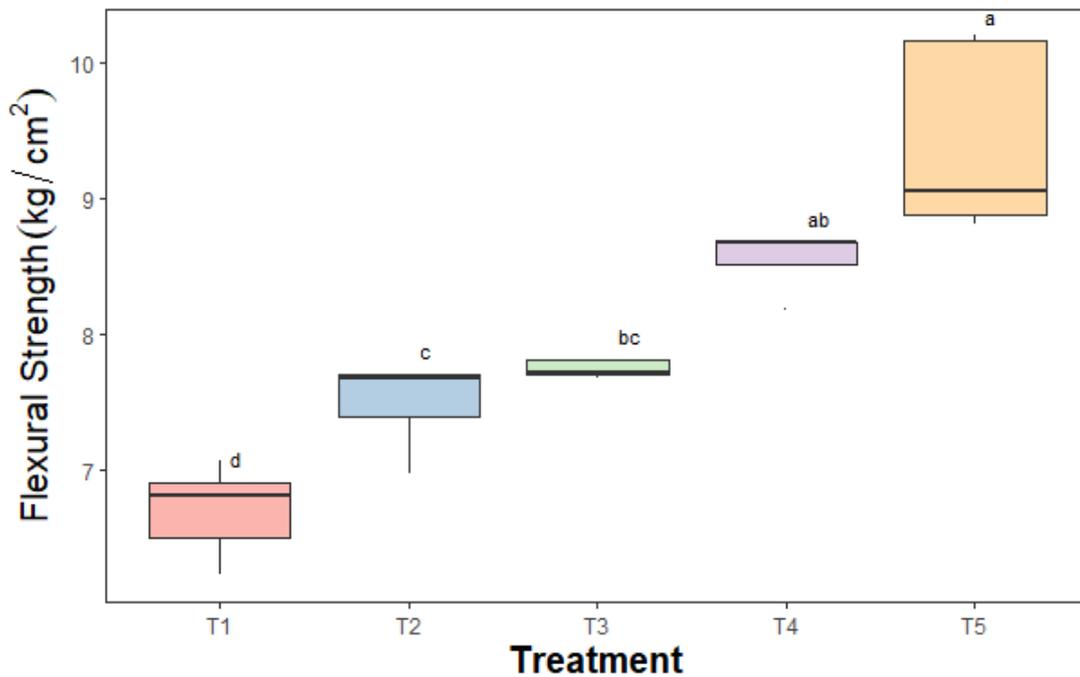


**Figura 47.** Resultados de los porcentajes de resistencia a la compresión de los ladrillos

### Ensayo de resistencia a la flexión

En este ensayo se consideró ladrillos con porcentajes de cemento de 5%, 8%, 12%, 15% y 18%, obteniendo como resultado óptimo el 18% de cemento. Con respecto a la Figura 48, en referencia a la variable resistencia a la flexión, el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial, alcanzó un valor menor que 0.05 ( $p=6.65e-08 < 0.05$ ), es decir, existe diferencia significativa en al menos dos tratamientos, que basados en la prueba de comparaciones múltiples de tukey, podemos conocer que los tratamientos T4 (15% de cemento) y T5 (18% de cemento), fueron quienes permitieron maximizar la variable respuesta, destacando al tratamiento T5 (18% de cemento), como aquel que

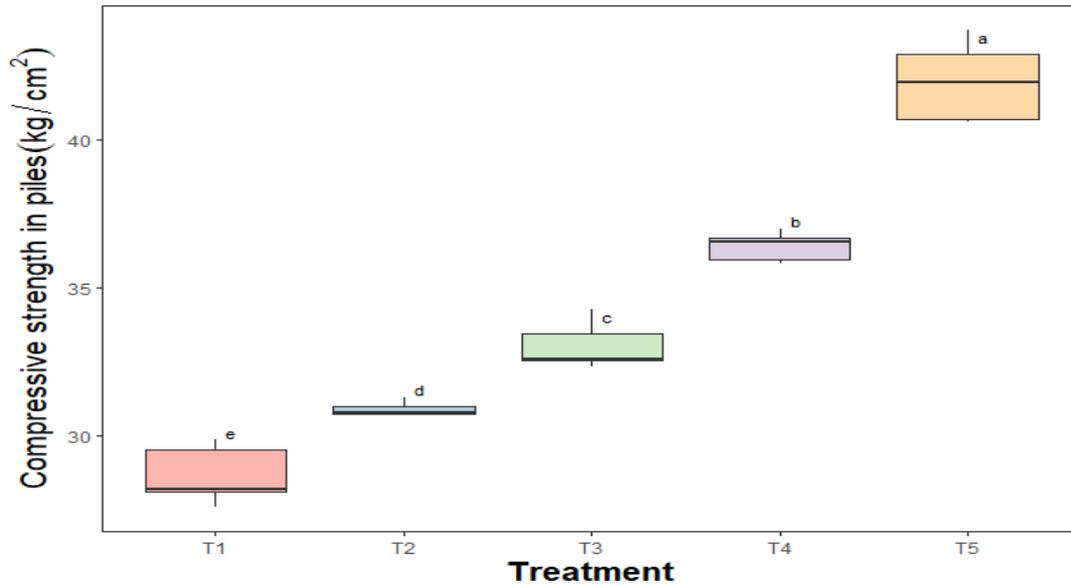
presentó la resistencia a la flexión promedio de la muestra mayor, con un valor de 9.42 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 48.** Resultados de los porcentajes de resistencia a la flexión

### Ensayo de resistencia a la compresión de pilas

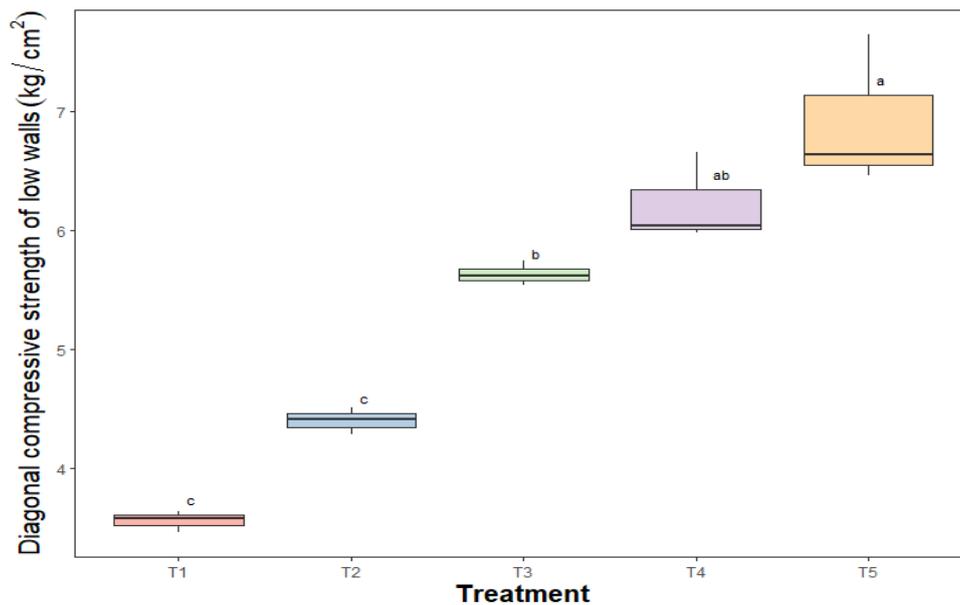
Para este ensayo se obtuvo un resultado óptimo de 41.95 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, visibilizando en la Figura 49, en mención a la variable resistencia a la compresión en pilas, el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial, resultó ser menor que 0.05 ( $p=2.51e-15 < 0.05$ ), es decir, se rechaza la hipótesis de igual de medias, así mismo, la prueba de comparaciones múltiples de tukey, determinaron que el tratamiento T5 (18% de cemento), fue el tratamiento que logró maximizar la variable respuesta, con una resistencia a la compresión en pilas promedio muestral de 41.96 kg/cm<sup>2</sup>, considerándose como resultado óptimo.



**Figura 49.** Resultado de los porcentajes de la resistencia a la compresión de pilas.

### Ensayo de resistencia a la compresión de muretes

De acuerdo con la Figura 50 la variable resistencia a la compresión diagonal de muretes, la prueba de ANOVA unifactorial, mostró un p-valor de significancia menor que 0.05 ( $p=1.69e-06 < 0.05$ ), es decir, existe diferencia significativa en al menos dos tratamientos, así mismo, la prueba post hoc de tukey, nos permitió conocer que los tratamientos T4 (15% de cemento) y T5 (18% de cemento) no presentaron diferencias significativas (ambos presentaron la letra “a” en común en sus diagramas de cajas y bigotes), siendo además los tratamientos que lograron maximizar la variable respuesta, donde fue el tratamiento T5 (18% de cemento), quien presentó la resistencia a la compresión diagonal de muretes promedio muestral mayor, con un valor de 6.91 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 50.** Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión de muretes.

### 3.3 Discusión de los resultados

En el presente estudio de investigación se comparará los resultados, obtenidos de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, y la muestra de ladrillos de tierra comprimida sin ningún porcentaje de cemento.

#### Discusión 1

De acuerdo con el ensayo granulométrico realizados a los suelos de Ferreñafe, Reque y Pomalca, se determinó utilizar el suelo de Ferreñafe por su contenido de arena 93.3%, arcillas y limos 5.3%, se clasifico el suelo según SUSC: SP-SM y AASHTO: A-2-5, en el caso de los investigadores (Islam et al., [2] en su estudio realizado al suelo considero una clasificación de arcilla inorgánica de baja plasticidad según SUCS, determina que el suelo de su estudio contiene 41% de arcilla, 47% de limo y 12% partículas arenosas, y mencionan que el cemento reacciona con los componentes arenosos. Para los investigadores Sore et al., [12] en su análisis de suelo considero 5.4% de arcilla, 10.1% de limo y 48.4% de arena según la distribución de tamaño de partícula, El cual menciona que el suelo que selecciono contiene arcilla aceptable con bajo déficit de finos.

## **Discusión 2**

En el ensayo de Proctor modificado se alcanzó una densidad máxima de  $2.227 \text{ gr/cm}^3$  y una humedad optima de 8.42%, en cuanto al ensayo de absorción se obtuvo un promedio de -3.32 %, debido a que los ladrillos al momento de sumergirlo al agua comenzó a desmoronarse, el ensayo de resistencia a la compresión fue de  $6.74 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, en el ensayo de resistencia a la flexión fue de  $2.89 \text{ Kg/cm}^2$ , en el ensayo de resistencia a la compresión de pilas fue de  $11.69 \text{ Kg/cm}^2$ , y por último el ensayo de resistencia a la compresión de muretes de  $2.34 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **Proctor modificado**

El investigador [10] indica que el suelo sin ningún tipo de estabilizador presenta una densidad máxima de  $1.92 \text{ gr/cm}^3$  y 5.50 % de humedad optima, el investigador [27] menciona que utilizo un suelo con una densidad máxima de  $2.05 \text{ gr/cm}^3$  y un óptimo contenido de humedad de 11.52%, en el caso de la tesista [28] en su ensayo obtiene como resultado de  $1.87 \text{ gr/cm}^3$  en la densidad máxima y 13.9% de humedad optima, estos resultados difieren con esta investigación.

### **Resistencia a la compresión**

Álvarez [28] en su resultado de resistencia a la compresión, ensayados a los ladrillos con 0% de cemento a los 28 días, obtuvo una resistencia de  $12.44 \text{ kg/cm}^2$ . En cuanto a [30] en su ensayo de resistencia a la compresión obtuvieron  $17.13 \text{ kg/cm}^2$ , ambos investigadores mencionan que sus resultados obtenidos están dentro de los parámetros de ninguna norma, referente a los resultados de esta investigación están debajo de los valores aceptables de la Norma E.080 "Diseño y construcción con tierra reforzada".

### **Resistencia a la flexión**

En el ensayo de resistencia a la flexión realizados a los ladrillos de tierra comprimida sin ningún tipo de estabilización [28] obtuvo 1.22 kg/cm<sup>2</sup> a los 56 días. Para los testistas [29] el valor obtenido fue de 1.33 kg/cm<sup>2</sup>, haciendo la comparación con la presente investigación el valor obtenido difiere a ambas investigaciones.

### **Resistencia a la compresión de pilas**

Con respecto al ensayo de resistencia a la compresión de pilas, según la Norma E.070 "Albañilería", señala que el valor permisible se considera a partir de 35 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de esta investigación el valor obtenido en dicho ensayo fue menor, por tanto, no cumple con la norma.

### **Resistencia a la compresión diagonal de muretes**

Según la Norma E. 080 "Diseño y construcción con tierra reforzada", señala que el parámetro adecuado es 1.42 kg/cm<sup>2</sup>, analizando los resultados del ensayo de compresión diagonal de muretes de esta investigación se obtuvo una resistencia de 2.34 kg/cm<sup>2</sup>, esto demuestra que estos valores están dentro del lineamiento de dicha norma.

## **Discusión 3**

### **Proctor modificado**

Según la Norma Técnica Peruana 339.141 y la norma ASTM D 1557, establece los procedimientos de compactación del suelo. En el caso del suelo estabilizado con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, se obtuvo densidades 2.268 gr/cm<sup>3</sup>, 2.257 gr/cm<sup>3</sup>, 2.224 gr/cm<sup>3</sup>, 2.241 gr/cm<sup>3</sup>, 2.297 gr/cm<sup>3</sup> y en el contenido de humedad se obtuvo 9.17%, 10.02%, 10.48%, 10.97%, 11.13% respectivamente.

## **Ensayo de absorción**

En el caso de este ensayo, según la Norma Peruana E. 070 “Albañilería” considera aceptable los valores menores al 22% de absorción. El investigador Meza [30] obtuvo un porcentaje máximo de 13.2 % de absorción con el porcentaje de 7% de cemento, hace mención que según la norma anteriormente mencionada su resultado obtenido está dentro de los lineamientos, para la tesista [28] con un ladrillo estabilizado con 8% de cemento obtuvo como resultado un porcentaje de absorción de 9.1%, considera que dicho resultado es aceptable porque está dentro del valor máximo permisible de la Norma E. 070 “Albañilería”, En el ensayo de absorción realizados a los ladrillos estabilizados con cemento de esta investigación se obtuvo un porcentaje máximo de absorción 12.36% con el 18% de cemento, según la norma anteriormente menciona los valores obtenidos están dentro de los lineamientos de dicha norma.

## **Variación dimensional y Alabeo**

En estos ensayos se consideró ladrillos estabilizados con 5%, 8%, 12%, 15% y 18% de cemento, donde se obtuvieron resultados de  $L = 0.25\%$ ,  $A = 0.04$  y  $H = 0.19\%$  de variación dimensional, estos resultados alcanzados señalan la buena geometría de los ladrillos, para el ensayo de alabeo no presentaron superficies alabeadas. En el caso del investigador [30] sus ladrillos estabilizados con 7%, 11%, 15% y 20% de cemento, presentaron una variación dimensional promedio de 0.98% y en el ensayo de alabeo obtiene como promedio 1 mm, considera “bueno” a estos resultados y menciona que se debe al proceso de elaboración, para [27] de acuerdo a la Norma E. 070 “Albañilería” en sus unidades estabilizadas con 10%, 15% y 20% de cemento, obtiene  $L = 0.05\%$ ,  $0.04\%$  y  $0.03\%$ ;  $A = 0.12\%$ ,  $0.11\%$  y  $0.08\%$ ;  $H = 1.30\%$ ,  $1.29\%$  y  $1.26\%$  de variación dimensional respectivamente y sus superficies no presentan alabeo, señala que sus ladrillos ensayados están considerados como tipo V, por sus óptimos resultados obtenidos, añade que también se debe a la excelente calidad de la maquina usada para la elaboración de sus ladrillos.

## **Ensayo de resistencia a la compresión**

Los resultados obtenidos a los 28 días varían de acuerdo al porcentaje de cemento que contiene cada espécimen, la clasificación se realizó de acuerdo a los parámetros de la Norma E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada. Con los porcentajes de 5%, 8% y 12% se obtuvo resistencias de 29.61 kg/cm<sup>2</sup>, 33.39 kg/cm<sup>2</sup>, 40.96 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores no cumplen con los valores mínimos requeridos en dicha Norma, sin embargo, los resultados obtenidos de suelo estabilizados con 15% y 18% se obtuvo resistencias de 52.90 kg/cm<sup>2</sup> y 60.45 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores cumplen con los parámetros requeridos. En la investigación de Sore et al.,[31] realizó muestras de ladrillo con 8% de cemento en relación al peso del suelo, obtuvo como resultado 82.60 kg/cm<sup>2</sup>, detalla que el resultado obtenido depende mucho del tipo de suelo con que se trabaja, en el caso Malkanthi et al., [62] considera una mezcla óptima de 10% de cemento del cual obtiene una resistencia de 35.7 kg/cm<sup>2</sup>, un valor por debajo de lo establecido en la norma, pero comparando los resultados Khadka [32] elabora muestras con 5% de cemento donde obtuvo una resistencia de 66.41 kg/cm<sup>2</sup>, Los investigadores que utilizaron porcentajes de cemento superiores al 15% como es el caso de Cabrera [29] que trabajó con 15% de cemento y obtuvo una resistencia de 61.99 kg/cm<sup>2</sup> y Monroy [27] que empleó 15% y 20% de cemento, sus resistencias fueron 85.2 kg/cm<sup>2</sup> y 120.2 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, son resultados que están dentro de lo establecido en la norma. Los investigadores anteriormente mencionados señalan que la mejora o la disminución de resistencias puede atribuirse a la creación de enlaces entre las partículas del suelo y los hidratos formados durante la hidratación del cemento.

## **Ensayo de resistencia de Flexión**

En este ensayo se consideró porcentajes de cemento de 5%, 8%, 12%, 15% y 18% obteniendo como resultados de 6.71 kg/cm<sup>2</sup>, 7.6 kg/cm<sup>2</sup>, 7.82 kg/cm<sup>2</sup>, 8.6 kg/cm<sup>2</sup> y 9.41 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por otra parte [28] en una muestra de 8% de cemento obtuvo

7.85 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de Sitton et al., [28] considera una muestra con un porcentaje de 10.91% de cemento, en la cual obtiene una resistencia a la flexión promedio de 16.92 kg/cm<sup>2</sup>, En el caso de Sore et al., [31] con un porcentaje de cemento de 8% obtiene 22.43 kg/cm<sup>2</sup>, todos estos resultados mencionados anteriormente difieren los resultados de esta investigación, por otra parte los investigadores mencionan que este resultado puede atribuirse a los hidratos formados durante la hidratación del cemento, estos hidratos generalmente se forman en zonas de contacto de arcilla y arena.

### **Ensayo de compresión de pilas**

Para este ensayo se consideró las muestras con dosificaciones de cemento de 5%, 8%, 12%, 15% y 18% del cual se consiguió los resultados de 27.97 kg/cm<sup>2</sup>, 31.02 kg/cm<sup>2</sup>, 32.49 kg/cm<sup>2</sup>, 36.15 kg/cm<sup>2</sup> y 41.95 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, El tesista Abanto y Akarley [37] con un porcentaje de 20% de cemento obtuvieron 37.23 kg/cm<sup>2</sup> y Monrroy [28] con sus porcentajes de 10%, 15% y 20% obtuvo 24.9 kg/cm<sup>2</sup>, 38.4 kg/cm<sup>2</sup> y 48.1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, estos resultados difieren con los resultados obtenidos en esta investigación. Asimismo, Yang y Wang [64] en sus dos tipos de muestras ensayadas con 10% y 12.5% de cemento, sus resultados fueron 5.30 kg/cm<sup>2</sup> y 5.91 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que las resistencias son inferiores a los resultados obtenidos en la presente investigación, asimismo los investigadores mencionan que sus resultados obtenidos son bajos en resistencia y sugiere que se tome como una referencia a los estudios próximos.

### **Ensayo de resistencia diagonal (muretes)**

De igual manera para este ensayo los muretes tenían porcentajes de 5%, 10%, 12%, 15% y 18% de cemento y se logró resultados de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>, 4.40 kg/cm<sup>2</sup>, 5.63 kg/cm<sup>2</sup>, 6.23 kg/cm<sup>2</sup> y 6.91 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. El tesista Monrroy [14] considero porcentajes de 10%, 15% y 20% de cemento los cuales dio como resultados de 4.6 kg/cm<sup>2</sup>, 6.9 kg/cm<sup>2</sup> y 8.2 kg/cm<sup>2</sup>. Por tanto, teniendo en consideración los resultados obtenidos por [48] se puede apreciar que existe una aproximación de resultados, pero por parte del

investigador Khadka [32] con 5% de cemento genero una resistencia de 55.35 kg/cm<sup>2</sup>, este resultado es superior a los resultados descritos anteriormente con respecto a este ensayo.

#### **Discusión 4**

De acuerdo a los diferentes ensayos realizados para determinar el porcentaje óptimo de cemento para la manufactura de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento, se pudo apreciar que los ladrillos con 15% y 18% de cemento cumplen con los requerimientos de la Norma Peruana E.070. En el caso de Sitton [63] menciona como su optimo porcentaje de cemento es 10.91%, menciona que este porcentaje presenta mejores propiedades de resistencia, para Malkanthi [63] su optimo porcentaje de cemento empleado considera 10%, en el caso de Yang y Wang, [65] su porcentaje optimo obtenido menciona 12.5% de cemento.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- ✓ En el ensayo de granulometría para la clasificación de suelo, se consideró un suelo con 93.3% de arena, debido a que este material mezclado con cemento genera una mejor cohesión. En cuanto al contenido de arcilla y limo según el ensayo considero 5.3%, este valor es favorable debido a que el contenido de absorción aumenta según el contenido de finos.
- ✓ Los resultados físicos obtenidos en los diferentes ensayos a los ladrillos con 0% de cemento no estaban dentro de los parámetros de la Norma E 080. Los resultados mecánicos obtenidos de los ladrillos de tierra comprimida sin estabilización no generaron resultados satisfactorios.
- ✓ En el curso del desarrollo de la investigación, se realizó la estabilización del suelo con porcentajes de cemento de 5%, 8%, 12%, 15% y 18%, donde se obtuvo un ladrillo de tierra comprimida estabilizada con cemento de buena resistencia, considerando medidas de 22.5 cm de largo, 11.5 cm de ancho y 9.5 cm de alto el cual cumple con los requisitos de la Norma E.080 "Diseño y construcción de tierra reforzada". Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 15% y 18% de cemento están dentro de los lineamientos exigidos de la Norma Peruana E. 070 "Albañilería" y pueden ser utilizados con fines estructurales.
- ✓ Se obtuvo ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento de buena resistencia, su proceso de elaboración no genera contaminación ambiental, vista que no necesita cocción para su elaboración, es una nueva alternativa de material para la construcción. En cuanto a las propiedades mecánicas los porcentajes óptimos son aquellos elaborados con 15% y 18% de cemento porque mostraron resultados permisibles dentro de la norma E.070. La incorporación de cemento al ladrillo de tierra comprimida genera la mejora de las propiedades mecánicas en comparación del ladrillo de tierra comprimida con 0% de cemento.

## 4.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar el análisis granulométrico del suelo, para evitar trabajar con suelos que contengan materiales orgánicos, debido a que este puede modificar las propiedades del material estabilizante que se va usar en la fabricación de los ladrillos comprimidos. También, es importante conocer la cantidad de arena, arcilla y limo que conforman el suelo. Se recomienda realizar el análisis mineralógico del suelo para tener en cuenta si el suelo es adecuado para realizar cualquier tipo de estabilización, debido a que algunos de estos componentes mineralógicos mejoran la resistencia, otras la plasticidad y otras propiedades que mejoran el comportamiento de los ladrillos.
- ✓ Se recomienda fabricar ladrillos de tierra comprimida con el 0% de cemento para tener una referencia en cuanto aumenta o disminuye sus propiedades físicas y mecánicas los ladrillos con cualquier tipo de estabilizante. Se recomienda motivar a los investigadores a realizar diseños de ladrillos de tierra comprimida, estabilizados con materiales de la zona como cenizas, fibras o cascarillas de arroz.
- ✓ Se recomienda utilizar los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento para fines estructurales, con los porcentajes de 15% y 18% de cemento, en vista que cumplen con los parámetros establecidos en la Norma E.070-Albañilería. Se sugiere estudiar al ladrillo de tierra comprimida estabilizada con diferentes aditivos utilizando materiales de la zona. A las entidades públicas y privadas dedicadas a la construcción de viviendas se le sugiere tener en cuenta este tipo de material, debido a que el ladrillo de tierra comprimida estabilizadas no contamina el medio ambiente, su producción es al alcance la de economía de la población rural.
- ✓ Se debe motivar a los diferentes organismos de investigación a elaborar proyectos con materiales tradicionales y no tradicionales para generar un apoyo social. Se recomienda a los estudiantes elaborar muestras de ladrillos con dosificaciones mínimas de cemento mezclado con algún material disponible de la Región.

## REFERENCIAS

- [1] M. Touréa, «Mechanical and hygrothermal properties of compressed stabilized earth,» *Journal of building engineering*, p. 6, 2017.
- [2] M. Islam, T. E-Elahi, A. Shahriar, K.Nahar y T. Hossain, «Strength and durability characteristics of cement-sand stabilized earth blocks,» *ASCE*, p. 15, 2020.
- [3] A. Bradley, «Guidelines to Mitigate Cracking in Compressed Stabilized Earth Brick Shells,» *American Society of Civil Engineers.*, p. 19, 29 august 2018.
- [4] P. Ayyappan, «Design of hybrid powered automated compressed stabilized earth block (CSEB) machine,» p. 6, 2018.
- [5] A. Ammaria, «Combined effect of mineralogy and granular texture on the technico-economic optimum of the adobe and compressed earth,» *Case studies in construction materials*, p. 9, 31 august 2017.
- [6] B. Khadka, «Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: a housing solution in the era of global warming and climate change,» *asian journal of civil engineering*, p. 18, 30 october 2019.
- [7] J. More, *evaluacion de las propiedades del adobe ante la exposicion prolongada de agua por inundacion en el centro poblado de los Ramos-Cura Mori-Piura, Piura*, 2017.
- [8] Z. Paytan, *uso de la lana de ovino en ladrillos de tierra estabilizada, para muros de albañileria en el Distrito-Provincia de Huancavelica-2018, Huancavelica, Huancavelica*, 2018.
- [9] L. Pozo, «Identificación de impactos ambientales significativos en la industria ladrillera utilizando un modelo de simulación dinámica,» *Tesis de investigación*, p. 103, 20 noviembre 2018.
- [10] O. Medina, *Diseño de bloque de tierra comprimida estabilizado con cemento, como material sostenible, para el uso en la construccion de viviendas rurales en la provincia de San Martin, Region San Martin, Tarapoto*, 2020.
- [11] E. Cruz Escobedo, *Influencia del uso del cemento en la estabilización geométrica del ladrillo de tierra comprimida en albañileria no estructural en la ciudad de Juliaca, Juliaca*, 2017.
- [12] F. Sore, "Stabilization of compressed earth blocks (CEBs) by geopolymer binder based on local materials from Burkina Faso," *Construction and building materials*, p. 13, 6 january 2018.
- [13] J. Ameen, «Production of Earth Units Compressed and Stabilized by Using cement and pozzolana,» 2020.
- [14] N. Monrroy, *Evaluaión de la propiedades físicos-mecánicas de la albañileria con ladrillos de suelo-cemento, para uso estructural en Huancayo- Junín, Huancayo*, 2020.
- [15] F. Gatti, *Estudio comparativo de las tecnicas contemporaneas de la tierra*, <http://mastersuniversitaris.upc.edu/tecnologiaarquitectura>, 2012.

- [16] J. Toirac, El suelo cemento como material de construcción, Santo Domingo, República Dominicana: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>, 2008.
- [17] E. De la Fuente, Suelo - Cemento sus usos, propiedades y aplicaciones, Mexico: M. en A. Soledad Moliné Venanzi, 2013.
- [18] M. Gatani, Ladrillos de suelo-cemento: manpuesto tradicional en base a un material sostenible, Cordoba, 2000.
- [19] M. Norma Técnica Peruana 399.610 , Mortero, 1 ed., 2003.
- [20] M. Norma Técnica Peruana 399.607, Mortero, 2 ed., 2018.
- [21] B. Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica, Cuarta edición ed., Mexico: CENAGAGE LEARNING, 2014, p. 636.
- [22] Norma Técnica Peruana 339.141, Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada, 1 ed., 2014.
- [23] Norma Técnica Peruana 399.613, Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería., 1 ed., 2005.
- [24] P. Walker, «Strength, Durability and Shrinkage Characteristics of cement Stabilised Soil Blocks,» Cement & Concrete Composites, vol. 17, nº 4, pp. 301-310, 1995.
- [25] T. Sturm, «Characterization of dry-stack interlocking compressed earth blocks,» Construcción y materiales de construcción, p. 16, 2014.
- [26] M. Borja, Metodo de la investigacion científica, 2012.
- [27] L. Monrroy, Evaluacion de las propiedades físicos- Mecánicas de la Albañileria con ladrillos de suelo-cemento, para uso estructural en Huancayo-Junin, Huancayo, 2020.
- [28] S. Álvarez, comparación de las propiedades mecánicas de unidades y prismas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolímero de puzolana, 2018, p. 106.
- [29] M. Cabrera and J. Tello, Mejora de las propiedades mecánicas de los bloques de tierra comprimida reforzados con cemento y fibra natural, Lima, 2021.
- [30] J. Meza, Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo, Huancayo, 2018.
- [31] S. Sore, A. Messan, E. Prud'homme, G. Escadeillas and F. Tsobnang, "Stabilization of compressed earth blocks (CEBs) by geopolymer binder based on local materials from Burkina Faso," Construction and building materials, vol. 165, no. 1, pp. 333-345, 2018.
- [32] B. Khadka, «Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: a housing solution in the era of global warming and climate change,» asian journal of civil engineering, vol. 21, nº 1, pp. 119-136, 2019.
- [33] G. Johannesburgo, «Guidelines to Mitigate Cracking in Compressed Stabilized Earth Brick Shells,» ASCE, p. 19, 2018.

- [34] M. Venny, «A Brief Review of Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB),» Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), p. 6, 2010.
- [35] F. Cid, Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción, Madrid, 2012.
- [36] J. Lopez, Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo, Huancayo, 2018, p. 82.
- [37] L. Abanto, «Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo, Trujillo, Trujillo, 2014, p. 96.
- [38] E. Soto, Resistencia a compresión y flexión de adobe compactado con incorporación de bentonita sodica, utilizando suelos de diferentes canteras, Cajamarca, Cajamarca, 2016, p. 26.
- [39] O. Irwan, «Review on Interlocking Compressed Earth Blocks (ICEB) with Addition of Bacteria»,» Matec web of conferences, p. 5, 2016.
- [40] A. Muntohar, «Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick,» Construction and building materials, p. 6, 23 may 2011.
- [41] E. Ramirez, propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo cemento con adición de cal hidratada al 5%, para muros portantes, Huaraz, Huaraz, 2016.
- [42] R. Durand, Estudio experimental de unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento como alternativa para la construcción sostenible, Trujillo, 2017.
- [43] C. Romero, Estudio comparativo de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto, CUSCO, 2017.
- [44] J. Carhuanambo, Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Camarca 2016, Cajamarca, 2016.
- [45] N. T. P. 400.017, peso unitario del material, 1999.
- [46] R. Juarez, Mecánica de suelos, vol. tomo I, Mexico: LIMUSA, S.A. de C.V., 2011, p. 642.
- [47] F. Castilla, Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra, vol. II, Madrid, 2004.
- [48] J. Herrera, Modelamiento numérico del comportamiento sísmico de viviendas de mampostería con bloques de tierra comprimida, San Miguel, 2018.
- [49] M. Molina, «Estudio experimental para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de las unidades de albañilería hechas de arcilla en el departamento de Lambayeque,» ORCID, p. 6, 3 Mayo 2017.
- [50] H. Duarte, obtención del límite líquido y límite plástico usando el parámetro de cono de caída, considerando los diferentes conos existentes en la literatura para un suelo bentonítico, Bogota, 2017.

- [51] L. Gamarra, Edificaciones de tierra cruda: putucos de taraco, aportes tecnológicos y constructivos en la vivienda del altiplano peruano, Arequipa, 2019.
- [52] F. Galindez, Bloques de tierra comprimida sin adición de cemento (BTC), Lima, 2009.
- [53] A. Garcia, «Metodo de ensayo para la determinacion de la capacidad de absorcion de agua de los ladrillos,» Materiales de construccion.
- [54] S. Abdullah, «Comparison of Strength Between Laterite Soil and clay compressed stabilized earth bricks (CSEBS),» Construccion and materials, p. 10, 2017.
- [55] R. Chen, «Mechanical and Thermal Behaviors of Cement Stabilized Compressed earth bricks,» construccion and design, p. 10, 2020.
- [56] O. Roux, «Use of the adobe bricks stabilized with 6% portland cement and reinforced with coconut fibers for loadbearing walls in tampico,» construccion and design, p. 6, 2010.
- [57] R. Chen, «Mechanical and Thermal Behaviors of Cement Stabilized,» Earth and Environmental Science, 2020.
- [58] P. Cabrera, Y. G. Aranda Jimenez, E. J. Suarez Dominguez y R. Rotondaro, «Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento,» Revista Hábitat sustentable, Diciembre 2020.
- [59] R. La Torre, Propuesta de elaboración de ladrillos ecológicos suelo-cemento, para mitigar la contaminación atmosférica, producida por la ladrilleras artesanales en la Región Lambayeque, Lambayeque, 2022.
- [60] N. Islam, "Effectiveness of fly ash and cement for compressed stabilized earth blocks," construction and building materials, p. 15, 6 may 2020.
- [61] T. Sturm, L. Ramos and P. Lourenco, "Characterization of dry-stack interlocking compressed earth blocks," Materials and Structures, vol. 48, no. 9, pp. 3059-3074, 2014.
- [62] S. Malkanthi, N. Balthazaar y A. Perera, «Lime Stabilization for Compressed Stabilized Earth Blocks with Reduced Clay and Silt,» CASES STUDIES IN CONSTRUCTION MATERIALS, vol. 12, nº 1, p. 00326, 2019.
- [63] J. Sitton, Y. Zeinali, W. Heidarian y B. A. Story, «Effect of mis design on compressed earth block strength,» Construction and Building Materials, vol. 158, pp. 124-131, 2017.
- [64] X. Yang y H. Wang, «Strength of hollow compressed stabilized earth-block masonry prisms,» Hindawi, vol. 2019, pp. 1-8, 2019.
- [65] C. Jayasinghe y R. Mallawaarachchi, «Flexural strength of compressed stabilized earth masonry materials,» Materials and Design, vol. 30, nº 9, pp. 3859-3868, 2009.
- [66] S. Cabrera, Y. Aranda Jiménez, E. Suárez Domínguez and R. Rotondaro, "Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión," Habitat sustentable, vol. 10, no. 2, pp. 70-81, 2020.

- [67] B. Ramos and J. López, "El ladrillo de bloque de tierra comprimida: una alternativa para reducir la carga ambiental," INNOVARE, vol. 8, pp. 88-93, 2019.
- [68] S. Malkanthi, N. Balthazaar y A. Perera, «Lime Stabilization for Compressed Stabilized Earth Blocks with reduced clay and silt,» Case studies in construction materials, p. 9, 2019.
- [69] P. Mejía Pacheco, Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador, Cuenca, 2018.
- [70] J. Manrique, Evaluacion de niveles de cascara de arroz y su influencia sobre la resistencia a la compresion en la fabricacion de adobe, Iquitos, 2016.
- [71] N.T.P 070, Albañileria, 2006.
- [72] K. Galvez, Viabilidad entre el sistema de tabiqueria utilizando material ecologico y la tabiqueria convencional para reducir costos en la construccion en la ciudad de lima – perú, 2020, lima, 2020.

# ANEXOS

## ANEXO 1: Informe de los ensayos de laboratorio, Análisis granulométrico por lavado



**LEMS W&C EIRL**

RNP - Servicio 5060859

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycelr.com

Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Proyecto / Obra : Tesis "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"

Ubicación : Ferreñafe  
 Fecha de apertura : 20 de Diciembre 2021.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

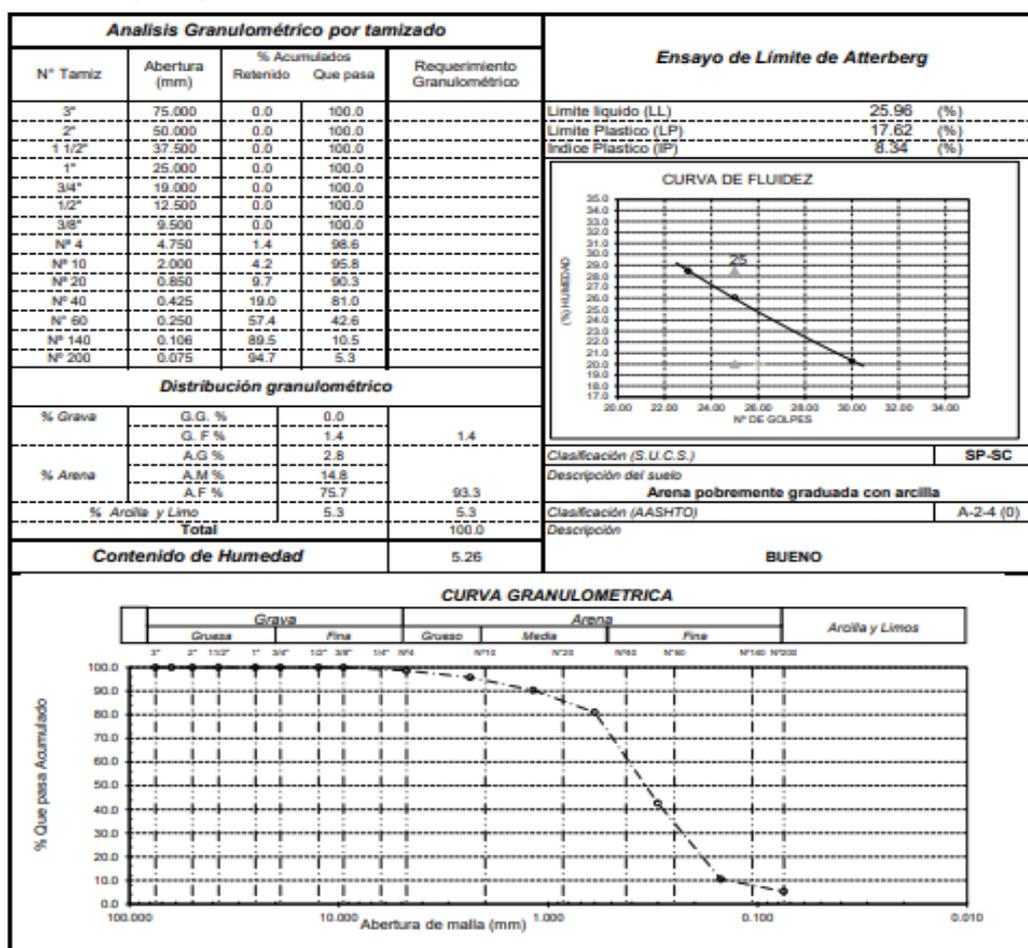
: N.T.P. 399.131

: N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 2

Profundidad:



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS

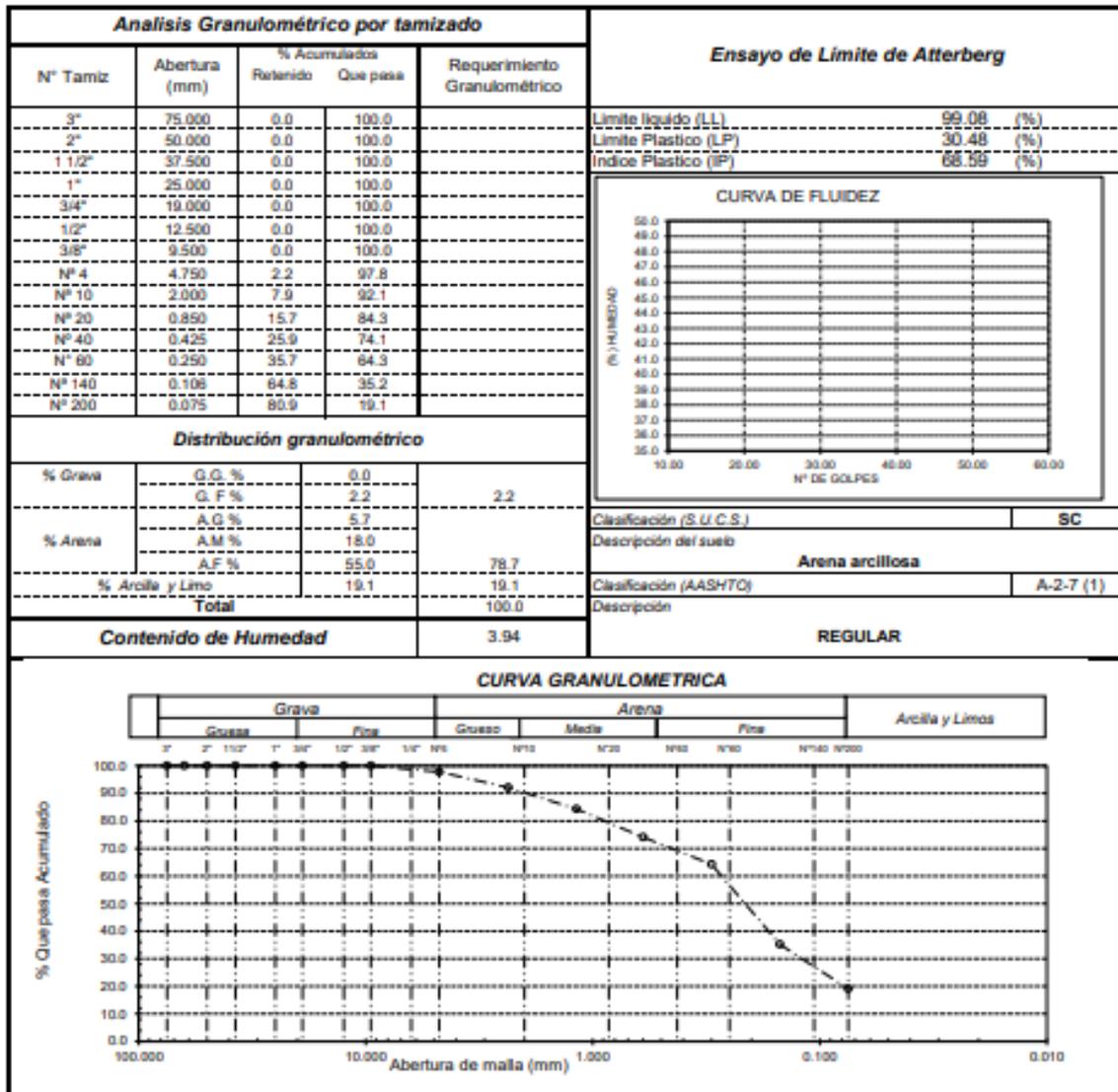
**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Proyecto / Obra : Tesis "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Pomalca  
 Fecha de apertura : 20 de Diciembre 2021.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 2

Profundidad:



**Observaciones:**

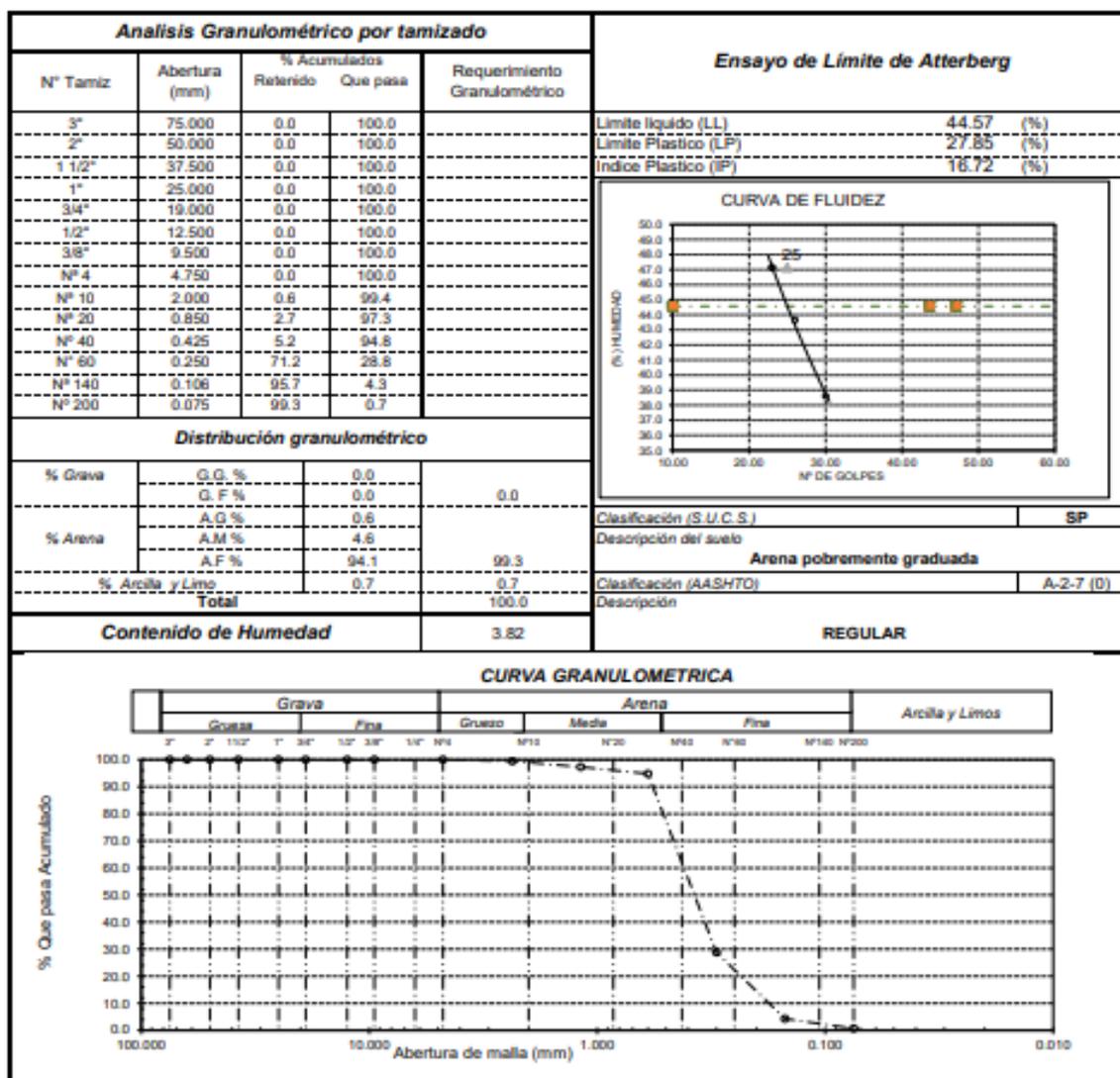
- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Proyecto / Obra : Tesis "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Reque  
 Fecha de apertura : 20 de Diciembre 2021.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 2

Profundidad:



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

## ANEXO 2 Informe de ensayo de Proctor modificado

### 5% de cemento



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

#### PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D 1557

##### DATOS GENERALES

SOLICITANTE: ROJAS MOLINA MIRIAM

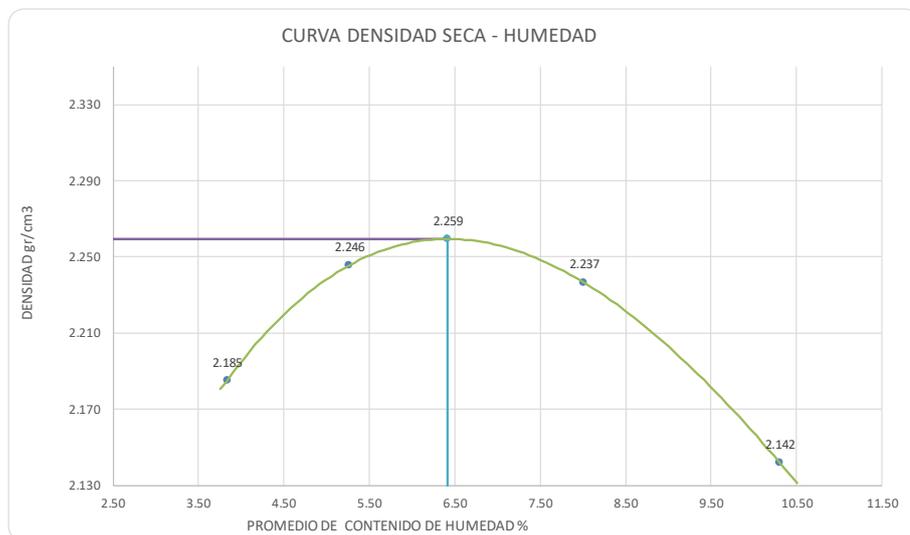
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO

UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

FECHA: 23-12-2021 5% de cemento

| TIPO PROCTOR (MODIFICADO)       | UND   | PUNTOS |       |       |       |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                 |       | 1      | 2     | 3     | 4     |
| METODO DE COMPACTACION          |       | C      | C     | C     | C     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE    | gr    | 11317  | 11522 | 11635 | 11524 |
| PESO DEL MOLDE                  | gr    | 6475   | 6475  | 6475  | 6475  |
| VOLUMEN DEL MOLDE               | cc    | 2134   | 2135  | 2136  | 2137  |
| PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO | gr    | 4842   | 5047  | 5160  | 5049  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO         | gr/cc | 2.269  | 2.364 | 2.416 | 2.363 |

| HUMEDAD                           | UND   | RECIPIENTES |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE N°                     |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | gr    | 155.9       | 160.5 | 157.5 | 157.5 |
| PESO SUELO SECO + RECIPIENTE      | gr    | 150.6       | 153.1 | 146.7 | 143.8 |
| PESO DEL AGUA                     | gr    | 5.3         | 7.4   | 10.8  | 13.7  |
| PESO DEL RECIPIENTE               | gr    | 12.4        | 12.6  | 11.9  | 10.8  |
| PEO DE SUELO SECO                 | gr    | 138.2       | 140.5 | 134.8 | 133.0 |
| CONTENIDO DE AGUA                 | %     | 3.84        | 5.27  | 8.01  | 10.30 |
| PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD         | %     | 3.84        | 5.27  | 8.01  | 10.30 |
| PESO VOLUMETRICO SECO             | gr/cc | 2.185       | 2.246 | 2.237 | 2.142 |



|              |                          |                             |        |
|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------|
| Densida Seca | 2.259 gr/cm <sup>3</sup> | Óptimo Contenido de Humedad | 6.42 % |
|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------|



### 8% de cemento

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO**
**PROCTOR MODIFICADO**  
 NORMA ASTM D 1557

**DATOS GENERALES**

SOLICITANTE: ROJAS MOLINA MIRIAM

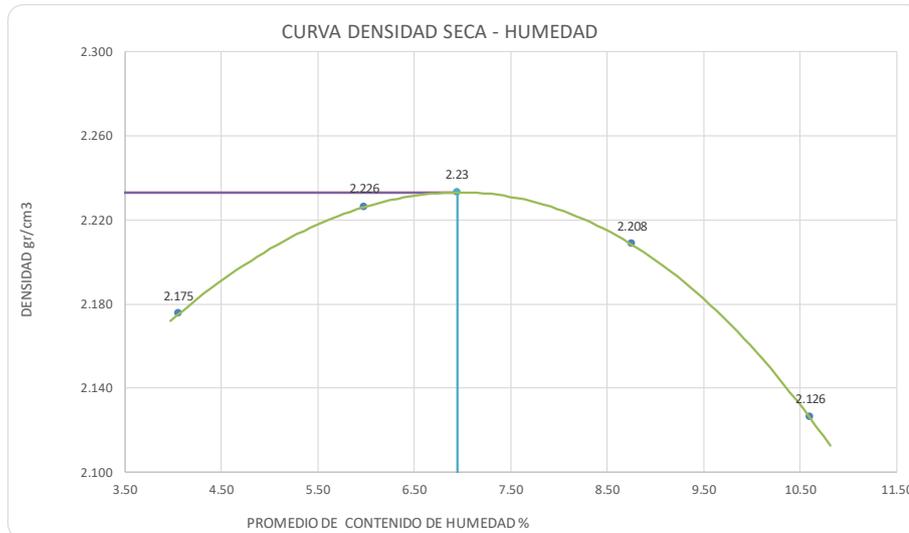
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO

UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

FECHA: 23-12-2021 8% de cemento

| TIPO PROCTOR (MODIFICADO)       | UND   | PUNTOS |       |       |       |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                 |       | 1      | 2     | 3     | 4     |
| METODO DE COMPACTACION          |       | C      | C     | C     | C     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE    | gr    | 11305  | 11512 | 11605 | 11500 |
| PESO DEL MOLDE                  | gr    | 6475   | 6475  | 6475  | 6475  |
| VOLUMEN DEL MOLDE               | cc    | 2134   | 2135  | 2136  | 2137  |
| PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO | gr    | 4830   | 5037  | 5130  | 5025  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO         | gr/cc | 2.263  | 2.359 | 2.402 | 2.351 |

| HUMEDAD                           | UND   | RECIPIENTES |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|                                   |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| RECIPIENTE N°                     |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | gr    | 156.2       | 161.5 | 158.5 | 157.9 |
| PESO SUELO SECO + RECIPIENTE      | gr    | 150.6       | 153.1 | 146.7 | 143.8 |
| PESO DEL AGUA                     | gr    | 5.6         | 8.4   | 11.8  | 14.1  |
| PESO DEL RECIPIENTE               | gr    | 12.4        | 12.6  | 11.9  | 10.8  |
| PEO DE SUELO SECO                 | gr    | 138.2       | 140.5 | 134.8 | 133.0 |
| CONTENIDO DE AGUA                 | %     | 4.05        | 5.98  | 8.75  | 10.60 |
| PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD         | %     | 4.05        | 5.98  | 8.75  | 10.60 |
| PESO VOLUMETRICO SECO             | gr/cc | 2.175       | 2.226 | 2.208 | 2.126 |



|                     |                                |                                    |               |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------|
| <b>Densida Seca</b> | <b>2.233 gr/cm<sup>3</sup></b> | <b>Óptimo Contenido de Humedad</b> | <b>6.94 %</b> |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------|

**12% de cemento**

**PROCTOR MODIFICADO**  
 NORMA ASTM D 1557

**DATOS GENERALES**

SOLICITANTE: ROJAS MOLINA MIRIAM

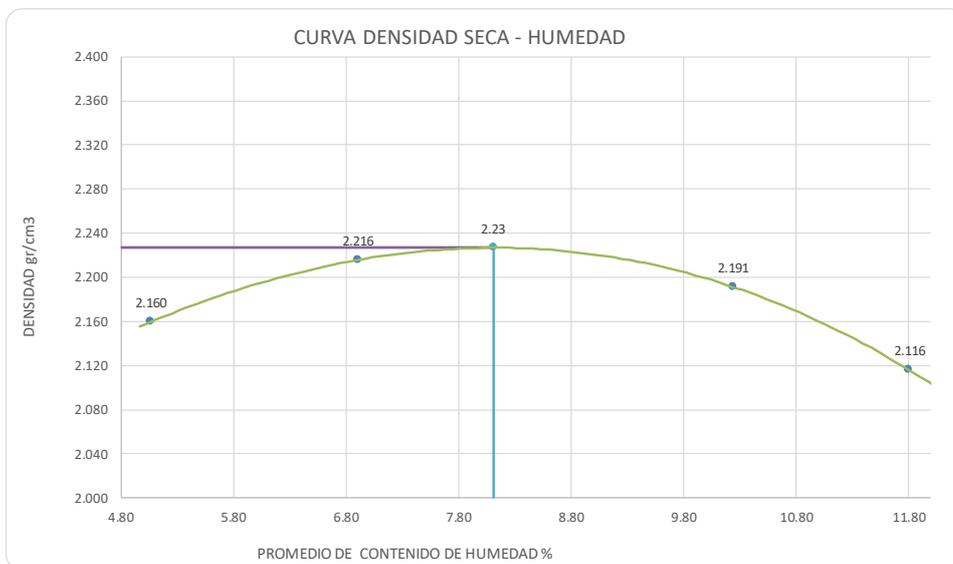
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO

UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

 FECHA: 23-12-2021 **12% de cemento**

| TIPO PROCTOR (MODIFICADO)       | UND   | PUNTOS |       |       |       |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                 |       | 1      | 2     | 3     | 4     |
| METODO DE COMPACTACION          |       | C      | C     | C     | C     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE    | gr    | 11317  | 11532 | 11635 | 11531 |
| PESO DEL MOLDE                  | gr    | 6475   | 6475  | 6475  | 6475  |
| VOLUMEN DEL MOLDE               | cc    | 2134   | 2135  | 2136  | 2137  |
| PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO | gr    | 4842   | 5057  | 5160  | 5056  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO         | gr/cc | 2.269  | 2.369 | 2.416 | 2.366 |

| HUMEDAD                           | UND   | RECIPIENTES |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE N°                     |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | gr    | 157.6       | 162.8 | 160.5 | 159.5 |
| PESO SUELO SECO + RECIPIENTE      | gr    | 150.6       | 153.1 | 146.7 | 143.8 |
| PESO DEL AGUA                     | gr    | 7.0         | 9.7   | 13.8  | 15.7  |
| PESO DEL RECIPIENTE               | gr    | 12.4        | 12.6  | 11.9  | 10.8  |
| PEO DE SUELO SECO                 | gr    | 138.2       | 140.5 | 134.8 | 133.0 |
| CONTENIDO DE AGUA                 | %     | 5.07        | 6.90  | 10.24 | 11.80 |
| PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD         | %     | 5.07        | 6.90  | 10.24 | 11.80 |
| PESO VOLUMETRICO SECO             | gr/cc | 2.160       | 2.216 | 2.191 | 2.116 |



|              |                          |                             |        |
|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------|
| Densida Seca | 2.227 gr/cm <sup>3</sup> | Óptimo Contenido de Humedad | 8.11 % |
|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------|


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**15% de cemento**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO**
**PROCTOR MODIFICADO**  
 NORMA ASTM D 1557

**DATOS GENERALES**

SOLICITANTE: ROJAS MOLINA MIRIAM

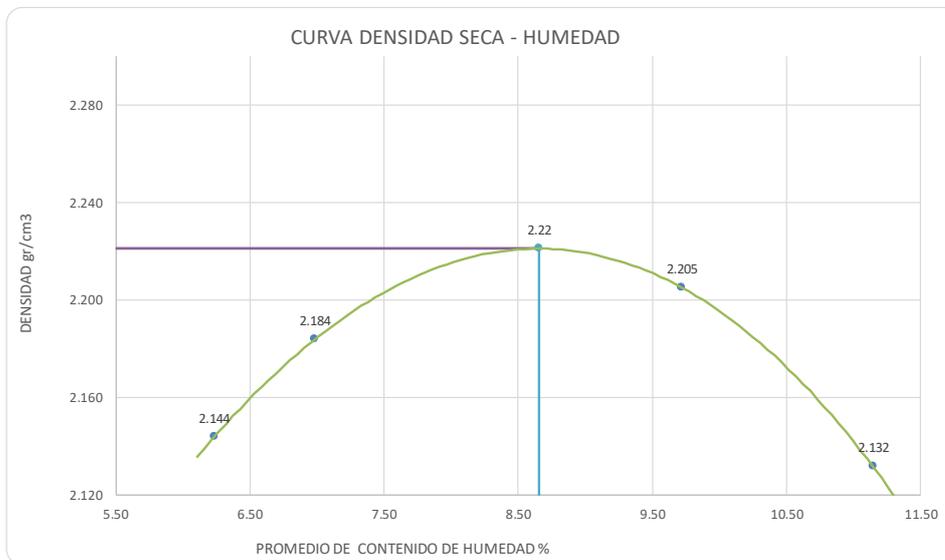
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO

UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

FECHA: 23-12-2021 15% de cemento

| TIPO PROCTOR (MODIFICADO)       | UND   | PUNTOS |       |       |       |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                 |       | 1      | 2     | 3     | 4     |
| METODO DE COMPACTACION          |       | C      | C     | C     | C     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE    | gr    | 11335  | 11463 | 11643 | 11538 |
| PESO DEL MOLDE                  | gr    | 6475   | 6475  | 6475  | 6475  |
| VOLUMEN DEL MOLDE               | cc    | 2134   | 2135  | 2136  | 2137  |
| PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO | gr    | 4860   | 4988  | 5168  | 5063  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO         | gr/cc | 2.277  | 2.336 | 2.419 | 2.369 |

| HUMEDAD                           | UND   | RECIPIENTES |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE N°                     |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | gr    | 165.8       | 165.8 | 159.8 | 157.4 |
| PESO SUELO SECO + RECIPIENTE      | gr    | 156.8       | 155.8 | 146.7 | 142.7 |
| PESO DEL AGUA                     | gr    | 9.0         | 10.0  | 13.1  | 14.7  |
| PESO DEL RECIPIENTE               | gr    | 12.4        | 12.6  | 11.9  | 10.8  |
| PEO DE SUELO SECO                 | gr    | 144.4       | 143.2 | 134.8 | 131.9 |
| CONTENIDO DE AGUA                 | %     | 6.23        | 6.98  | 9.72  | 11.14 |
| PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD         | %     | 6.23        | 6.98  | 9.72  | 11.14 |
| PESO VOLUMETRICO SECO             | gr/cc | 2.144       | 2.184 | 2.205 | 2.132 |



|               |                          |                             |        |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|--------|
| Densidad Seca | 2.221 gr/cm <sup>3</sup> | Óptimo Contenido de Humedad | 8.66 % |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|--------|

**18% de cemento**

**PROCTOR MODIFICADO**  
NORMA ASTM D 1557

**DATOS GENERALES**

SOLICITANTE: ROJAS MOLINA MIRIAM

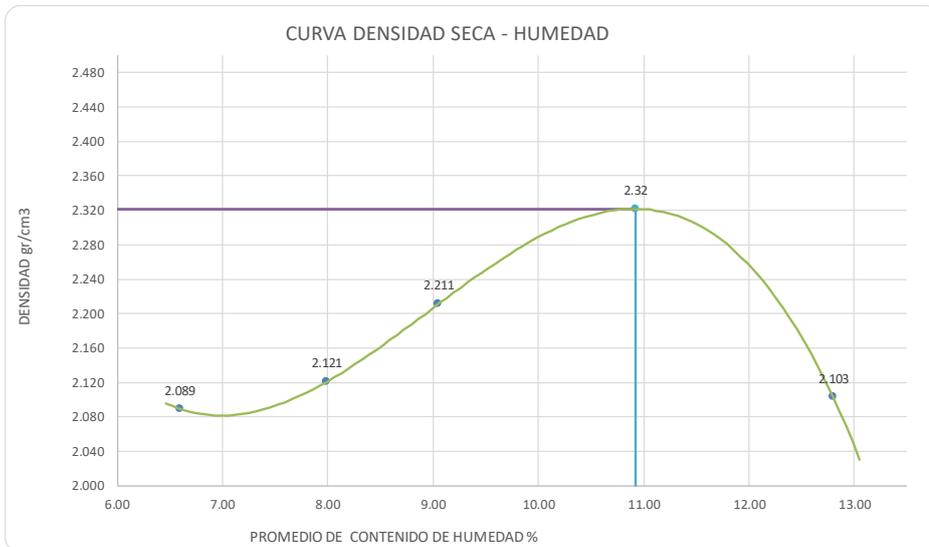
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO

UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

FECHA: 23-12-2021 18% de cemento

| TIPO PROCTOR (MODIFICADO)       | UND   | PUNTOS |       |       |       |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                 |       | 1      | 2     | 3     | 4     |
| METODO DE COMPACTACION          |       | C      | C     | C     | C     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE    | gr    | 11227  | 11364 | 11625 | 11544 |
| PESO DEL MOLDE                  | gr    | 6475   | 6475  | 6475  | 6475  |
| VOLUMEN DEL MOLDE               | cc    | 2134   | 2135  | 2136  | 2137  |
| PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO | gr    | 4752   | 4889  | 5150  | 5069  |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO         | gr/cc | 2.227  | 2.290 | 2.411 | 2.372 |

| HUMEDAD                           | UND   | RECIPIENTES |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE N°                     |       | 1           | 2     | 3     | 4     |
| PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE | gr    | 159.5       | 158.6 | 158.9 | 162.4 |
| PESO SUELO SECO + RECIPIENTE      | gr    | 150.4       | 147.8 | 146.7 | 145.2 |
| PESO DEL AGUA                     | gr    | 9.1         | 10.8  | 12.2  | 17.2  |
| PESO DEL RECIPIENTE               | gr    | 12.4        | 12.6  | 11.9  | 10.8  |
| PEO DE SUELO SECO                 | gr    | 138.0       | 135.2 | 134.8 | 134.4 |
| CONTENIDO DE AGUA                 | %     | 6.59        | 7.99  | 9.05  | 12.80 |
| PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD         | %     | 6.59        | 7.99  | 9.05  | 12.80 |
| PESO VOLUMETRICO SECO             | gr/cc | 2.089       | 2.121 | 2.211 | 2.103 |



|              |              |                             |         |
|--------------|--------------|-----------------------------|---------|
| Densida Seca | 2.322 gr/cm3 | Óptimo Contenido de Humedad | 10.92 % |
|--------------|--------------|-----------------------------|---------|

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## ANEXO 3 Informe de ensayo de alabeo



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM  
Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 29 de diciembre del 2021

Norma : NTP 399.613  
Título : ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA  
Ensayo : Medida del alabeo

| Muestra N°      | Identificación                                     | Cara superior (mm) |             | Cara inferior (mm) |             |
|-----------------|--|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
|                 |  | Cóncavo            | Convexo     | Cóncavo            | Convexo     |
| 01              | C-01 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00        | 0.13               | 0.00        |
| 02              | C-02 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00        | 0.13               | 0.00        |
| 03              | C-03 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00        | 0.13               | 0.00        |
| 04              | C-04 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00        | 0.11               | 0.00        |
| 05              | C-05 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.11               | 0.00        | 0.13               | 0.00        |
| 06              | C-06 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00        | 0.12               | 0.00        |
| 07              | C-07 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00        | 0.12               | 0.00        |
| 08              | C-08 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.13               | 0.00        | 0.11               | 0.00        |
| 09              | C-09 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.12               | 0.00        | 0.12               | 0.00        |
| 10              | C-10 - LADRILLO DE TIERRA ESTABILIZADA CON CEMENTO | 0.11               | 0.00        | 0.12               | 0.00        |
| <b>PROMEDIO</b> |  | <b>0.12</b>        | <b>0.00</b> | <b>0.12</b>        | <b>0.00</b> |

### OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## ANEXO 4 Informe de ensayo de Absorción

Ensayo : Absorción  
 Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Ubicación :  
 Fecha : 44559  
 Fecha de Emisión : Sábado, 09 de enero del 2021.

Código : 399.613 : 2005  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.  
 Norma : **Método de ensayo de Absorción**

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                   | ABSORCIÓN (%) |
|------------|---|---------------|
| 01         | LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON 5% CEMENTO. | 10.9          |
| 02         |   | 9.6           |
| 03         |   | 9.3           |
| 04         |   | 7.0           |
| 05         |   | 8.7           |

PROMEDIO 9.10

**OBSERVACIONES :**

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- El suscrito, no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.




**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Ensayo : Absorción  
 Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Ubicación :  
 Fecha : 44559  
 Fecha de Emisión : Sábado, 09 de enero del 2021.

Código : 399.613 : 2005  
 Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.  
 Norma : **Método de ensayo de Absorción**

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                   | ABSORCIÓN (%) |
|------------|---|---------------|
| 01         | LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON 8% CEMENTO. | 9.8           |
| 02         |   | 8.3           |
| 03         |   | 6.3           |
| 04         |   | 7.6           |
| 05         |   | 8.9           |

PROMEDIO 8.19

**OBERVACIONES :**

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- El suscrito, no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.




**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Ensayo : Absorción  
 Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Ubicación :  
 Fecha : 44559  
 Fecha de Emisión : Sábado, 09 de enero del 2021.

Código : 399.613 : 2005  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.  
 Norma : **Método de ensayo de Absorción**

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|--|---------------|
| 01         | LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON 12% CEMENTO. | 11.8          |
| 02         |  | 10.2          |
| 03         |  | 9.6           |
| 04         |  | 9.7           |
| 05         |  | 12.5          |
| PROMEDIO   |  | 10.76         |

**OBSERVACIONES :**

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- El suscrito, no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.




**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Ensayo : Absorción  
 Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Ubicación :  
 Fecha : 44559  
 Fecha de Emisión : Sábado, 09 de enero del 2021.

Código : 399.613 : 2005  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.  
 Norma : **Método de ensayo de Absorción**

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|--|---------------|
| 01         | LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON 15% CEMENTO. | 11.9          |
| 02         |  | 12.2          |
| 03         |  | 12.2          |
| 04         |  | 8.3           |
| 05         |  | 13.4          |

PROMEDIO 11.59

OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- El suscrito, no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.




**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Ensayo : Absorción  
 Solicitante : MIRIAM ROCIO ROJAS MOLINA  
 Ubicación :  
 Fecha : 44559  
 Fecha de Emisión : Sábado, 09 de enero del 2021.

Código : 399.613 : 2005  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería.  
 Norma : **Método de ensayo de Absorción**

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|--|---------------|
| 01         | LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON 18% CEMENTO. | 11.2          |
| 02         |  | 12.5          |
| 03         |  | 13.5          |
| 04         |  | 12.7          |
| 05         |  | 13.3          |
| PROMEDIO   |  | 12.63         |

**OBERVACIONES :**

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- El suscrito, no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.




**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## ANEXO 5 Informe de ensayo de Resistencia a la compresión



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM  
 Proyecto : "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 06 de enero del 2022

Norma : NTP 399.613.  
Título : Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
Ensayo : Resistencia a la compresión.  
Días : 7 Días

| Muestra N° | Identificación 5%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 65890     | 25846                   | 2.55      | 26.00        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 57980     | 25888                   | 2.24      | 22.84        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 45290     | 25874                   | 1.75      | 17.85        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 53450     | 25817                   | 2.07      | 21.12        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 69780     | 25874                   | 2.70      | 27.51        |

| Muestra N° | Identificación 8%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 60250     | 25874                   | 2.33      | 23.75        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 65120     | 25902                   | 2.51      | 25.64        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 68350     | 25845                   | 2.64      | 26.98        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 74120     | 25789                   | 2.87      | 29.32        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 70250     | 25931                   | 2.71      | 27.63        |

| Muestra N° | Identificación 12%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 76240     | 25874                   | 2.95      | 30.06        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 78690     | 25902                   | 3.04      | 30.99        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 76580     | 25845                   | 2.96      | 30.22        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 81250     | 25789                   | 3.15      | 32.14        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 80560     | 25931                   | 3.11      | 31.69        |

| Muestra N° | Identificación 15%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 80120     | 25874                   | 3.10      | 31.59        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 80590     | 25902                   | 3.11      | 31.74        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 81250     | 25845                   | 3.14      | 32.07        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 85360     | 25789                   | 3.31      | 33.76        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 82880     | 25931                   | 3.20      | 32.60        |

| Muestra N° | Identificación 18%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 88960     | 25874                   | 3.44      | 35.07        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 90230     | 25902                   | 3.48      | 35.53        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 90560     | 25845                   | 3.50      | 35.74        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 89630     | 25789                   | 3.48      | 35.45        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 6/01/2022       | 88150     | 25931                   | 3.40      | 34.67        |


**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM  
 Proyecto : "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 13 de enero del 2022

Norma : NTP 399.613.

Título : Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.

Ensayo : Resistencia a la compresión.

Días: 14 Días

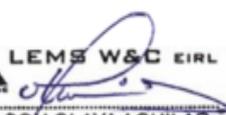
| Muestra N° | Identificación 5%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/01/2022      | 70120     | 25846                   | 2.71      | 27.67        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 72450     | 25888                   | 2.80      | 28.55        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 70950     | 25874                   | 2.74      | 27.97        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 73350     | 25817                   | 2.84      | 28.98        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 75390     | 25874                   | 2.91      | 29.72        |

| Muestra N° | Identificación 8%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/01/2022      | 79750     | 25874                   | 3.08      | 31.44        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 78350     | 25902                   | 3.02      | 30.85        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 80050     | 25845                   | 3.10      | 31.59        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 80950     | 25789                   | 3.14      | 32.02        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 83240     | 25931                   | 3.21      | 32.74        |

| Muestra N° | Identificación 12%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/01/2022      | 85240     | 25874                   | 3.29      | 33.60        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 89250     | 25902                   | 3.45      | 35.15        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 90140     | 25845                   | 3.49      | 35.57        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 89170     | 25789                   | 3.46      | 35.27        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 89240     | 25931                   | 3.44      | 35.10        |

| Muestra N° | Identificación 15%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/01/2022      | 95240     | 25874                   | 3.68      | 37.55        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 100360    | 25902                   | 3.87      | 39.52        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 102140    | 25845                   | 3.95      | 40.31        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 98740     | 25789                   | 3.83      | 39.05        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 91010     | 25931                   | 3.51      | 35.80        |

| Muestra N° | Identificación 18%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/01/2022      | 108560    | 25874                   | 4.20      | 42.80        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 114230    | 25902                   | 4.41      | 44.98        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 107250    | 25845                   | 4.15      | 42.33        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 110520    | 25789                   | 4.29      | 43.71        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 13/02/2022      | 108900    | 25931                   | 4.20      | 42.84        |


**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM  
 Proyecto : "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 27 de enero del 2022

Norma : NTP 399.613.

Título : Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.

Ensayo : Resistencia a la compresión.

Días: 28 Días

| Muestra N° | Identificación 5%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/01/2022      | 76130     | 25846                   | 2.95      | 30.04        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 75450     | 25888                   | 2.91      | 29.73        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 73080     | 25874                   | 2.82      | 28.81        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 76230     | 25817                   | 2.95      | 30.12        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 74490     | 25874                   | 2.88      | 29.36        |

| Muestra N° | Identificación 8%                                | Fecha de ensayo | CARGA (N) | ÁREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/01/2022      | 83560     | 25874                   | 3.23      | 32.94        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 85260     | 25902                   | 3.29      | 33.57        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 87090     | 25845                   | 3.37      | 34.37        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 84310     | 25789                   | 3.27      | 33.35        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 83120     | 25931                   | 3.21      | 32.70        |

| Muestra N° | Identificación 12%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/01/2022      | 92570     | 25874                   | 3.58      | 36.49        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 98270     | 25902                   | 3.79      | 38.70        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 100560    | 25845                   | 3.89      | 39.69        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 112140    | 25789                   | 4.35      | 44.35        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 115890    | 25931                   | 4.47      | 45.59        |

| Muestra N° | Identificación 15%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/01/2022      | 124580    | 25874                   | 4.81      | 49.11        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 138650    | 25902                   | 5.35      | 54.60        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 147230    | 25845                   | 5.70      | 58.11        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 124260    | 25789                   | 4.82      | 49.15        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 136050    | 25931                   | 5.25      | 53.51        |

| Muestra N° | Identificación 18%                               | Fecha de ensayo | CARGA (N) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | F'b (Mpa) | F'b (Kg/Cm2) |
|------------|--|-----------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|
| 01         | C-01 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/01/2022      | 154250    | 25874                   | 5.96      | 60.81        |
| 02         | C-02 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 146850    | 25902                   | 5.67      | 57.83        |
| 03         | C-03 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 154240    | 25845                   | 6.75      | 68.85        |
| 04         | C-04 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 145980    | 25789                   | 5.66      | 57.74        |
| 05         | C-05 - LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA CON CEMENTO | 27/02/2022      | 144970    | 25931                   | 5.59      | 57.02        |



## ANEXO 6 Informe de ensayo de resistencia a la flexión

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi

Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

#### INFORME DE ENSAYO

Código : NPT 331.040:2006

Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"

Norma : Requisitos

Código : NPT 331.613:2005

Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.

Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA      |                        |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (daN/cm <sup>2</sup> ) |
| 5% de cemento   | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 6.82                  | 6.69                   |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 7.07                  | 6.93                   |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 6.23                  | 6.11                   |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 6.51                  | 6.39                   |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 6.91                  | 6.78                   |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>6.71</b>           | <b>6.58</b>            |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm<sup>2</sup> = 1.02 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSEVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. EN JAPCO DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi  
Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

### INFORME DE ENSAYO

Código : NPT 331.040:2006  
 Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"  
 Norma : Requisitos  
 Código : NPT 331.613:2005  
 Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA |             |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm2)         | (daN/cm2)   |
| 8% de cemento   | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 7.68             | 7.53        |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 8.26             | 8.10        |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 6.98             | 6.84        |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 7.70             | 7.55        |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 7.39             | 7.24        |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>7.60</b>      | <b>7.45</b> |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm2 = 1.02 Kg/cm2

**OBERVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi  
Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

#### INFORME DE ENSAYO

Código : NPT 331.040:2006  
Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"  
Norma : Requisitos  
Código : NPT 331.613:2005  
Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA      |                        |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (daN/cm <sup>2</sup> ) |
| 12% de cemento  | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 7.72                  | 7.57                   |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 7.81                  | 7.66                   |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 8.18                  | 8.02                   |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 7.70                  | 7.55                   |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 7.67                  | 7.52                   |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>7.82</b>           | <b>7.67</b>            |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm<sup>2</sup> = 1.02 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi

Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

### INFORME DE ENSAYO

Código : NPT 331.040:2006

Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"

Norma : Requisitos

Código : NPT 331.613:2005

Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.

Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA      |                        |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (daN/cm <sup>2</sup> ) |
| 15% de cemento  | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 8.67                  | 8.51                   |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 8.97                  | 8.80                   |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 8.16                  | 8.00                   |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 8.67                  | 8.51                   |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 8.51                  | 8.34                   |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>8.60</b>           | <b>8.43</b>            |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm<sup>2</sup> = 1.02 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBERVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi  
Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

**INFORME DE ENSAYO**

Código : NPT 331.040:2006  
 Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"  
 Norma : Requisitos  
 Código : NPT 331.613:2005  
 Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA |             |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm2)         | (daN/cm2)   |
| 18% de cemento  | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 8.81             | 8.64        |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 8.87             | 8.70        |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 10.19            | 9.99        |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 10.16            | 9.96        |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 9.05             | 8.87        |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>9.41</b>      | <b>9.23</b> |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm2 = 1.02 Kg/cm2

**OBSERVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO

Ubicación : Prolongación Bolognesi  
Fecha de Emisión : 22 de enero de 2022

### INFORME DE ENSAYO

Código : NPT 331.040:2006  
Título : Tesis "Caracterización física y mecánica del Ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento"  
Norma : Requisitos  
Código : NPT 331.613:2005  
Título : Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
Ensayo : **Método de ensayo de flexo-tracción**

| DENOMINACIÓN    | CARGA<br>(Kg) | LUZ LIBRE<br>(cm.) | ANCHO<br>(cm.) | ALTURA<br>(cm.) | MODULO DE ROTURA |             |
|-----------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
|                 |               |                    |                |                 | (Kg/cm2)         | (daN/cm2)   |
| 18% de cemento  | 530           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 6.82             | 6.69        |
|                 | 554           | 17.4               | 22.5           | 9.6             | 7.07             | 6.93        |
|                 | 482           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 6.23             | 6.11        |
|                 | 504           | 17.4               | 22.4           | 9.5             | 6.51             | 6.39        |
|                 | 537           | 17.4               | 22.5           | 9.5             | 6.91             | 6.78        |
| <b>PROMEDIO</b> |               |                    |                |                 | <b>6.71</b>      | <b>6.58</b> |

**NOTA ILUSTRE:**

1daN/cm2 = 1.02 Kg/cm2

**OBSERVACIONES :**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 246904

ANEXO 7 Informe del ensayo de resistencia a la compresión de prismas



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
Fecha de ensayo : 17 de febrero de 2022

Título : Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento.

Norma : NTP 399.605.

Ensayo : Resistencia a la compresión en prismas.

| Muestra N° | Identificación           | Fecha de vaciado (Días) | Fecha de ensayo (Días) | Edad (Días) | lp (mm) | tp (mm) | hp (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | hp/tp | Carga (N) | f'm (Mpa) | Factor Correc. | f'm (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------------------------|-------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|
| 01         | PRISMA 1 - 5% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.23  | 115.25  | 315.10  | 25957                   | 2.73  | 68150     | 2.63      | 1.050          | 28.11                     |
| 02         | PRISMA 2 - 5% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.25  | 115.38  | 315.35  | 25988                   | 2.73  | 67020     | 2.58      | 1.049          | 27.59                     |
| 03         | PRISMA 3 - 5% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.28  | 115.25  | 315.43  | 25963                   | 2.74  | 68250     | 2.63      | 1.052          | 28.20                     |
| PROMEDIO   |                          |                         |                        |             |         |         |         |                         |       |           |           | 27.97          |                           |

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Fecha de ensayo : 17 de febrero de 2022

Título : Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento.  
Norma : NTP 399.605.  
Ensayo : Resistencia a la compresión en primas.

| Muestra N° | Identificación            | Fecha de vaciado (Días) | Fecha de ensayo (Días) | Edad (Días) | lp (mm) | tp (mm) | hp (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | hp/tp | Carga (N) | f'm (Mpa) | Factor Correc. | f'm (Kg/cm2) |
|------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------------------------|-------|-----------|-----------|----------------|--------------|
| 01         | PRISMA 1 - 12% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.23  | 115.25  | 315.23  | 25957                   | 2.74  | 78950     | 3.04      | 1.051          | 32.60        |
| 02         | PRISMA 2 - 12% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.35  | 115.38  | 315.35  | 26000                   | 2.73  | 79050     | 3.04      | 1.050          | 32.55        |
| 03         | PRISMA 3 - 12% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.13  | 115.25  | 315.45  | 25946                   | 2.74  | 78160     | 3.01      | 1.052          | 32.32        |
| PROMEDIO   |                           |                         |                        |             |         |         |         |                         |       |           |           | 32.49          |              |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Fecha de ensayo : 17 de febrero de 2022

Título : Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento.  
Norma : NTP 399.605.  
Ensayo : Resistencia a la compresión en primas.

| Muestra N° | Identificación           | Fecha de vaciado (Días) | Fecha de ensayo (Días) | Edad (Días) | lp (mm) | tp (mm) | hp (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | hp/tp | Carga (N) | f'm (Mpa) | Factor Correc. | f'm (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------------------------|-------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|
| 01         | PRISMA 1 - 8% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.20  | 115.25  | 315.23  | 25954                   | 2.74  | 75060     | 2.89      | 1.051          | 30.99                     |
| 02         | PRISMA 2 - 8% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.35  | 115.38  | 315.35  | 26000                   | 2.73  | 75980     | 2.92      | 1.050          | 31.29                     |
| 03         | PRISMA 3 - 8% de cemento | 17/02/2022              | 17/03/2022             | 28          | 225.28  | 115.25  | 315.45  | 25963                   | 2.74  | 74520     | 2.87      | 1.052          | 30.79                     |
| PROMEDIO   |                          |                         |                        |             |         |         |         |                         |       |           |           | 31.02          |                           |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Fecha de ensayo : 17 de febrero de 2022

Titulo : Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento.

Norma : NTP 399.605.

Ensayo : Resistencia a la compresión en primas.

| Muestra<br>Nº | Identificación               | Fecha de<br>vaciado<br>(Días) | Fecha de<br>ensayo<br>(Días) | Edad<br>(Días) | lp<br>(mm) | tp<br>(mm) | hp<br>(mm) | Área<br>(mm <sup>2</sup> ) | hp/tp | Carga<br>(N) | f'm<br>(Mpa) | Factor<br>Correc. | f'm<br>(Kg/cm2) |
|---------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|------------|------------|------------|----------------------------|-------|--------------|--------------|-------------------|-----------------|
| 01            | PRISMA 1 - 15% de<br>cemento | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.23     | 115.25     | 315.23     | 25957                      | 2.74  | 88780        | 3.42         | 1.051             | 36.66           |
| 02            | PRISMA 2 - 15% de<br>cemento | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.35     | 115.38     | 315.35     | 26000                      | 2.73  | 87000        | 3.35         | 1.050             | 35.83           |
| 03            | PRISMA 3 -15% de<br>cemento  | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.13     | 115.25     | 315.45     | 25946                      | 2.74  | 86980        | 3.35         | 1.052             | 35.96           |
|               |                              |                               |                              |                |            |            |            |                            |       |              | PROMEDIO     | 36.15             |                 |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
Proyecto : Tesis: "CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
Fecha de ensayo : 17 de febrero de 2022

Titulo : Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de ladrillos de tierra comprimida estabilizadas con cemento.  
Norma : NTP 399.605.  
Ensayo : Resistencia a la compresión en primas.

| Muestra<br>Nº | Identificación               | Fecha de<br>vaciado<br>(Días) | Fecha de<br>ensayo<br>(Días) | Edad<br>(Días) | lp<br>(mm) | tp<br>(mm) | hp<br>(mm) | Área<br>(mm <sup>2</sup> ) | hp/tp | Carga<br>(N) | f'm<br>(Mpa) | Factor<br>Correc. | f'm<br>(Kg/cm2) |
|---------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|------------|------------|------------|----------------------------|-------|--------------|--------------|-------------------|-----------------|
| 01            | PRISMA 1 - 18% de<br>cemento | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.23     | 115.25     | 315.23     | 25957                      | 2.74  | 105890       | 4.08         | 1.051             | 43.72           |
| 02            | PRISMA 2 - 18% de<br>cemento | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.35     | 115.38     | 315.35     | 26000                      | 2.73  | 98780        | 3.80         | 1.050             | 40.68           |
| 03            | PRISMA 3 - 18% de<br>cemento | 17/02/2022                    | 17/03/2022                   | 28             | 225.13     | 115.25     | 315.45     | 25946                      | 2.74  | 100250       | 3.86         | 1.052             | 41.45           |
| PROMEDIO      |                              |                               |                              |                |            |            |            |                            |       |              |              | 41.95             |                 |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

## ANEXO 8 Ensayo de compresión diagonal en muretes



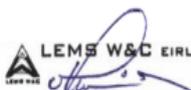
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
Proyecto / Obra : "CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 20 de febrero de 2022.  
Ensayo : Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
Referencia : N.T.P. 399.621

| Muestra<br>Nº   | IDENTIFICACIÓN        | Fecha de<br>asentado<br>(Días) | Fecha de<br>ensayo<br>(Días) | Edad<br>(Días) | l<br>(mm) | h<br>(mm) | t<br>(mm) | Ab<br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(N) | Vm<br>(Mpa) | Vm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Prisma 1 - 5% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 77198    | 0.35        | 3.58                        |
| 02              | Prisma 2 - 5% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 88966    | 0.34        | 3.47                        |
| 03              | Prisma 3 - 5% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 75197    | 0.36        | 3.64                        |
| <b>PROMEDIO</b> |                       |                                |                              |                |           |           |           |                          |          | <b>3.56</b> |                             |

### OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto / Obra : "CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 20 de febrero de 2022.  
 Ensayo : Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Referencia : N.T.P. 399.621

| Muestra<br>Nº   | IDENTIFICACIÓN        | Fecha de<br>asentado<br>(Días) | Fecha de<br>ensayo<br>(Días) | Edad<br>(Días) | l<br>(mm) | h<br>(mm) | t<br>(mm) | Ab<br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(N) | Vm<br>(Mpa) | Vm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Prisma 1 - 8% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 52466    | 0.44        | 4.51                        |
| 02              | Prisma 2 - 8% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 50014    | 0.42        | 4.29                        |
| 03              | Prisma 3 - 8% cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 51387    | 0.43        | 4.41                        |
| <b>PROMEDIO</b> |                       |                                |                              |                |           |           |           |                          |          |             | <b>4.40</b>                 |

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto / Obra : "CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 20 de febrero de 2022.  
 Ensayo : Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Referencia : N.T.P. 399.621

| Muestra N°      | IDENTIFICACIÓN         | Fecha de asentado (Días) | Fecha de ensayo (Días) | Edad (Días) | l (mm) | h (mm) | t (mm) | Ab (mm <sup>2</sup> ) | P (N) | Vm (Mpa) | Vm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------|--------|--------|--------|-----------------------|-------|----------|--------------------------|
| 01              | Prisma 1 - 12% cemento | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 66842 | 0.56     | 5.74                     |
| 02              | Prisma 2 - 12% cemento | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 64489 | 0.54     | 5.54                     |
| 03              | Prisma 3 - 12% cemento | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 65430 | 0.55     | 5.62                     |
| <b>PROMEDIO</b> |                        |                          |                        |             |        |        |        |                       |       |          | <b>5.63</b>              |

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto / Obra : "CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 20 de febrero de 2022.  
 Ensayo : Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Referencia : N.T.P. 399.621

| Muestra N°      | IDENTIFICACIÓN         | Fecha de asentado (Días) | Fecha de ensayo (Días) | Edad (Días) | l (mm) | h (mm) | t (mm) | Ab (mm <sup>2</sup> ) | P (N) | Vm (Mpa) | Vm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------|--------|--------|--------|-----------------------|-------|----------|--------------------------|
| 01              | Prisma 1 - 15% caucho  | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 70373 | 0.59     | 6.04                     |
| 02              | Prisma 2 - 15% cemento | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 69666 | 0.59     | 5.98                     |
| 03              | Prisma 3 - 15% cemento | 12/02/2022               | 12/03/2022             | 28          | 705    | 755    | 115    | 83950                 | 77433 | 0.65     | 6.65                     |
| <b>PROMEDIO</b> |                        |                          |                        |             |        |        |        |                       |       |          | <b>6.23</b>              |

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : ROJAS MOLINA MIRIAM ROCIO  
 Proyecto / Obra : "CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 20 de febrero de 2022.  
 Ensayo : Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de ladrillos de tierra comprimida estabilizada con cemento.  
 Referencia : N.T.P. 399.621

| Muestra<br>Nº   | IDENTIFICACIÓN          | Fecha de<br>asentado<br>(Días) | Fecha de<br>ensayo<br>(Días) | Edad<br>(Días) | l<br>(mm) | h<br>(mm) | t<br>(mm) | Ab<br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(N) | Vm<br>(Mpa) | Vm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Prisma 1 - 18 % cemento | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 77198    | 0.65        | 6.63                        |
| 02              | Prisma 2 - 18% cemento  | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 88966    | 0.75        | 7.64                        |
| 03              | Prisma 3 - 18% cemento  | 12/02/2022                     | 12/03/2022                   | 28             | 705       | 755       | 115       | 83950                    | 75197    | 0.63        | 6.46                        |
| <b>PROMEDIO</b> |                         |                                |                              |                |           |           |           |                          |          | <b>6.91</b> |                             |

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON GLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

# **PANEL FOTOGRAFICO**

EXTRACCION DEL MATERIAL



ENSAYOS DE LA MUESTRA DE SUELO



PROCESO DE ELABORACION DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO



ENSAYOS DEL LADRILLO



