

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



**Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la incorporación de ladrillo de arcilla triturado**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Daniel Angel Oviden Rivera**

**ASESOR**

**Ronald Esteban Villanueva Maguiña**

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

**Chiclayo, 2024**

**Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la incorporación de ladrillo de arcilla triturado**

PRESENTADA POR  
**Daniel Angel Oleden Rivera**

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

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Atilio Rubén López Carranza  
PRESIDENTE

Luis Alberto Vidal Mesa  
SECRETARIO

Ronald Esteban Villanueva Maguiña  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta investigación está dedicada a mis padres Angel Oviden Chicoma y Flor Rivera Viton, quienes han sacrificado mucho por mi educación y que no me falte nada, a mi hermano Roger Oviden Rivera y mi cuñada Esther Caruajulca Silva por ser un pilar en mi vida y por brindarme su apoyo incondicional durante mi carrera. A mi familia en general y sobre todo a mis abuelos Andrés y Lolita que siempre han estado presentes en cada etapa de mi crecimiento tanto personal como profesional.

## **Agradecimientos**

Primero agradecer a Dios que cada día he visto su bondad en mi vida, a mis padres, hermano y cuñada, a mi Asesor Ronald Esteban Villanueva Maguiña por su tiempo y apoyo durante la elaboración de la investigación, a mi familia, en especial a mi primo Manuel Miñope Oviden, quien estuvo de principio a fin apoyándome en cada etapa de mi tesis, a mis amigos incondicionales que me ayudaron de alguna u otra forma: Karol, Karina, Encajima, Flor, Kelly, Xiomara, Fabricio, María, Efreem, Paola, Olivera y Tobias. Estoy muy agradecido por todo el apoyo que me han brindado.

## DANIEL ANGEL OLIDEN RIVERA - TESIS 2 LISTO.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**20%**

INDICE DE SIMILITUD

**20%**

FUENTES DE INTERNET

**4%**

PUBLICACIONES

**8%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>13</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>14</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>15</b>
<b>Revisión de literatura</b> .....	<b>18</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>18</b>
Antecedentes Internacionales.....	18
Antecedentes Nacionales .....	19
<b>Bases teóricas</b> .....	<b>20</b>
<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>36</b>
Tipo y diseño de Investigación .....	36
Método de investigación .....	36
Población, muestra y muestreo .....	36
Población .....	36
Muestra .....	36
Muestreo .....	36
Hipótesis y Operacionalización de Variables .....	38
Hipótesis .....	38
Operacionalización de variables .....	38
Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	38
Técnicas .....	38
Instrumentos de recolección de datos .....	39
Procedimiento: .....	39
Lugar donde se fabricaron las unidades de tierra reforzada.....	39
Muestreo, selección y trituración de ladrillos de RCD .....	40
Pruebas de las muestras del suelo .....	44
Determinación de las dosificaciones respecto al peso .....	57
Fabricación de las unidades de tierra reforzada con la adición del ladrillo triturado .....	60
Ensayos a las Unidades de Tierra Reforzada .....	62
<b>Resultados y discusión</b> .....	<b>69</b>
<b>Resultados:</b> .....	<b>69</b>

<i>Discusiones:</i> .....	84
<b>Conclusiones</b> .....	94
<b>Recomendaciones</b> .....	96
<b>Referencias</b> .....	97
<b>Anexos</b> .....	100

## Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Prueba de resistencia seca. [14].....	28
Ilustración 2: Condición para la prueba de resistencia seca. [14] .....	28
Ilustración 3: Resistencia a tracción del mortero. [14].....	29
Ilustración 4: Ensayo a compresión de murete. [14].....	31
Ilustración 5: Ensayo de resistencia a tracción del murete. [14].....	31
Ilustración 6: Lugar de fabricación de las unidades de tierra reforzada.....	39
Ilustración 7: (a)Lugar de recolección y (b) Recolección de ladrillo.....	42
Ilustración 8: (a) Herramientas para limpieza del ladrillo, (b)trituration manual. ....	42
Ilustración 9:(a), (b) y (c) Colocación a la máquina de abrasión. ....	43
Ilustración 10: (a), (b), (c) y (d) Proceso del tamizado del ladrillo triturado. ....	43
Ilustración 11: (a) y (b) Recolección del suelo para ser ensayado. ....	44
Ilustración 12: Muestra de la tierra. ....	44
Ilustración 13: (a), (b) y (c) Ensayo de prueba de cinta de barro. ....	45
Ilustración 14: (a), (b)y (c) Ensayo de resistencia seca.....	45
Ilustración 15: Pesado de la muestra. ....	46
Ilustración 16: Peso de la muestra húmeda. ....	46
Ilustración 17:Traslado de la muestra al horno. ....	47
Ilustración 18: Retiro de la muestra del horno al pasar 24 horas. ....	47
Ilustración 19:Peso de la muestra seca al horno.....	47
Ilustración 20: Peso de la muestra para granulometría. ....	48
Ilustración 21: (a) y (b) Lavado del material a tamizar.....	48
Ilustración 22: Muestra lavada .....	49
Ilustración 23:Colocación de la muestra lavada al horno .....	49
Ilustración 24: Peso de la muestra lavada seca. ....	49
Ilustración 25: Tamizado para hallar granulometría. ....	50
Ilustración 26: Peso de una de las muestras retenidas.....	50

Ilustración 27: (a) y (b) Triturado de muestra para ensayos de límites.....	51
Ilustración 28:Tamizado por la malla N°40 .....	51
Ilustración 29: Preparación de la muestra para ensayo de límites.....	51
Ilustración 30: Copa de Casagrande.....	52
Ilustración 31: Muestra en el aparato de Casagrande.....	52
Ilustración 32: Muestras húmedas para límite líquido. ....	52
Ilustración 33: Peso de una de las muestras de los golpes de 10 - 30. ....	53
Ilustración 34:Muestras para determinar límite plástico. ....	53
Ilustración 35:Peso de las muestras húmedas. ....	53
Ilustración 36:Colocación de las muestras al horno.....	54
Ilustración 37: Muestras secas para determinar límites. ....	54
Ilustración 38: Peso de la fiola. ....	54
Ilustración 39: Tamiz N°10 para el ensayo. ....	55
Ilustración 40: Peso de la fiola más agua destilada.....	55
Ilustración 41: Fiola más agua y más muestra. ....	55
Ilustración 42: Fiola hirviendo para eliminar el aire. ....	56
Ilustración 43: Fiola con la muestra sin aire. ....	56
Ilustración 44: (a), (b) y (c) Proceso para hacer la masa.....	57
Ilustración 45: Moldes para las unidades de tierra. ....	57
Ilustración 46: (a), (b) y (c) Proceso de fabricación de las unidades de tierra reforzada. ....	58
Ilustración 47: Peso de la muestra de 10x20x10. ....	58
Ilustración 48: Peso de la muestra de 10x10x10. ....	58
Ilustración 49: Peso de la muestra de 6"x12". ....	59
Ilustración 50: Dosificación al 5% de la muestra de 10x10x10. ....	60
Ilustración 51: Dosificación al 5% de la muestra de 10x20x10.....	60
Ilustración 52: Dosificación al 5% de la muestra cilíndrica de 4x12". ....	61
Ilustración 53: (a), (b) y (c) Adición del ladrillo triturado a la mezcla.....	61

Ilustración 54: Moldeado de las unidades de tierra reforzada.....	61
Ilustración 55: Muestras de los cubos al 0%, 5%, 10% y 15% de adición. ....	62
Ilustración 56: Medida de los cubos.....	62
Ilustración 57: (a) y (b) Ensayo a compresión de los cubos.....	63
Ilustración 58: Medidas del cilindro de tierra. ....	63
Ilustración 59: Ensayo a tracción de los cilindros de tierra.....	63
Ilustración 60: Colocación del mortero a las unidades de tierra. ....	64
Ilustración 61: Ensayo a tracción del mortero.....	64
Ilustración 62: Fabricación de las pilas de unidades de tierra.....	65
Ilustración 63:Ensayo de compresión de las pilas.....	65
Ilustración 64: (a) y (b) Fabricación del murete de tierra reforzada. ....	65
Ilustración 65: Ensayo a tracción diagonal. ....	66
Ilustración 66: Medida de las unidades de tierra reforzada.....	66
Ilustración 67: Peso de las unidades de tierra reforzada. ....	67
Ilustración 68: Ensayo de succión.....	67
Ilustración 69: Peso de la unidad de tierra después del ensayo.....	67
Ilustración 70: Peso de la unidad para absorción. ....	68
Ilustración 71:Sumersión de la unidad de tierra en el agua.....	68
Ilustración 72: Peso de la unidad después de ser sumergido en el agua. ....	68
Ilustración 73: Módulo de vivienda .....	88
Ilustración 74: Vista principal del módulo .....	89
Ilustración 75: Vista Isométrica del módulo .....	89
Ilustración 76: U.T.R de 10x20x40 para costo por m2 .....	92

## Lista de tablas

Tabla 1: Propiedades mecánicas. ....	37
Tabla 2: Propiedades físicas. ....	37
Tabla 3: Operacionalización de variables. ....	38
Tabla 4: Residuos no peligrosos.....	40
Tabla 5: Clasificación de residuos de construcción y demolición aprovechables. ....	41
Tabla 6: Tipos Residuos de Construcción y demolición.....	41
Tabla 7: Tabla de muestras a dosificar.....	59
Tabla 8: Tabla de dosificaciones.....	59
Tabla 9: Prueba de cinta de Barro .....	69
Tabla 10: Prueba de presencia de arcilla.....	69
Tabla 11: Contenido de Humedad.....	69
Tabla 12: Datos para Granulometría. ....	70
Tabla 13: Ensayo granulométrico. ....	70
Tabla 14: Datos para el ensayo de Límites. ....	71
Tabla 15: Resultados de Límites de consistencia.....	72
Tabla 16: Cálculo resultados para Peso específico. ....	72
Tabla 17: Ensayo de resistencia a compresión 14 días. ....	73
Tabla 18: Ensayo de resistencia a compresión 28 días. ....	74
Tabla 19: Ensayo de resistencia a Tracción 28 días.....	74
Tabla 20: Ensayo de resistencia a Tracción del mortero.....	75
Tabla 21: Ensayo de resistencia a compresión de pilas. ....	76
Tabla 22: Ensayo de resistencia a Tracción de Muretes. ....	76
Tabla 23: Variación Dimensional de las U.T.R 0% de adición. ....	77
Tabla 24: Variación Dimensional de las U.T.R 5% de adición. ....	77
Tabla 25: Variación Dimensional de las U.T.R 10% de adición. ....	78
Tabla 26: Variación Dimensional de las U.T.R 15% de adición. ....	78

Tabla 27: Ensayo de Variación Dimensional de U.T.R .....	78
Tabla 28: Ensayo de succión de las U.T.R al 0% de adición. ....	79
Tabla 29: Ensayo de succión de las U.T.R al 5% de adición. ....	80
Tabla 30: Ensayo de succión de las U.T.R al 10% de adición. ....	80
Tabla 31: Ensayo de succión de las U.T.R al 15% de adición. ....	80
Tabla 32: Ensayo de succión de las U.T.R.....	81
Tabla 33: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 0% de adición. ....	81
Tabla 34: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 5% de adición. ....	82
Tabla 35: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 10% de adición. ....	82
Tabla 36: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 15% de adición. ....	82
Tabla 37: Ensayo de Absorción de las U.T.R .....	82
Tabla 38: A.C.U del ladrillo de arcilla triturado .....	90
Tabla 39: A.C.U de las U.T.R convencional.....	90
Tabla 40: A.C.U de las U.T.R +10% de ladrillo de arcilla triturado.....	90
Tabla 41: A.C.U por millar de U.T.R tradicional .....	91
Tabla 42: A.C.U por millar de U.T.R +10% de ladrillo de arcilla triturado .....	91
Tabla 43: A.C.U de fabricación de U.T.R tradicional por m2 .....	92
Tabla 44: A.C.U de fabricación de U.T.R +10% de ladrillo triturado por m2.....	92
Tabla 45: Resumen de Partidas de costos .....	93
Tabla 46: Resumen de Costos comparativos de los muros de U.T.R para una vivienda.....	93

## Lista de gráficas

Gráfica N° 1: Curva Granulométrica. ....	71
Gráfica N° 2: Curva de Fluidez.....	72
Gráfica N° 3: Resistencia a la compresión - 14 días .....	73
Gráfica N° 4: Resistencia a la compresión – 28 días .....	74
Gráfica N° 5: Resistencia a la Tracción .....	75
Gráfica N° 6: Resistencia del Mortero .....	75
Gráfica N° 7: Resistencia a la compresión de Pilas .....	76
Gráfica N° 8: Resistencia a compresión diagonal .....	77
Gráfica N° 9: Variación Dimensional del largo en % .....	78
Gráfica N° 10: Variación Dimensional del Ancho en % .....	79
Gráfica N° 11: Variación Dimensional del Alto en % .....	79
Gráfica N° 12: Ensayo de Succión.....	81
Gráfica N° 13: Ensayo de absorción .....	83

## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal la adición del ladrillo de arcilla triturado en ciertos porcentajes a las unidades de tierra reforzada en función a su peso, esto con el fin de poder evaluar el comportamiento de sus propiedades físico-mecánicas y verificar que tan beneficioso es utilizar este tipo de adición. El desarrollo de esta investigación se desarrolló en el pueblo joven de Culpón que se encuentra ubicado en las afueras del distrito de JLO, para empezar, se tuvo que hacer los ensayos correspondientes: ensayos in situ para la verificación del material, ensayos de laboratorio para constatar que el suelo es apto para la fabricación de las unidades de tierra reforzada. Luego de ello se consiguieron los ladrillos de arcilla obtenidos de los RCD para proceder a triturarlos con ayuda de la máquina de abrasión. Para esta investigación se tuvo que hacer los ensayos físicos y mecánicos tanto para la muestra patrón como para las que se añadirán los ladrillos triturados al 5%, 10% y 15% para así poder comparar sus propiedades, todo ello teniendo en cuenta la norma E.080 para las mecánicas y las NTP 339.604 y NTP 339.631 para las físicas. Una vez hechos los ensayos se evalúan los resultados obtenidos y se puede concluir que existe una mejora al 10% de adición tanto para las propiedades mecánicas y en cierta parte en las propiedades físicas.

**Palabras clave:** Unidad de tierra reforzada, ladrillo de arcilla triturado, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

### **Abstract**

This research work has as its main objective the addition of crushed clay brick in certain percentages to the reinforced earth units based on their weight, this is in order to be able to evaluate the behavior of their physical-mechanical properties and verify how beneficial it is to use this type of addition. The development of this research work took place in the young town of Culpón, which is located on the outskirts of the JLO district.

To begin the work, the corresponding tests had to be carried out: in situ tests to verify the material, laboratory tests to verify that the soil is suitable for the manufacture of reinforced earth units. After that, the clay bricks obtained from the RCD were obtained to proceed to crush them with the help of the abrasion machine.

For this research work, physical and mechanical tests had to be carried out both for the standard sample and for those to which the crushed bricks will be added at 5%, 10% and 15% in order to compare their properties, all taking into account the standard E.080 for mechanics and NTP 339.604 and NTP 339.631 for physics.

Once the tests are done, the results obtained are evaluated and it can be concluded that there is an improvement at 10% addition both for the mechanical properties and to a certain extent in the physical properties.

**Keywords:** Reinforced ground unit, Crushed clay brick, Physical properties, Mechanical properties.

## Introducción

Hoy en día existen muchos materiales de construcción, sin embargo, la tierra o suelo ha sido y será el material de construcción de forma natural más importante que existe, desde la antigüedad nuestros antepasados en distintas culturas lo han utilizado como uno de los principales materiales para las edificaciones ya que es uno de los recursos más abundantes que podemos encontrar en nuestro alrededor siendo éste de bajo costo y de buena trabajabilidad. Dentro de las características importantes que podemos resaltar de la tierra es la maleabilidad que ésta posee, pudiendo ser utilizadas con ayuda de moldes como bloques o unidades que son usados como material en la albañilería, cabe resaltar que a estos bloques o unidades de tierra comúnmente se le conoce como adobe.

En Colombia, las construcciones con unidades de tierra han disminuido considerablemente, pero como medida de recuperar su patrimonio ancestral nacen las investigaciones para que pueda estar al nivel de los materiales de construcción convencionales [1]. Más de 1000 millones de personas en este país aún siguen residiendo en edificaciones hechas de tierra cruda y se menciona que Perú y Turquía son los que desarrollaron estándares sísmicos para el uso de este material, siendo una de ellas la Norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra reforzada” la cual nace como preocupación para dar los alcances y parámetros tanto constructivos como sísmicos para aquellas personas que aún no cuentan con la accesibilidad económica necesaria y optan por construir con este material [2].

En la actualidad basándose en los registros del Instituto Nacional de Estadística e informática, más conocida como la INEI, en el Perú existe una específica cantidad de viviendas en las cuales predominan como uno de los materiales principales en sus muros el adobe, tapial o quincha; podemos encontrar 2 millones 148 mil 494 viviendas, según el último censo (CENSO 2017), los departamentos cuyas viviendas están edificadas con este material son los de Cajamarca y La Libertad [3]. Teniendo en cuenta lo costoso que es construir una edificación de material noble, esta investigación quiere brindar una alternativa al implementar el ladrillo de arcilla triturado como nuevo material de construcción; así mismo, dar a conocer los resultados mediante ensayos de campo y laboratorio sí será de gran influencia para las edificaciones. En caso de que los resultados sean favorables, se va a lograr mejorar la calidad de construcción con la ayuda del ladrillo de arcilla triturado y así beneficiar a la población al ser de bajo costo.

Nuestro país, Perú, debido a su posición geográfica se encuentra ubicado a lado de la placa tectónica conocida como la placa de Nazca, durante el transcurso de los años se ha visto cómo es que este movimiento de la placa ha causado grandes destrucciones en muchas viviendas; respecto a las construcciones de tierra reforzada, éstas no tienen una gran capacidad de resistir

una fuerza externa (sismo), siendo este un factor muy importante de corregir, dado que en el 27.9 % de nuestro país aún se sigue utilizando tierra reforzada como material principal de construcción. Como medida de solución, se vienen utilizando diferentes tipos de aditivos como es la incorporación de: cal, ceniza, cemento y otros, que tienen por finalidad mejorar sus propiedades tanto mecánicas como físicas de estas unidades de tierra con el fin de poder enfrentarse a los fenómenos naturales que existen (sismos y fenómeno del niño).

En cuanto al factor del medio ambiente, está comprobado que los RCD producen un impacto negativo para nuestro entorno, y que el sector construcción es uno de los que mayor abarca en la producción de estos desechos [4]; por lo tanto, nace una preocupación de reducir los residuos sólidos provenientes de demoliciones o desperdicios de obra para aprovechar estos RCD y dejar de explotar en mayor cantidad las canteras de agregados que se encuentran de forma natural.

Según el artículo presentado por M. Herrera [5], en Lima Metropolitana por la alta demanda de vivienda, se genera gran cantidad de desechos de construcción y demolición (RCD), la cual aumenta a medida que aumenta la actividad constructiva. Esto tiene un efecto perjudicial en las áreas ambiental, social y económica. Hasta el momento, algunas municipalidades no han cumplido con las regulaciones vigentes en cuanto a la gestión de RCD, lo que les ha impedido disponer de ellos de manera adecuada. La falta de escombreras, la existencia de vertederos no oficiales, la falta de segregación y minimización en la fuente de RCD y los altos costos de disposición en rellenos sanitarios son las principales causas identificadas en este artículo. Además, hay empresas que no están dispuestas a ofrecer servicios de disposición final para estos desechos. Esto nos hace reflexionar para tomar conciencia y actuar respecto a la reutilización de estos RCD.

Según los estudios realizados por Bazán [6], al menos el 88% de los RCD pueden ser recuperados, es decir, reciclados o reutilizados. Es importante señalar que los resultados obtenidos se analizaron utilizando el programa SPSS 23 para determinar la relación entre las tasas de producción de diferentes tipos de desechos en diferentes casos (obras), utilizando pruebas de hipótesis. Según los resultados, la composición de los RCD varía según el tipo de proyecto. Esta presente investigación se origina a partir del interés de poder obtener una alternativa para mejorar la construcción con tierra reforzada incorporando residuos de construcción y demolición (RCD), pudiendo así no solo ayudar a nivel constructivo si no de una forma ambiental; es por ello que, se propone adicionar ladrillos de arcilla triturada con el objetivo de mejorar tanto las propiedades mecánicas como las físicas de las unidades de tierra reforzada; las cuales han cumplido un tiempo de vida para volver a ser usadas como una adición, se conoce que tanto en el Perú como en el extranjero (China) se viene llevando investigaciones

para la mejora de estas unidades a través del famoso RCD (Residuos de Construcción y Demolición) y probar si estas ayudan a mejorarlo o no.

Para esta investigación se utilizó como guía los criterios de las normativas técnicas peruanas para suelos y la E080 que propone diversos ensayos previos para verificar la resistencia de estas unidades y cumplir con lo establecido. Teniendo en cuenta lo anterior, las pruebas se realizaron en base a una muestra patrón del cuál se tomó como base para comparar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas, se realizaron con porcentajes de adición del ladrillo triturado de: 5,10 y 15% buscando así el porcentaje óptimo del cual se obtiene mejores resultados.

Debido que aún hay poblaciones que construyen sus viviendas con tierra reforzada y además que existe mucho material proveniente del RCD, se quiere implementar esta nueva adición para poder mejorar la calidad de las unidades de tierra reforzada, siendo beneficiosa tanto para una parte de la población como para el medio ambiente, ya que el sector construcción abarca parte de los residuos sólidos que se genera en nuestro país. Es por ello, por lo que por la realidad problemática de nuestro país se hacen diversas investigaciones abarcando no solo una mejora en la construcción si no también ayudando a mejorar el medio ambiente ya que es el lugar en el que nos rodea y vivimos.

En consecuencia a la problemática que fue descrita previamente, se propuso el como objetivo general: Demostrar que las propiedades mecánicas de una unidad de tierra mejoran al incorporar ladrillo de arcilla triturada, y como objetivos específicos se plantearon: Caracterizar la muestra de suelos para la elaboración de las unidades de tierra reforzada; Caracterizar la muestra de ladrillo de arcilla triturada que se incorporará a la unidad de tierra reforzada; Determinar la resistencia a compresión de las unidades de tierra reforzada tradicional y de las unidades con ladrillo triturado; Determinar la resistencia a la tracción de las unidades de tierra en cilindros tradicional y de las unidades con ladrillo triturado; Determinar la resistencia a compresión de pilas para muestra patrón y para la muestra al incorporar ladrillo triturado; Determinar la resistencia a la tracción en murete para muestra patrón y para la muestra al incorporar ladrillo triturado; Determinar la resistencia a la tracción de mortero para muestra patrón y para la muestra al incorporar ladrillo triturado; Determinar las propiedades físicas de las unidades de tierra reforzada con los ensayos correspondientes para muestra patrón y con ladrillo triturado; Estimar el valor monetario que tendría la unidad de tierra con la incorporación del ladrillo triturado.

## Revisión de literatura

### Antecedentes

#### *Antecedentes Internacionales*

**Zeng, Huang y Zhang** [7], mencionan que en China el consumo de materiales de construcción está creciendo día tras día, es por ello que los materiales de adobe han traído gran atención debido a que es un material es libre de contaminación, es así que en su investigación utilizan materiales de construcción reciclado, los cuales los materiales principales a usar son el concreto y los ladrillos de arcilla en polvo, los cuales utilizan porcentajes de adición de 2,4,6,8,10,12 y 14 %, para luego de ello hacerle las pruebas correspondientes y verificar si este ayuda con la mejora en la resistencia de este material a base de lo reciclado, dando resultados alentadores con respecto a sus propiedades mecánicas.

**Yilmaz y Haj** [8], mencionan que en Turquía los edificios destruidos son un verdadero problema ambiental ya que apenas existen algunos vertederos en los cuales colocar los residuos, es por ello que nace la idea de utilizar estos escombros como nuevo material para la preparación de adobes, a base de la problemática existente en su país se menciona en que se hacen muchos estudios utilizando aditivos diferentes pero que poco se enfocan en aprovechar los residuos de demolición, al hacer la mezcla, secado y ensayos correspondientes, se analizaron los resultados en las cuales pues se podía observar que se lograba una mejora en la mayoría de propiedades del adobe que fabricaron, aunque por otro lado disminuían otras propiedades por los cuales harán más estudios para analizar.

**Bai, Xiao, Gao y Shen** [9], nos mencionan que esta investigación nace en torno a mitigar la contaminación ambiental debido a los residuos de construcción generados en China y urge encontrar un método para reutilizar estos materiales, es por ello que a través de porcentajes por peso de 5, 10, 15 y 20% con respecto al peso de su ladrillo utilizaron residuos de construcción para elaborar ladrillos cocidos dándonos como resultado que al meterlos en el horno y llevar a ensayar, estas disminuyen su resistencia a la compresión, puede ser debido a la cocción que se hace en el horno, lo que nos hace entender que no puede ser utilizado en ladrillos de arcilla artesanales.

### *Antecedentes Nacionales*

**Vilcas** [10], menciona que hizo una comparación entre los resultados de ensayos físico-mecánicos realizados a bloques de tierra reforzada con adición de RCD a nivel de Sudamérica con la finalidad de probar si al incorporar este material aumentaría sus propiedades físico-mecánicas a los bloques de tierra reforzada y para ello tuvo que tomar en cuenta varias normas de cuatro países de Sudamérica como lo son Ecuador, Colombia, Brasil y Perú. Los ensayos a los que sometió sus muestras fueron a absorción y compresión. Los resultados que obtuvo fueron muy satisfactorios ya que, al incluir estos residuos, los bloques de tierra reforzada redujeron sus índices de absorción y aumentaron significativamente la resistencia a la compresión, pudiendo así concluir que aparte de mejorar las cualidades físico-mecánicas del bloque de tierra reforzada, también ayuda a reutilizar los residuos de construcción que es una problemática en muchos países.

**Antinori** [11], nos muestra que su objetivo es evaluar si la resistencia de las unidades de tierra reforzada aumentase al añadirles cerámica triturada someténdolos a sus ensayos respectivos para conocer la resistencia de este. Fue un estudio experimental en la que utilizó una muestra patrón para conocer si la nueva muestra aumentaría o no la resistencia al incluirle la cerámica triturada, utilizó los porcentajes de 5%, 10% y 15 % para hacerle el respectivo estudio; la muestra que más resistencia alcanzó fue la que se reemplazó un 5% con cerámica triturada, sin embargo no superaron la resistencia de la muestra patrón, obteniendo mejores resultados de las que fueron reemplazadas, aunque en las demás pruebas no obtuvo los resultados que había previsto en su hipótesis, pues llegó a una conclusión de que debido a la cerámica es un material más de acabados esta no se incorpora de la mejor manera al ser agregada a los bloques de tierra reforzada, llegando así a no tener buenas respuestas ante los ensayos a los que las sometió.

**Hans y Luque** [12], nos mencionan que realizaron el análisis del adobe (tierra reforzada) para verificar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de estas incorporando agregados reciclados, en esta investigación el autor nos plantea de cómo se podría aprovechar los residuos de construcción para así utilizarlos como un agregado para poder incorporar a las unidades de tierra reforzada, se nos muestra algunos ensayos que utilizó para poder verificar su hipótesis las cuales son los ensayos de resistencia a la compresión, flexión, porcentaje de absorción de agua y variación dimensional, al no tener una muestra patrón solo se hizo una comparación con otra

investigación en la cual se dan con la sorpresa que la resistencia no es la que esperaban, ahora bien al no haber separado los materiales de reciclaje podemos ver que quizá ese puede ser un factor clave para la resistencia, es por ello que se recomienda utilizar un solo tipo de material reciclado y además de ello tener una muestra patrón de la cual hacer un análisis más real.

**Segura** [13] en su investigación, busca mejorar las propiedades de las unidades de tierra reforzada (adobe) mediante la incorporación de desechos cerámicos y baba extraída del nopal. Parte de su investigación muestra cómo se quiere aprovechar los desechos cerámicos, lo que no solo ayuda al adobe sino también al medio ambiente. Parte de los ensayos que realizan se basan en la norma E.080 para verificar tanto su resistencia a tracción como a compresión de estas unidades de tierra donde se puede apreciar que los resultados son positivos donde mientras más porcentaje de adición se coloca a estas unidades, mayor será su resistencia, los porcentajes usados constan de 5%, 10% y 15% de baba proveniente del nopal y 10% 20% y 30% de los residuos cerámicos adicionados al 15% de la baba de nopal, siendo el de 15%BN + 30%RC el que mejores resultados obtuvo.

## **Bases teóricas**

### **Unidad de tierra reforzada**

Esta consta a base de tierra cruda, que al moldearlo forma unidades de tierra, lo que comúnmente se conoce como adobe, aquella unidad o adobe puede ser mezclada con paja o arena gruesa lo cual le puede permitir mejorar su resistencia o su durabilidad [14].

### **Arcilla**

Es un material muy importante del suelo, al momento de colocarle en contacto con el agua este material se vuelve de un comportamiento plástico siendo capaz de cohesionarse al resto de partículas lo cual conocemos como barro, el cual tiene un uso constructivo cuando este llega a secarse. [14]

### **Paja**

Es un aditivo natural que ayuda con el control de las fisuras que se pueden producir durante su tiempo de secado de las unidades de tierra. [14]

### **Tierra**

Es considerado un material de construcción basado en cuatro componentes básicos: limo, arena fina, arena gruesa y arcilla, que es el componente más importante para crear las unidades de tierra. [14]

### **Mortero**

Es un material que sirve para unir las unidades de tierra reforzada en una albañilería, muchas veces es fabricado con el mismo suelo que se hicieron las unidades y otras se le adiciona arena u otro tipo de aditivo natural. [14]

### **Ladrillo de arcilla**

Es una unida de albañilería que se utiliza para las construcciones de muros o techos entre ellas podemos encontrar unidades sólidas, huecas, alveolar o tubular [15].

### **Propiedades mecánicas**

Son las propiedades que tiene la unidad de tierra reforzada en su estado endurecido, el cual nos indicará si dicha unidad será eficiente ante fuerzas externas. [16]

### **Resistencia a compresión**

Es un ensayo de laboratorio que pondrá a prueba la resistencia del material (unidad de tierra reforzada), en el cual se debe tener un testigo del material a ensayar y someterlo a una cierta carga con ayuda de una maquina compresora con el cual nos ayudará a identificar el límite de carga que puede soportar. [14]

### **Resistencia a tracción**

Es un ensayo de laboratorio que pondrá a prueba la resistencia del material (unidad de tierra reforzada), es muy similar a la prueba de compresión, en este caso el espécimen se encuentra de forma horizontal para ser sometido a la prueba. [17]

### **Propiedades físicas**

Son las propiedades que tiene la unidad de tierra reforzada en su estado endurecido, las cuales son ensayadas para conocer tanto sus medidas como su permeabilidad del material.

### **Variación dimensional**

Es un ensayo que se utiliza para determinar las dimensiones de las unidades de tierra reforzada. Se utilizaron las normas de albañilería para determinar la variación dimensional de las unidades. [18]

### **Prueba de absorción**

Este ensayo ayudará a determinar la cantidad de agua que puede contener una unidad de albañilería.

### **Prueba de succión**

Esta prueba consta de ensayar muestras o unidades de tierra para obtener el valor de la absorción que pueda tener una unidad de tierra en un tiempo determinado.

### **Normas**

#### ***Contenido de Humedad del suelo (NTP339.127)***

- **Definición**

Dicha norma ha establecido una metodología para lograr el cálculo del porcentaje de agua que contiene un suelo, esto a través de una muestra en relación con su total de masa con el material mineral [19].

- **Instrumentos utilizados**

- Envase
- Balanza electrónica
- Horno

- **Procedimiento**

- Para empezar, los recipientes o envases deben ser pesados, enumerados y registrado su peso.
- Luego de ello, se debe añadir la muestra de suelo húmedo al recipiente y se procede a pesarlo. Este peso se debe registrar: tara más el peso del suelo húmedo, lo que se denominará W1.

- Se procede a llevar al horno la tara más la muestra húmeda teniendo en cuenta que la temperatura deba oscilar entre 100 y 110 °C, esto en el periodo de tiempo de 24 horas.
- Pasado las 24 h se retirará la muestra del horno utilizando los EPPs adecuados y dejar que se enfríe.
- Por último, se debe pesar la muestra teniendo en cuenta el peso del recipiente, obteniendo así W2.

- **Ecuación usada para el cálculo**

La siguiente ecuación se utiliza para determinar el contenido de humedad de esta muestra:

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$\%w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

Mw: Peso de muestra + agua

Ms: Peso de muestra seca

***Ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128)***

- **Definición**

Nos indica cual debe ser la distribución cuantitativa de los tamaños, pudiendo clasificar las partículas que son mayores a 75 um, esto con ayuda del tamiz N° 200. [20]

- **Instrumentos utilizados**

- Balanza electrónica
- Tamiz N°200
- Envases metálicos
- Horno
- Juego de tamices

- **Procedimiento**

- Lavado a través del tamiz de N° 200 de la muestra del suelo (600.00 gr)
- Colocación al horno por 24h
- Registrar el peso seco y luego se realiza el proceso de tamizado
- Después del tamizado, se separan los pesos por tamiz en envases.

- **Ecuación usada para el cálculo**

Para determinar el porcentaje que se acumula al pasar por cada tamiz que se conoce como porcentaje retenido el cual se dividirá entre la masa total:

$$\% \text{ retenido} = \frac{Mr}{Mt} \times 100$$

Mr: Masa Retenida

Mt: Masa total

Después, para calcular el porcentaje que ingresa al tamiz, se debe restar el porcentaje que ya ha pasado por el tamiz anterior y luego sumar el porcentaje retenido en el tamiz donde se lleva a cabo el cálculo.

***Ensayo de límites de Atterberg (NTP 339.129)***

- **Definición**

Es un procedimiento de ensayos para poder evaluar tanto los límites líquido, plástico e índice de plasticidad. Cabe resaltar que gracias a estos ensayos podemos analizar la respuesta geotécnica de los suelos. [21]

- **Instrumentos utilizados**

- Copa Casagrande
- Horno
- Soporte
- Placa de Vidrio
- Base
- Acanalador
- Balanza electrónica
- Tamiz
- Espátula
- Envase de Lavado
- Vaso precipitado

- **Procedimiento**

**Límite líquido**

- Se debe verificar la copa para estar seguros de que esta se encuentra en buenas condiciones para ser usada.
- Luego de ello, se coloca dentro del vaso precipitado parte del suelo y a la vez añadiendo el agua destilada.

- Después de obtener una parte de la muestra, se colocará en el instrumento de tipo copa del límite líquido y se comprimirá y esparcirá hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 10 mm. Es crucial pasar repetidamente la espátula por la muestra para evitar burbujas por aire.
- La muestra se separa con el acanalador, lo que crea una pequeña abertura que ayuda a conectar desde una perspectiva tanto alta como baja del límite de la copa.
- Una vez que se ha creado una apertura, el acanalador se colocará de manera fija en la superficie de la máquina. Esto creará una forma de arco que garantizará que el movimiento se mantenga perpendicular a la superficie de la copa.
- Después, se debe elevar la copa de la máquina y luego dejar caer al rotar la manija con una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo. Esto se hace hasta que ambas mitades de la muestra se unan en la base en una longitud de 13 mm (aproximadamente 1/2").
- Para extraer una porción de la muestra de ancho similar a la espátula utilizada, primero debe anotarse los datos con respecto a los resultados al número de golpes, N. Después de esto, la máquina debe limpiarse para ser utilizada en otros ensayos.
- **Ecuación usada para el cálculo:** Se debe representar la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes correspondiente en un gráfico semilogarítmico, con el contenido de humedad ordenado en la escala aritmética y el número de golpes absciso en la escala logarítmica:

$$\%w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

M<sub>w</sub>: Masa de suelo húmedo

M<sub>s</sub>: Masa de suelo seco

### **Límite plástico**

- El suelo para ensayar se debe humedecer hasta obtener aprox. 20 gr de masa de esta.
- Se tiene que colocar la muestra en varias partes, la cual serán seleccionadas al azar para ser formadas como una pelota pequeña, luego con ayuda de la palma de la mano se rodará hasta que la superficie se encuentre libre de impurezas, a continuación, se forma en un hilo de 3

mm aproximadamente, esto se hará varias veces hasta que este hilo se rompa

- Se determinará cuanta cantidad de humedad contendrá la muestra en el momento que este llegue al límite plástico.
- Cuando la muestra llegue a su límite plástico, se podrá determinar cuanta humedad contiene.
- **Ecuación para obtener el cálculo del Límite líquido e índice de plasticidad:** Se calcula el contenido de humedad promedio de las dos muestras; el límite plástico es el promedio de los dos contenidos de humedad calculados con la ecuación anterior; y se utiliza la siguiente ecuación para encontrar el índice de plasticidad:

$$IP = LL - LP$$

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Se puede predecir o conocer el comportamiento mecánico de una muestra de suelo al conocer su plasticidad y granulometría.

#### ***Ensayo para determinar el peso específico del suelo (NTP 339.131)***

- **Definición**

Es un ensayo que nos permite calcular el peso en aire de un volumen específico de material que se expondrá a una temperatura específica entre el peso en aire de un volumen equivalente de H<sub>2</sub>O a la misma temperatura específica. [22]

- **Instrumentos utilizados**

- Picnómetro o fiola
- Agua destilada
- Balanza electrónica
- Embudo cuya superficie sea lisa
- Tamiz con tamaño de abertura N°10

- **Procedimiento**

- La fiola o picnómetro debe secarse antes de triturar la muestra y pasarla por el tamiz de malla N°10.
- De la muestra se debe pesar 50 gr de lo que pasa de la malla, luego de ello se procede a sacar el peso del picnómetro o fiola.

- A continuación, se pesará la fiola con agua hasta una altura específica, lo que da como resultado el peso de la fiola con agua.
- Una vez colocada la muestra, se debe retirar unos  $\frac{3}{4}$  del agua que se encuentra en la fiola, esta se colocará con ayuda de un embudo y después de ellos se volverá a colocar el agua que fue retirada.
- Con ayuda de una cocina de laboratorio se hervirá a una baja temperatura y se ira girando cada cierto tiempo la fiola, después de ello se dejará reposar por un día para luego ser pesado y así se obtendrá el de la muestra más la fiola y el agua.

- **Ecuación usada para el cálculo**

Esta se efectuará con la siguiente ecuación:

$$G_s = \frac{M_0}{M_0 + (M_a - M_b)}$$

Gs: Peso específico relativo de las partículas sólidas.

M<sub>0</sub>: Masa de la muestra de suelo seco al horno, en gramos.

M<sub>a</sub>: Masa del picnómetro + peso del agua

M<sub>b</sub>: Masa de la muestra + peso de picnómetro + agua

***NORMA E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada)***

Esta normativa tiene un alcance a nivel nacional y es necesaria para construir estructuras a base de tierra reforzada (adobe y tapial reforzados). Además, proporciona los límites necesarios para llevar a cabo pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas de las U.T.R.

✓ **Procedimiento:**

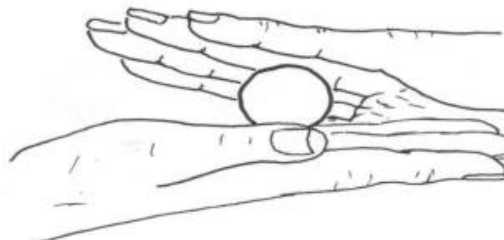
- **Prueba in situ de “Cinta de barro”**

Este ensayo se realiza utilizando una pequeña muestra de barro, cuya humedad nos pueda permitir hacer un cilindro o hilo de barro de unos 12 mm de diámetro, con ayuda de los dedos y mano se aplanara y luego se estirará hasta que se pueda formar una cinta de aprox. 4 mm de espesor, estirla hasta donde pueda ceder y luego medirla, si esta muestra alcanza entre los 20 o 25 cm de largo, el suelo será clasificado como arcilloso lo cual indica que es apto y si alcanza apenas 10 cm esta muestra indica que contiene poco contenido de arcilla haciéndolo no apto para usar [14].

- **Prueba in situ de “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”**

Al igual que el ensayo anterior con ayuda de la palma de la mano moldear la muestra húmeda y formar 4 bolitas de barro tal y como se puede observar en la ilustración.

*Ilustración 1: Prueba de resistencia seca. [14]*



**Fuente:** Norma E.080

Una vez formadas las bolitas de barro, se procederá a dejarlas secar por un periodo de 48 horas en un ambiente seco y sin permitir que estas se mojen. Pasado las 48 horas se procederá a presionar con ayuda del pulgar dichas bolitas, con ello se verificará como en la ilustración 2 si resiste para poder determinar si es apto este suelo para realizar las unidades de tierra reforzada.

*Ilustración 2: Condición para la prueba de resistencia seca. [14]*



**Fuente:** Norma E.080

- **Ensayos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio**

✓ **Ensayo de compresión en cubos de 10 cm.**

Para realizar este ensayo se deben realizar cubos de 0.1 m de arista, para luego ser ensayadas a compresión calculando la resistencia última mínima que debe ser de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup> calculada con la ecuación dada, se deben realizar 6 muestras y dejar secar 28 días de las cuales se elegirán las 4 mejores para promediarlas.

$$F_m = P/A$$

Donde:

F<sub>m</sub>= Resistencia ultima

P= Carga máxima aplicada

A= Área de la muestra

✓ **Ensayo de resistencia a tracción.**

Para realizar dicho ensayo, se deben construir cilindros de 6” de diámetro x 12” de largo o 15 cm de diámetro y 30 cm de largo. Luego, se deben ensayar a tracción para determinar la resistencia mínima, que debe ser de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>. Se deben realizar 6 muestras y dejar secar 28 días, de las cuales se seleccionarán las 4 mejores para promediar.

$$F_m = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot L}$$

Donde:

F<sub>m</sub>= Resistencia ultima

P= Carga máxima aplicada

D= Diámetro del cilindro

L= Altura del cilindro

✓ **Ensayo de resistencia del mortero a tracción.**

Este ensayo se realizará en probetas de dos unidades de tierra reforzada que serán unidas a través mortero hecho de barro ya sea usando aditivos naturales o no. El ensayo es muy similar al brasileño y requiere una resistencia de 0,12 kgf/cm<sup>2</sup>. Se deben realizar 6 muestras y dejar secar 28 días. Después de esto, se elegirá la muestra más fuerte.

$$\delta = \alpha \frac{P}{a \cdot b} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

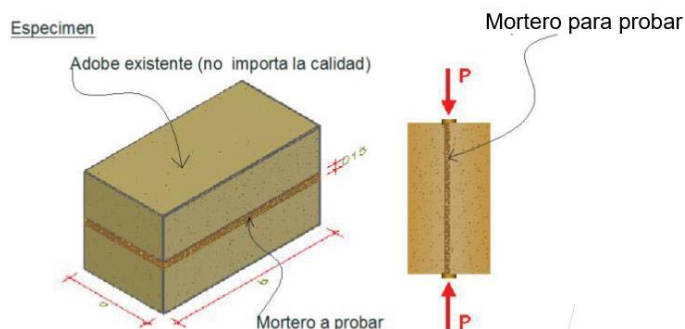
δ = Esfuerzo a la tracción

P= Carga máxima aplicada

a= Ancho de la unidad de tierra reforzada

b= Largo de la unidad de tierra reforzada

*Ilustración 3: Resistencia a tracción del mortero. [14]*



*Fuente: Norma E.080*

✓ **Ensayo de resistencia del murete a compresión (pilas).**

Para este ensayo se debe tener en cuenta que la altura tiene que ser 3 veces la menor dimensión de la base aprox. Como se ve en la imagen, la resistencia ultima mínima requerida debe ser de 6.12 kgf/cm<sup>2</sup> calculada con la ecuación dada, se deben realizar 6 muestras y dejar secar 28 días de las cuales se elegirán las 4 mejores para promediarlas.

El esfuerzo a compresión de las pilas se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$f_m = 0.4 * f'_m \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

$f'_m$  = Esfuerzo a compresión último de la pila

Por otro lado, cuando no se efectúen ensayos en pilas, se usará el valor de esfuerzo admisible de:  $f_m=2.0 \text{ kg/cm}^2$ .

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

Donde:

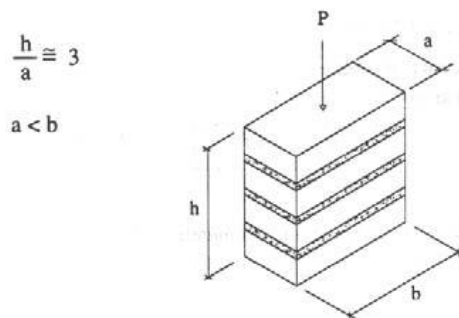
P= Carga máxima aplicada

A= Área de contacto con la carga

Esfuerzo Admisible de compresión por Aplastamiento:

Esfuerzo adm. a la compresión por aplastamiento = 1.25  $f'_m$

Ilustración 4: Ensayo a compresión de murete. [14]



**Fuente:** Norma E.080

✓ **Ensayo de resistencia del murete a la tracción indirecta.**

Para realizar este ensayo, dichos muretes deben tener una medida de 0.65 m x 0.65 m x  $e_m$ . Esta debe cumplir con la resistencia admisible que nos indica la norma de 0.25 kgf/cm<sup>2</sup> y se calcula con la ecuación dada, se deben realizar 6 muestras y dejar secar 28 días de las cuales se elegirán las 4 mejores para promediarlas.

El esfuerzo admisible al corte del muro ( $V_m$ ) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0.4 * f'_t$$

Donde:

$f'_t$  = Esfuerzo último del murete

$$f_t = \frac{P}{2 \cdot a \cdot e_m}$$

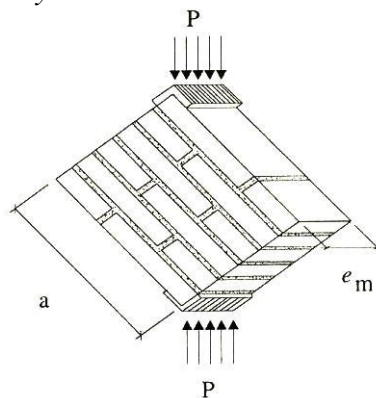
Donde:

$P$  = Carga máxima aplicada

$a$  = ancho de la muestra

$e_m$  = espesor de la muestra

Ilustración 5: Ensayo de resistencia a tracción del murete. [14]



**Fuente:** Norma E.080

### **Norma E 0.70. Albañilería**

Esta norma nos indica parámetros y requisitos mínimos con respecto a las unidades de albañilería. [15]

**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (NTP 399.604 -339.613)**

#### ✓ **ABSORCIÓN:**

- **Definición**

Es una guía para realizar un análisis estadístico que consta entre el peso de la unidad de tierra reforzada seca al aire libre pasado 28 días y el peso de este sumergido parcialmente en un recipiente o bandeja. [18]

- **Instrumentos por utilizar**

- Balanza
- Agua limpia potable o destilada
- Bandeja
- Cronómetro

- **Procedimiento**

- Secar y ventilar los especímenes antes de ser pesados y sumergidos.
- Se pesa la unidad de tierra reforzada antes de la sumersión.
- Luego se llena la bandeja o recipiente donde se hará la prueba.
- Se coloca la muestra por 2 min ya que al colocar más de 5 o 24 horas la unidad queda casi completamente destruida.
- Pasado los 2 min se retira la unidad y se procede a pesar con ayuda de una bandeja tarada para luego ser calculada.

- **Ecuación usada para el cálculo**

Para poder calcular la absorción de cada espécimen se hace con la siguiente expresión:

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

Ms: Peso seco de la muestra

Md: Peso de la muestra sumergida

✓ **PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN):**

• **Definición**

Sirve cómo guía para realizar un análisis estadístico dividiendo el peso de la unidad de tierra reforzada seca al aire libre pasado 28 días y el peso de este colocado en una bandeja con agua a un nivel de 1.27 mm de alto en un lapso de 1 min. [18]

• **Instrumentos por utilizar**

- Balanza
- Agua limpia potable o destilada
- Soportes de metal
- Bandeja
- Cronómetro

• **Procedimiento**

- Se debe secar y ventilar los especímenes antes de ser pesados y sumergidos.
- Se pesa la unidad de tierra reforzada antes de ser colocada a la bandeja con agua.
- Luego se llena con agua la bandeja o recipiente donde que debe estar nivelado y el agua debe estar a 1.27 mm de altura.
- Se coloca la muestra por un lapso de 1 min  $\pm$  1 s.
- Pasado los 2 min se retira la unidad y se procede a pesar con ayuda de una bandeja tarada para luego ser calculada.

• **Ecuación usada para el cálculo**

Para poder calcular la succión de cada espécimen se hace con la siguiente expresión:

$$\text{Succión \%} = \frac{200 * (W_s - W_d)}{A}$$

Ms: Peso seco de la muestra

Md: Peso de la muestra ensayada

A: Área de la muestra

Para poder calcular la corrección de la succión de cada espécimen si difiere el  $\pm$  2.5% de 200 cm<sup>2</sup> se hace con la siguiente expresión:

$$X = \frac{200 * (W)}{A}$$

X: Diferencia de pesos corregido sobre la base de 200 cm<sup>2</sup>

W: Diferencia de pesos de la muestra (g)

A: Área de la muestra

#### ✓ **PESO POR UNIDAD DE ÁREA**

- **Definición**

Nos indica como realizar un cálculo estadístico entre el peso de la unidad de tierra reforzada patrón con el peso de la unidad de tierra reforzada añadiendo el ladrillo triturado. [23]

- **Instrumentos por utilizar**

- Balanza

- **Procedimiento**

- Se usan 6 unidades de tierra reforzada tanto de muestra patrón y de las dosificaciones empleadas.
- Se pesan las unidades de tierra reforzada, patrón y con dosificaciones.
- Luego se anotan el peso de cada unidad y se halla un promedio para cada dosificación.

- **Cálculo**

Para hacer el cálculo esta debe ser el peso por unidad de área de cada muestra, la cual se divide su peso total en kg entre el área promedio en m<sup>2</sup> de ambas caras.

#### ✓ **MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD (VARIACIÓN DIMENSIONAL)**

- **Definición**

Es una guía para calcular un análisis estadístico entre la medida que se usaron como moldes y las medidas de los especímenes que salieron de los moldes para ver cuanta variación hubo. [23]

- **Instrumentos por utilizar**

- Dispositivo de medida (Vernier)

- **Procedimiento**

- Se usan 6 unidades de tierra reforzada tanto de muestra patrón y de las dosificaciones empleadas.
- Se proceden a medir todas las muestras usadas.
- Luego se anotan el peso de cada unidad y se halla un promedio para cada dosificación.

- **Ecuación usada para el cálculo**

Calcular el promedio por unidad de sus medidas de cada lado de cada espécimen para luego ver cuanto a variado con respecto al molde y eso se logra con la siguiente expresión:

$$VDL_n \% = \left( \frac{L_n}{M_n} - 1 \right) * 100$$

L: Longitud de un lado de la muestra (cm).

M: Longitud del molde (cm).

n: Lado de la muestra o molde (cm).

Siendo n:

1: Ancho

2: Largo

3: Alto

## **Materiales y métodos**

### ***Tipo y diseño de Investigación***

El avance de la investigación indica que es del tipo experimental porque se manipulan las variables independientes y se recopilan datos a través de una variedad de pruebas de laboratorio. El objetivo de la investigación es probar o refutar la hipótesis. Debido a que se espera que se utilice en el ámbito constructivo, podemos decir que también es de tipo aplicado [24].

### ***Método de investigación***

Parte de las técnicas que se utilizaran en esta investigación son la observación ya que se usó al recopilar información, datos, resultados y de las cuales también se harán uso de fichas de laboratorio. Los instrumentos que se ha de utilizar para procesar los datos son el uso de Excel luego de las pruebas de laboratorio.

### ***Población, muestra y muestreo***

#### ***Población***

La población son las 342 muestras de tierra reforzada de las cuales se le harán las respectivas pruebas correspondientes de acuerdo con la norma E.080 y las NTP 339.604 y NTP 339.613.

#### ***Muestra***

La muestra fue conformada tanto por las unidades de tierra reforzada patrón y las que se incorporaron ladrillo de arcilla triturado con porcentajes de 5%, 10% y 15%, respecto al promedio del peso en seco de las muestras patrón.

La totalidad de estos especímenes están conformados por 24 cubos de 0.1m x 0.1m x 0.1m, 24 cilindros de 6" x 12", 270 unidades rectangulares de 0.1m x 0.2m x 0.1m, de las cuales 75 unidades fueron para los 12 muretes, 18 para las pilas y 6 para los prismas para el mortero.

#### ***Muestreo***

El muestreo es no probabilístico, debido a que no se puede calcular un error estándar específico, lo que quiere decir que dichas muestras no van a depender de la probabilidad,

más bien dependerán de los factores o causas que se crea conveniente considerar o exponer a las muestras. Por ende, esta investigación considera como muestreo a las unidades de tierra reforzada las cuales serán expuestas y evaluados mediante ensayos ya normados con una cantidad establecida para promediar y hallar así los resultados requeridos. [24]

*Tabla 1: Propiedades mecánicas.*

PROPIEDADES MECÁNICAS					
MUESTRAS DE ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CUBOS	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN CILINDROS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN MURETES	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL MORTERO
MUESTRA PATRÓN	6	6	18	75	12
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 5% DE LADRILLO TRITURADO	6	6	18 (El porcentaje óptimo)	75 (El porcentaje óptimo)	
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 10% DE LADRILLO TRITURADO	6	6			
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 15% DE LADRILLO TRITURADO	6	6			
TOTAL DE MUESTRAS UTR	246				

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 2: Propiedades físicas.*

PROPIEDADES FÍSICAS				
MUESTRAS DE ESTUDIO	VARIACIÓN DIMENSIONAL	PESO POR UNIDAD	SUCCIÓN	ABSORCIÓN
MUESTRA PATRÓN	6	6	6	6
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 5% DE LADRILLO TRITURADO	6	6	6	6
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 10% DE LADRILLO TRITURADO	6	6	6	6
UNIDADES DE TIERRA REFORZADA CON 15% DE LADRILLO TRITURADO	6	6	6	6
TOTAL DE MUESTRAS	96			

*Fuente: Elaboración propia*

## *Hipótesis y Operacionalización de Variables*

### *Hipótesis*

La incorporación del ladrillo triturado a las unidades de tierra reforzada convencional mejora sus propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada.

### *Operacionalización de variables*

*Tabla 3: Operacionalización de variables.*

VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN	VARIABILIDAD
<b>INDEPENDIENTE:</b> LADRILLO TRITURADO	PROPORCIÓN DE LADRILLO TRITURADO	%	BALANZA	5% 10% Y 15%
<b>DEPENDIENTE:</b> PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA TIERRA REFORZADA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES	Kg/cm <sup>2</sup>	NTP E.080 - ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CUBOS	
	RESISTENCIA A TRACCIÓN DE CILINDROS DE TIERRA REFORZADA	Kg/cm <sup>2</sup>	NTP E.080 - ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PILAS	Kg/cm <sup>2</sup>	NTP E.080 - RESISTENCIA DEL MURETE A COMPRESIÓN	
	RESISTENCIA A TRACCIÓN EN MURETES	Kg/cm <sup>2</sup>	NTP E.080 - RESISTENCIA DEL MURETE A LA TRACCIÓN	
	ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	cm	NTP 339.613	
	ENSAYO DE PESO POR UNIDAD	%	NTP 399.613	
	ENSAYO DE SUCCIÓN	%	NTP 399.604 Y 399.613	
	ENSAYO DE ABSORCIÓN	%	NTP 399.604 Y 399.613	

*Fuente: Elaboración propia*

## *Técnicas e instrumento de recolección de datos*

### *Técnicas*

#### **1. Observación directa:**

Esto se logra mediante el uso de los sentidos, los cuales están destinados a comprender la realidad de lo que se quiere investigar. Esto se puede lograr observando las variables y determinando por criterio si el espécimen es el que se indica en la norma E.080 tanto en campo como en laboratorio.

#### **2. Análisis de documentos:**

Se necesita hacer un análisis documental debido a que se tiene que revisar y seguir ciertas normativas para poder tomar como referencia y poder así lograr los objetivos planteados en esta investigación.

### ***Instrumentos de recolección de datos***

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron programas de cómputo como lo son:

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Statgraphics 19 (Programa estadístico)

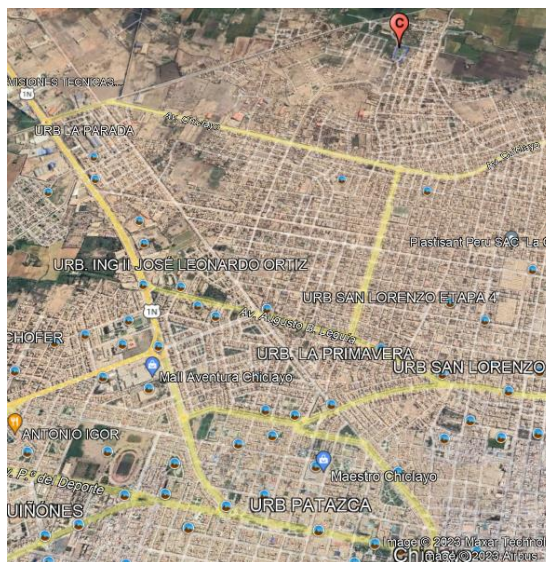
### ***Procedimiento:***

Para poder desarrollar esta investigación se realizó una serie de procedimientos, los cuales a continuación se detallan paso a paso.

### ***Lugar donde se fabricaron las unidades de tierra reforzada***

Culpón se encuentra ubicado en el distrito de José Leonardo Ortiz a 4 km del centro de Chiclayo, se consideró este lugar debido a que es un pueblo joven que tiene en su gran mayoría edificaciones de unidades de tierra reforzada (adobe) del cual son fabricados con el mismo suelo que existe en ese lugar siendo un indicador para poder desarrollar ahí la investigación.

*Ilustración 6: Lugar de fabricación de las unidades de tierra reforzada.*



***Fuente: Google Earth.***

### *Muestreo, selección y trituración de ladrillos de RCD*

#### - Selección de ladrillos (RCD)

Para la selección de los ladrillos se tuvo que hacer un muestreo y clasificación para la recolección de aquellos ladrillos que serán de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), para ello se utilizó algunos criterios de selección como ver la peligrosidad de este residuo y en que cantidades se encuentra comúnmente. Por lo cual se hizo uso de un cuadro de una investigación sobre RCD en las cuales veremos cuales son residuos aprovechables y si son tóxicos o dañinos para la salud.

*Tabla 4: Residuos no peligrosos.*

<b>Origen</b>	<b>Residuos no peligrosos</b>
<b>Instalaciones</b>	<i>Mobiliario fijo de cocina</i>
	<i>Mobiliario fijo de cuartos de baño</i>
<b>Cubiertas</b>	<i>Tejas</i>
	<i>Tragaluces y claraboyas</i>
	<i>Soleras prefabricadas</i>
	<i>Tableros</i>
	<i>Placas sándwich</i>
<b>Fachadas</b>	<i>Puertas</i>
	<i>Ventanas</i>
	<i>Revestimiento de piedra</i>
	<i>Elementos prefabricados de hormigón</i>
<b>Particiones interiores</b>	<i>Mamparas</i>
	<i>Tabiquerías móviles o fijas</i>
	<i>Barandillas</i>
	<i>Puertas</i>
	<i>Ventanas</i>
<b>Acabados interiores</b>	<i>Cielo raso (escayola)</i>
	<i>Pavimentos flotantes</i>
	<i>Alicatados</i>
	<i>Elementos de decoración</i>
<b>Estructura</b>	<i>Vigas y pilares</i>
	<i>Elementos prefabricados de hormigón</i>

**Fuente:** Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

Tabla 5: Clasificación de residuos de construcción y demolición aprovechables.

CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
<b>RCD APROVECHABLES</b>	Residuos comunes inertes mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz #200 de granulometría
	Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Amilas (caolín), limos residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometría
		Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorilloritas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometría
	Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos
	Residuos metálicos	Residuos de carácter	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc
	Residuos orgánicos	Residuos de pedones	Residuos de tierra negra
Residuos de cespedones		Residuos vegetales otras especies bióticas	

Fuente: G. Servigon Ruiz [4]

Tabla 6: Tipos Residuos de Construcción y demolición

Clase	Descripción	Fotografía(s) típica(s)
Residuos de la Construcción y Demolición (RCD)	Residuos minerales Mezcla de: - concreto - ladrillos - yeso - cerámicos - mampostería - tierras y rocas - y materiales similares provenientes de obras de construcción y demolición.	
	Otros no peligrosos Mezcla de: - vidrio (ventanas) - cartón y papel - plásticos (embalaje, tubos) - metales - madera no tratada - y materiales similares provenientes de obras de construcción y demolición.	
	Madera tratada* Maderas tratadas (pintadas, preservadas, plastificadas, etc.) provenientes de obras de construcción y demolición, por ejemplo, marcos de ventanas y vigas.	
	Otros peligrosos* Conjunto de residuos peligrosos provenientes de obras de construcción y demolición (sin madera tratada), por ejemplo, envases de pintura, removedores de pinturas o solventes, tubos fluorescentes, latas de aerosoles y planchas de fibrocemento con asbesto.	

Fuente: Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento. [15]

Teniendo en cuenta los cuadros anteriores se procedió a ir por los lugares que existan RCD para su recolección.

*Ilustración 7: (a) Lugar de recolección y (b) Recolección de ladrillo*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### - Trituración de ladrillo

La trituración del ladrillo se realizó con ayuda de la máquina de abrasión brindada por la USAT en el laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental.

Luego de recolectar los ladrillos fueron trasladados al laboratorio para su primera trituración y limpieza con la finalidad que quede solo el ladrillo lo más limpio de los residuos del mortero para colocar a la máquina de abrasión.

*Ilustración 8: (a) Herramientas para limpieza del ladrillo, (b) trituración manual.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Después del primer triturado manual, se colocó a la máquina de abrasión para poder obtener un material más fino y así este apto para su tamización.

*Ilustración 9:(a), (b) y (c) Colocación a la máquina de abrasión.*



(a)

(b)

(c)

***Fuente: Elaboración propia.***

Una vez triturado se optó que pase por las malla N°10 y retenga en la malla N°200 para no tener que desperdiciar mucho material y pueda mezclarse con el barro para las unidades de tierra reforzada.

*Ilustración 10: (a), (b), (c) y (d) Proceso del tamizado del ladrillo triturado.*



(a)

(b)



(c)

(d)

***Fuente: Elaboración propia.***

### - Extracción de suelo para muestra

Para la extracción de suelo se tuvo que visitar el lugar que está en Culpón y luego extraer una parte del suelo con el cual se pensó fabricar el adobe.

*Ilustración 11: (a) y (b) Recolección del suelo para ser ensayado.*



(a)

(b)

*Fuente: Elaboración propia.*

Luego de ello, parte de la muestra será llevada al laboratorio de la USAT para poder realizarle sus respectivos ensayos correspondientes a las normas ya antes mencionadas.

*Ilustración 12: Muestra de la tierra.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Pruebas de las muestras del suelo***

Antes de realizar la fabricación de las unidades de tierra reforzada patrón, se debió hacer varias pruebas para determinar si la tierra de este lugar es apta para dichas unidades, es por ello por lo que se realizaron las siguientes pruebas:

- **Pruebas realizadas en campo:** Se realizaron las primeras pruebas según lo indicado en los anexos de la Norma E.080 que nos indica que se deben realizar en campo con unas pruebas manuales que veremos a continuación y nos darán indicio si esta tierra puede contener el contenido de arcillas necesarias.

- **Prueba de “Cinta de barro”:** Para ello se tomó una porción de la muestra a ensayar, luego de ello se la humedeció para poder formar un cilindro de aproximadamente 12 mm en su diámetro, con ayuda de la palma de la mano se aplanó de a pocos entre los dedos, para así formar un hilo o cinta de 4 mm de espesor, esta cinta tuvo que alcanzar de 20 a 25 cm de largo, si este se corta a los 10 cm nos indica la falta de arcilla en sus propiedades de la muestra de suelo.

*Ilustración 13: (a), (b) y (c) Ensayo de prueba de cinta de barro.*



(a)

(b)

(c)

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Prueba de “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”:** Se humedeció una parte de la muestra para poder formar 4 bolitas de barro de aproximadamente 5 cm de diámetro, luego de ello se dejó secar por 48 horas, una vez secos se aplastaron con los dedos, si esta se rompe quiere decir que no contiene mucha arcilla y no es apta para fabricar los adobes.

*Ilustración 14: (a), (b) y (c) Ensayo de resistencia seca.*



(a)

(b)

(c)

*Fuente: Elaboración propia.*

### - Pruebas en Laboratorio

Luego de saber que nuestra muestra de tierra cumplió con las primeras pruebas se harán las pruebas de laboratorio correspondientes con las siguientes normas:

- **Contenido de Humedad del Suelo (NTP 339.127 o ASTM D2216)**

Se colocó la tara a la balanza y se dejó en cero para luego colocar la muestra del suelo con el que se va a trabajar.

*Ilustración 15: Pesado de la muestra.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se realizó el pesado de la muestra tal y como se extrajo de campo, así se logró obtener el peso húmedo de dicha muestra para ser colocada luego al horno.

*Ilustración 16: Peso de la muestra húmeda.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se colocó esta muestra en el horno del laboratorio a 100°C por 24 h.

*Ilustración 17: Traslado de la muestra al horno.*



(a)

(b)

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Pasados las 24 h se procedió a retirar la muestra que se encontraba en el horno con ayuda de los guantes, para luego dejar enfriar por unos minutos.

*Ilustración 18: Retiro de la muestra del horno al pasar 24 horas.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Se realizó el pesado de la muestra para saber el peso de la muestra ya seca.

*Ilustración 19: Peso de la muestra seca al horno.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Obtenidos los datos se hicieron los cálculos correspondientes teniendo en cuenta la ecuación indicada en la norma y así se halló el porcentaje de contenido de humedad del suelo.

- **Análisis Granulométrico (NTP 339.128 o ASTM D422)**

Se tuvo que pesar 600 g extraídos de la muestra total que fue obtenida del ensayo para la humedad.

*Ilustración 20: Peso de la muestra para granulometría.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se procedió a lavar la muestra, esto con ayuda de un envase para luego usar el tamiz o malla N°20

*Ilustración 21: (a) y (b) Lavado del material a tamizar*



(a)

(b)

*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez lavada la muestra se prosiguió colocando dicha muestra en un envase o recipiente.

*Ilustración 22: Muestra lavada*



***Fuente: Elaboración propia.***

Esta muestra ya lavada fue llevada por un periodo de 24 horas al horno del laboratorio.

*Ilustración 23: Colocación de la muestra lavada al horno*



***Fuente: Elaboración propia.***

Se prosiguió el ensayo luego de esperar el tiempo requerido para retirar la muestra del horno y ser pesado para así tener el dato del suelo ya seco.

*Ilustración 24: Peso de la muestra lavada seca.*



***Fuente: Elaboración propia.***

Las mallas o tamices fueron ordenados de la siguiente manera: N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200 junto al depósito de fondo para obtener la granulometría del suelo.

*Ilustración 25: Tamizado para hallar granulometría.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se tuvo que pesar la muestra por cada retención de tamiz.

*Ilustración 26: Peso de una de las muestras retenidas.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez que se procesó la data obtenida se hicieron los cálculos correspondientes como lo establece la norma y así se obtuvo en análisis granulométrico del suelo ensayado.

- **Límites de Atterberg (NTP 339.129 o ASTM D4318)**

Se seleccionó una cierta cantidad de suelo para ser destruida o aplanada.

*Ilustración 27: (a) y (b) Triturado de muestra para ensayos de límites.*



(a)

(b)

***Fuente: Elaboración propia.***

Luego se procedió a realizar el tamizado a la muestra por el tamiz N°40 y de ello se seleccionó lo que pudo pasar en dicha malla.

*Ilustración 28: Tamizado por la malla N°40*



(a)

(b)

***Fuente: Elaboración propia.***

La muestra fue colocada en un recipiente en la cual se vertió agua destilada para su mezcla y amasado.

*Ilustración 29: Preparación de la muestra para ensayo de límites.*



***Fuente: Elaboración propia.***

Se calibró e instaló el aparato de Casagrande.

*Ilustración 30: Copa de Casagrande*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Se utilizó una espátula con el fin de colocar dicha muestra en el aparato de Casagrande.

*Ilustración 31: Muestra en el aparato de Casagrande.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Seguimos lo mencionado en la norma realizando de 10 a 30 golpes para ser tomada pequeñas tajadas y colocar en varios repientes y así poder determinar su límite líquido.

*Ilustración 32: Muestras húmedas para límite líquido.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Cada recipiente se pesó antes de colocar la muestra para luego ser pesado nuevamente con todo recipiente y así determinar la humedad de las muestras.

*Ilustración 33: Peso de una de las muestras de los golpes de 10 - 30.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Con la muestra usada para determinar el límite líquido, se tomó la otra parte de la muestra que es de 20 g a 30 g y se formaron pequeños cilindros.

*Ilustración 34: Muestras para determinar límite plástico.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Se hicieron 10 especímenes de esos cilindros para luego ser pesados antes de colocarlo al horno.

*Ilustración 35: Peso de las muestras húmedas.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los recipientes con las muestras fueron llevadas al horno de laboratorio.

*Ilustración 36: Colocación de las muestras al horno.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Pasadas las 24 horas de estancia en el horno, estas fueron retiradas y pesadas para poder obtener la humedad y el peso del recipiente sumado el suelo ya seco.

*Ilustración 37: Muestras secas para determinar límites.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los datos obtenidos fueron procesados y calculados conforme a la normativa.

- **Peso Específico Relativo de las partículas Sólidas de un Suelo (NTP 339.131 o ASTM D854)**

Se seleccionó la fiola que se utilizó para este ensayo y luego se procedió a pesar con ayuda de la balanza.

*Ilustración 38: Peso de la fiola.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Se tamizó una parte de la muestra del suelo con ayuda la malla N°10 y luego se tuvo que pesar la muestra en 50 gr.

*Ilustración 39: Tamiz N°10 para el ensayo.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

El picnómetro fue llenado con agua destilada hasta  $\frac{3}{4}$  partes su capacidad.

*Ilustración 40: Peso de la fiola más agua destilada.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Se procedió a retirar el agua destilada para luego verter la muestra del suelo en el picnómetro y así volver a verter el agua destilada.

*Ilustración 41: Fiola más agua y más muestra.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Se eliminó el aire que se encontraba atrapada tanto manualmente y con ayuda de la cocina eléctrica para hervirla con el fin de eliminar todo el aire contenido.

*Ilustración 42: Fiola hirviendo para eliminar el aire.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Luego de ello se llevó a la balanza para conocer el peso final de la fiola más la muestra sin aire.

*Ilustración 43: Fiola con la muestra sin aire.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

### ***Determinación de las dosificaciones respecto al peso***

#### **- Fabricación de las unidades de tierra reforzada**

Para determinar las dosificaciones de 5%, 10% y 15% se hicieron con respecto al promedio del peso que contienen las unidades de tierra reforzada que serán fabricados como las muestras patrón, para ello se tuvo que realizar la mezcla de la tierra con agua para ser amasado y dejar reposar por un periodo de un día y así obtener una masa que no se adhiera a los moldes.

*Ilustración 44: (a), (b) y (c) Proceso para hacer la masa.*



(a)

(b)

(c)

***Fuente: Elaboración propia***

Luego de ello se hicieron los moldes que se utilizaron para las pruebas de la norma E.080.

*Ilustración 45: Moldes para las unidades de tierra.*



***Fuente: Elaboración propia***

Una vez llevado los moldes al lugar se procedió a fabricar las unidades con las medidas correspondientes.

*Ilustración 46: (a), (b) y (c) Proceso de fabricación de las unidades de tierra reforzada.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Peso de las unidades de 10x20x10 cm**

Pasado una semana de secado se hizo el respectivo pesado de la muestra de la unidad de tierra reforzada.

*Ilustración 47: Peso de la muestra de 10x20x10.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Peso de las unidades de 10x10x10 cm**

Pasado una semana de secado se hizo el respectivo pesado de la muestra del cubo de tierra reforzada.

*Ilustración 48: Peso de la muestra de 10x10x10.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Peso de los cilindros de 6" x 12"**

Pasado una semana de secado se hizo el respectivo pesado de la muestra del cilindro de tierra reforzada.

*Ilustración 49: Peso de la muestra de 6"x12".*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Dosificaciones usadas**

Gracias a los pesos obtenidos de las muestras de tierra reforzada se hizo un promedio del peso y luego se calculó la cantidad que se utilizó en para cada muestra. Con ayuda del siguiente cuadro se pudo calcular de una manera más rápida.

*Tabla 7: Tabla de muestras a dosificar.*

CANTIDADES DE MUESTRAS PARA ENSAYAR						TOTAL	6 x MUESTRA	PESO M.PATRÓN (g)
UND. T.R	<i>Pilas</i>	<i>Mortero</i>	<i>Muretes</i>	<i>Absorción</i>	<i>Succión/ Alabeo</i>	19.5	117	2400
	3	2	12.5	1	1			
CILINDROS	1					1	6	7000
CUBOS	1					1	6	1300

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 8: Tabla de dosificaciones.*

MUESTRAS	PESO (g)	ADICIÓN (g)			Total (g)	Total (Kg)
		5%	10%	15%		
UND. T.R	2400	120	240	360	84240	84.24
CILINDROS	7000	350	700	1050	12600	12.6
CUBOS	1300	65	130	195	2340	2.34
<i>Total de ladrillo triturado</i>						<b>99.18</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Haciendo una sumatoria de la cantidad de ladrillo triturado que se utilizó, este resultado fue de 99.18 Kg.

### ***Fabricación de las unidades de tierra reforzada con la adición del ladrillo triturado***

A continuación, conociendo las cantidades exactas se pudo adicionar dichas cantidades respectivamente a las muestras que se tendrán que ensayar luego. Podemos ver cómo se realizó la fabricación al añadir el 5% del ladrillo triturado a las muestras de 10x10x10, de 10x20x10 y el cilindro de 4x12”.

Primero se pesó la dosificación para el cubo de tierra reforzada la cual será usada para ensayar a compresión tanto para 14 y 28 días de secado.

*Ilustración 50: Dosificación al 5% de la muestra de 10x10x10.*



***Fuente: Elaboración propia***

Luego se pesó para la unidad de tierra reforzada que se empleará para la mayoría de los ensayos tanto físicos como mecánicos.

*Ilustración 51: Dosificación al 5% de la muestra de 10x20x10.*



***Fuente: Elaboración propia***

Por último, se pesó la dosificación para las muestras en cilindros que serán usados para los ensayos a tracción.

*Ilustración 52: Dosificación al 5% de la muestra cilíndrica de 4x12”.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Se siguieron los mismos pasos para las dosificaciones del 10% y 15% mezclando el ladrillo triturado con la masa de tierra que se preparó y se dejó reposar 24 horas tal y como nos indica la norma.

*Ilustración 53: (a), (b) y (c) Adición del ladrillo triturado a la mezcla.*



(a)

(b)

(c)

**Fuente:** *Elaboración propia*

Al mismo modo que se hicieron las muestras patrón, se usaron los moldes para poder hacer cada muestra con su respectiva medida y dosificación de cada muestra.

*Ilustración 54: Moldeado de las unidades de tierra reforzada.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

### ***Ensayos a las Unidades de Tierra Reforzada***

#### **a) Ensayos para determinar las Propiedades Mecánicas**

##### **- Ensayo de Resistencia a Compresión**

Como adición a la investigación se pensó medir la resistencia tanto a los 28 días como también a los 14 días de secado para poder medir la variación que esta pueda llegar a tener. Se procedió a llevar las unidades del lugar de donde estaban secando hacia el laboratorio de la USAT para proceder a ensayarlos.

*Ilustración 55: Muestras de los cubos al 0%, 5%, 10% y 15% de adición.*



***Fuente: Elaboración propia***

Se procedió a realizar las medidas de cada cubo para colocar las hojas de cálculo.

*Ilustración 56: Medida de los cubos.*



***Fuente: Elaboración propia***

Una vez obtenido los datos necesarios se colocaron los cubos a la máquina compresora para medir cada resistencia de las unidades.

*Ilustración 57: (a) y (b) Ensayo a compresión de los cubos.*



(a)

(b)

*Fuente: Elaboración propia*

#### - **Ensayo de Resistencia a Tracción**

Para realizar este ensayo se fabricaron las muestras en forma de cilindros con dimensiones de 6" x 12" de diámetro y largo aproximadamente, luego de 28 días de secado.

*Ilustración 58: Medidas del cilindro de tierra.*



*Fuente: Elaboración propia*

Se procedió a medir cada cilindro y luego fueron sometidos a la compresora para poder determinar su resistencia a tracción por compresión diametral.

*Ilustración 59: Ensayo a tracción de los cilindros de tierra.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Ensayo de Resistencia del Mortero a Tracción**

Para realizar este ensayo se preparó la mezcla que sirvió como mortero para poder unir las dos unidades de tierra reforzada.

*Ilustración 60: Colocación del mortero a las unidades de tierra.*



*Fuente: Elaboración propia*

Después de 28 días de secado fue llevado al laboratorio para poder someterlo a su ensayo correspondiente.

*Ilustración 61: Ensayo a tracción del mortero*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Ensayo de Resistencia a Compresión en Pilas**

Para la realización de este ensayo se realizó el mismo procedimiento del mortero para poder unir las unidades de tierra reforzada, en este caso se unirá 3 unidades de tierra reforzada como nos indica la *Ilustración 4*.

*Ilustración 62: Fabricación de las pilas de unidades de tierra.*



*Fuente: Elaboración propia*

Después de 28 días de secado fue llevado al laboratorio para poder someterlo a su ensayo correspondiente.

*Ilustración 63: Ensayo de compresión de las pilas.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Ensayo de Resistencia a Tracción en Muretes**

En este ensayo con ayuda del mortero se va uniendo en filas para al final obtener un murete como nos indica la *Ilustración 5*.

*Ilustración 64: (a) y (b) Fabricación del murete de tierra reforzada.*



(a)



(b)

*Fuente: Elaboración propia*

Después de 28 días de secado fue llevado al laboratorio para poder someterlo a su ensayo correspondiente.

*Ilustración 65: Ensayo a tracción diagonal.*



*Fuente: Elaboración propia*

## **b) Ensayos para Propiedades Físicas**

### **- Ensayo de Variación Dimensional**

Para realizar el ensayo se utilizaron las unidades de tierra reforzada que fueron fabricadas con medidas de 10x20x10 cm de alto, largo y ancho respectivamente, después de 28 días de secado fueron llevados al laboratorio 6 especímenes de cada dosificación incluyendo las muestras patrón, con ayuda del vernier estas fueron medidas 4 veces por lado para luego ser promediados y procesados con la ecuación antes vista.

*Ilustración 66: Medida de las unidades de tierra reforzada.*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Ensayo de Peso y Succión**

Se seleccionaron 6 muestras de las U.T.R de 10x20x10 cm, de las cuales seleccionaremos 6 de cada dosificación incluyendo la muestra patrón para luego ser pesadas cada unidad.

*Ilustración 67: Peso de las unidades de tierra reforzada.*



***Fuente: Elaboración propia***

Después se procedió hacer el ensayo, teniendo en cuenta el tiempo de 1 min en el que se colocará la unidad.

*Ilustración 68: Ensayo de succión.*



***Fuente: Elaboración propia***

Después de haber pasado 1 min, será llevado a la balanza la unidad para su respectivo peso y verificar cuánta agua a succionado.

*Ilustración 69: Peso de la unidad de tierra después del ensayo.*



***Fuente: Elaboración propia***

### - Ensayo de Absorción

Para llevar a cabo el ensayo también se tuvo que seleccionar 6 muestras de las U.T.R de 10x20x10 cm, de las cuales seleccionaremos 6 de cada dosificación incluyendo la muestra patrón para luego ser pesadas cada unidad.

*Ilustración 70: Peso de la unidad para absorción.*



*Fuente: Elaboración propia*

Debido a que las unidades de tierra reforzada no resisten 24 horas sumergidas, se realizó este ensayo, pero calculando 2 min sumergidos para tener un resultado más conciso.

*Ilustración 71: Sumersión de la unidad de tierra en el agua.*



*Fuente: Elaboración propia*

Pasado los dos minutos, es retirado del envase con agua para proceder a pesarlos y ver que tanta agua absorbió la unidad de tierra reforzada.

*Ilustración 72: Peso de la unidad después de ser sumergido en el agua.*



*Fuente: Elaboración propia*

## Resultados y discusión

### Resultados:

#### a) Prueba in Situ:

- **Prueba de la cinta de barro.**

Tabla 9: Prueba de cinta de Barro

<b>ENSAYO INSITU PARA SELECCIÓN DEL SUELO</b>	
<b>Prueba de cinta de barro</b>	
El enrollado alcanza de 5 - 20 cm	<b>SI</b>
Resultado del suelo:	<b>APTO</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **Prueba de Resistencia seca.**

Tabla 10: Prueba de presencia de arcilla

<b>ENSAYO INSITU PARA SELECCIÓN DEL SUELO</b>	
<b>Prueba de Presencia de arcilla</b>	
Se rompe alguna de las 4 esferas de barro	<b>NO</b>
Resultado del suelo:	<b>APTO</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### b) Pruebas en Laboratorio:

- **Contenido de Humedad del Suelo (NTP 339.127)**

Tabla 11: Contenido de Humedad.

I.- Datos	C-01
A.- Peso de muestra húmeda (gr.)	<b>1200</b>
B.- Peso de muestra seca (gr.)	<b>1090.4</b>
C.- Peso de recipiente (gr.)	<b>0.0</b>
D.- Contenido de humedad (%)	<b>10.05</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Como podemos observar en la tabla 11 se muestran los resultados que se obtuvo al ensayar el material para conocer el contenido de humedad, el cual el valor es de 10.05 %.

- *Análisis Granulométrico (NTP 339.128)*

*Tabla 12: Datos para Granulometría.*

<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>			
PESO TOTAL	:	600.00 g.	
PESO LAVADO	:	53.68 g.	
PESO FINO	:	600.00 g.	
LIMITE LIQUIDO	:	44.1 %	
LIMITE PLASTICO	:	22.72 %	
INDICE PLASTICIDAD	:	21.37 %	
CLASF. AASHTO	:	A-7-6	
CLASF. SUCS	:	CL	
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO :</b>			
<b><i>Arcilla de baja plasticidad</i></b>			
Ensayo Malla Nº200	P.S.Seco	P.S.Lav	(%) 200
	600	54	91.1
% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S.	(%) Hum.
	1200	1090	10.1

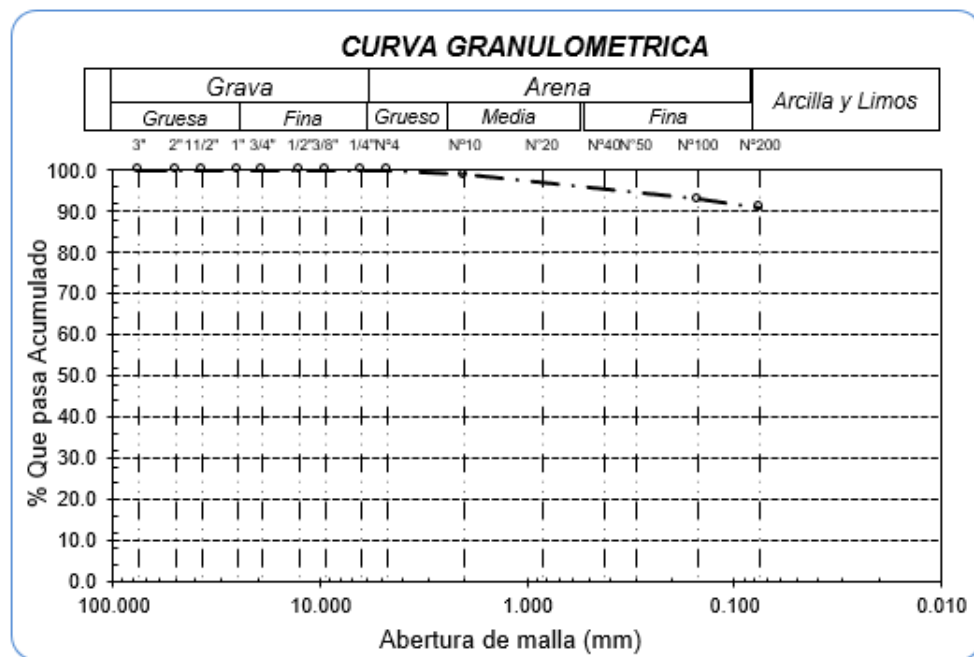
**Fuente:** *Elaboración propia*

*Tabla 13: Ensayo granulométrico.*

<b>Analisis Granulométrico por tamizado</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.1	98.9
N° 20	0.850	2.3	97.7
N° 50	0.300	4.8	95.2
N° 100	0.150	7.1	92.9
N° 200	0.075	9.0	91.0
<b>Distribución granulométrico</b>			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	
% Arena	A.G. %	1.1	9.0
	A.M. %	2.9	
	A.F. %	5.0	
% Arcilla y Limo		91.0	91.0
<b>Total</b>			<b>100.0</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

Gráfica N° 1: Curva Granulométrica.



*Fuente: Elaboración propia*

Una vez ensayado se pudo calcular la composición granulométrica de la muestra del suelo utilizado para esta investigación, así se conoció la gradación que contiene el material, como se puede observar la muestra de este suelo nos indica que contiene un 95.4% de arcilla en su totalidad, de arena 4.5% y 0.1% de grava.

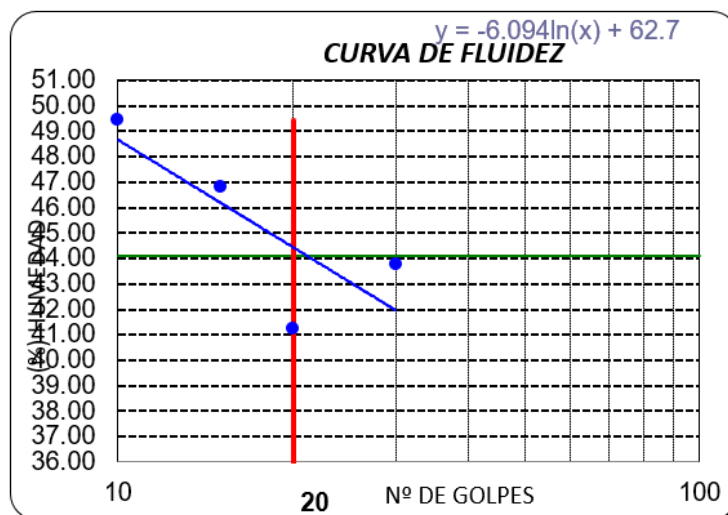
- **Límites de Atterberg (NTP 339.129).**

*Tabla 14: Datos para el ensayo de Límites.*

Datos de ensayo.	Límite líquido			
	19	18	20	21
N° de tarro	19	18	20	21
N° de golpes	30	20	15	10
Tarro + suelo húmedo	17.47	15.47	19.53	20.76
Tarro + suelo seco	14.28	13.07	15.53	15.85
Agua	3.19	2.4	4	4.91
Peso del tarro	6.99	7.25	6.99	5.92
Peso del suelo seco	7.29	5.82	8.54	9.93
Porcentaje de humedad	43.76	41.24	46.84	49.45

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 2: Curva de Fluidez



*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 15: Resultados de Límites de consistencia

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>	
Límite líquido (LL)	44.09 (%)
Límite Plástico (LP)	22.72 (%)
Índice plástico (IP)	21.37 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	<b>CL</b>
Descripción del suelo	
<b>Arcilla de baja plasticidad</b>	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6
Descripción	
<b>Suelo Arcilloso</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

Ensayando la muestra de 10 a 35 golpes se pudo obtener según la tabla 16 los resultados de este ensayo donde podemos observar que el límite líquido es de 42.14%, límite plástico 22.72% y un índice de plasticidad de 19.42%.

**c) Peso Específico Relativo de las partículas Sólidas de un Suelo (NTP 339.131)**

Tabla 16: Cálculo resultados para Peso específico.

		<b>C-01</b>
1. N° de fiola		F-2
2. Peso de la fiola	g.	89.91
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)	g.	139.9
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	369.6
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	339.2
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )	$(3)/((3+6)-5)$ g/cm <sup>3</sup>	<b>2.547</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede evidenciar que el resultado del peso específico relativo de las partículas sólidas es alrededor de 2.55 g/cm<sup>3</sup>.

**d) Resistencia a la compresión (Cubos de 10x10x10):**

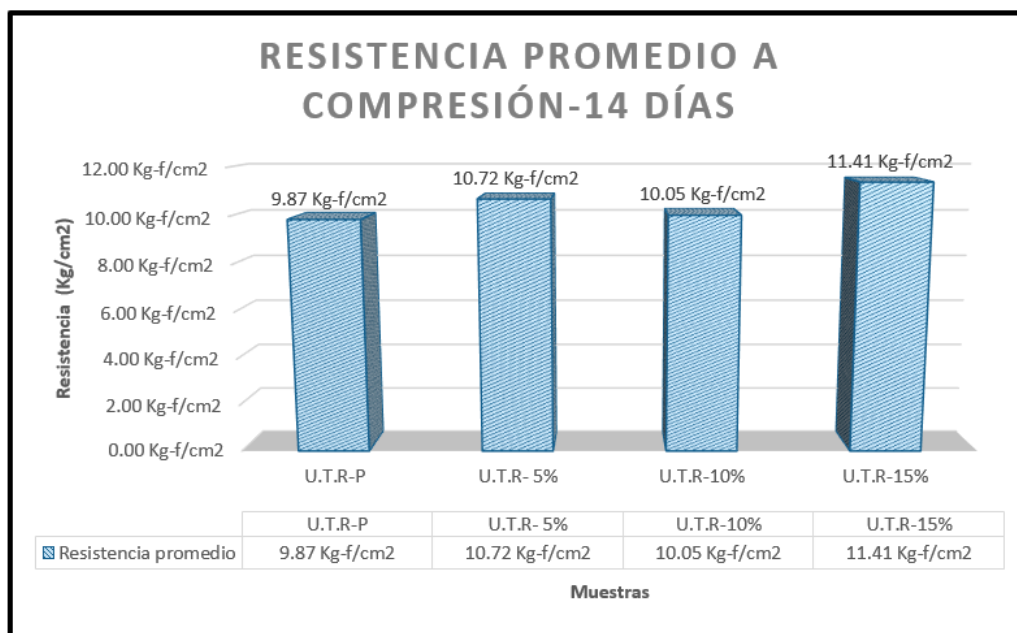
✓ Compresión 14 días.

*Tabla 17: Ensayo de resistencia a compresión - 14 días.*

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	9.87 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R- 5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	10.72 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	10.05 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	11.41 Kg-f/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

*Gráfica N° 3: Resistencia a la compresión - 14 días*



*Fuente: Elaboración propia*

Se fabricaron 6 muestras para cada porcentaje incluyendo la muestra base, de este ensayo se observó que la muestra con mejor resistencia fue la adición al 15%, seguido por la muestra de 5% y por último 10%. Sin embargo, la muestra que obtuvo menor resistencia fue la muestra patrón.

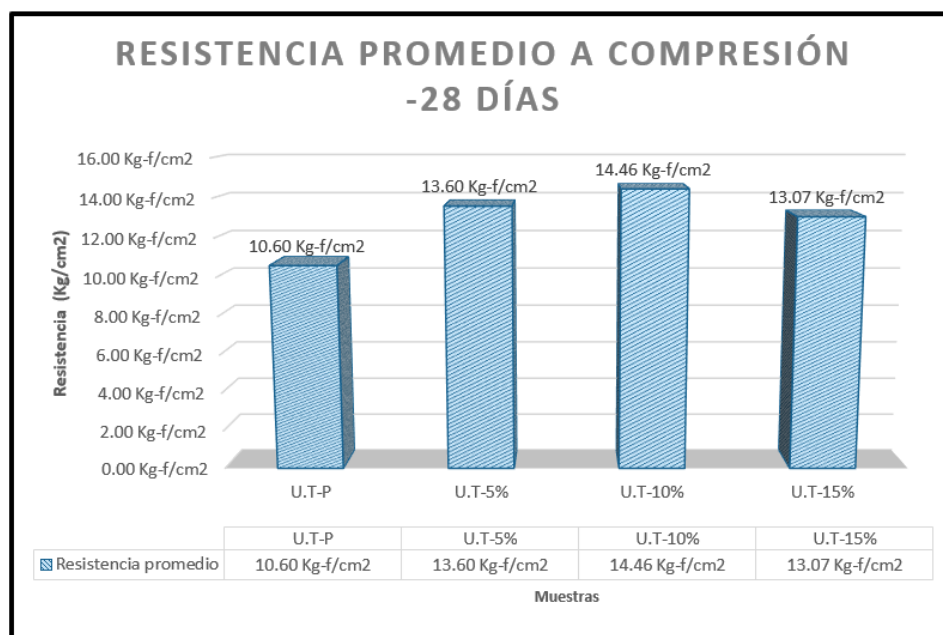
✓ Compresión 28 días.

Tabla 18: Ensayo de resistencia a compresión 28 días.

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
U.T-P	Unidad de tierra reforzada patrón	10.60 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T-5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	13.60 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	14.46 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	13.07 Kg-f/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 4: Resistencia a la compresión – 28 días



*Fuente: Elaboración propia*

Para este ensayo también se hicieron 6 muestras para cada dosificación incluyendo el patrón, se observó que la muestra con mejor resultado fue la adición al 10%, seguido solo por poco por la del 5%. Sin embargo, la muestra cuyo valor fue el mínimo con respecto a la resistencia fue la muestra patrón, pero llegando a la resistencia normada.

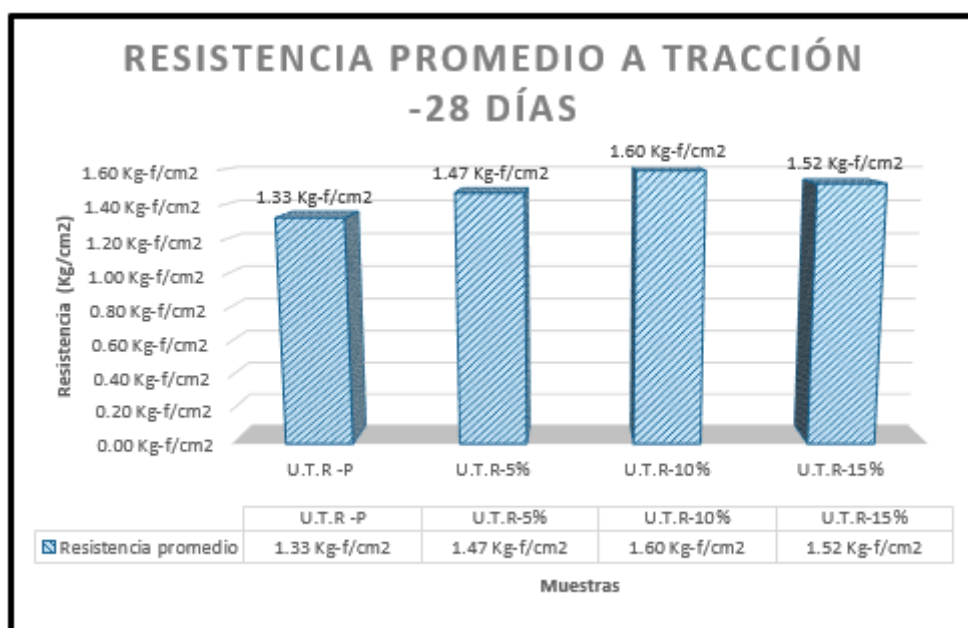
e) **Resistencia a la Tracción (Cilindros de 6"x12"):**

Tabla 19: Ensayo de resistencia a Tracción 28 días.

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	1.30 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	1.47 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	1.60 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	1.52 Kg-f/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 5: Resistencia a la Tracción



*Fuente: Elaboración propia*

Por cada dosificación se fabricaron también 6 muestras incluyendo la muestra patrón, de este ensayo se observó que la muestra con mejor resistencia la obtuvo la adición al 10%, seguido solo por poco por la del 5%. Sin embargo, la muestra que obtuvo la resistencia más baja fue el patrón, pero llegando a la resistencia normada.

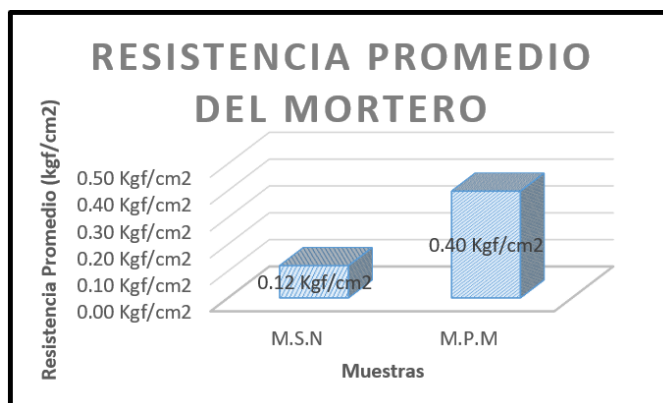
**f) Resistencia a Tracción del Mortero:**

*Tabla 20: Ensayo de resistencia a Tracción del mortero.*

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
M.S.N	Mortero para muestras - según la norma	0.12 Kgf/cm <sup>2</sup>
M.P.M	Mortero para muestras	0.40 Kgf/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

*Gráfica N° 6: Resistencia del Mortero*



*Fuente: Elaboración propia*

De este ensayo se observó que la muestra del mortero tiene una mejor resistencia por encima del establecido en la norma E.080.

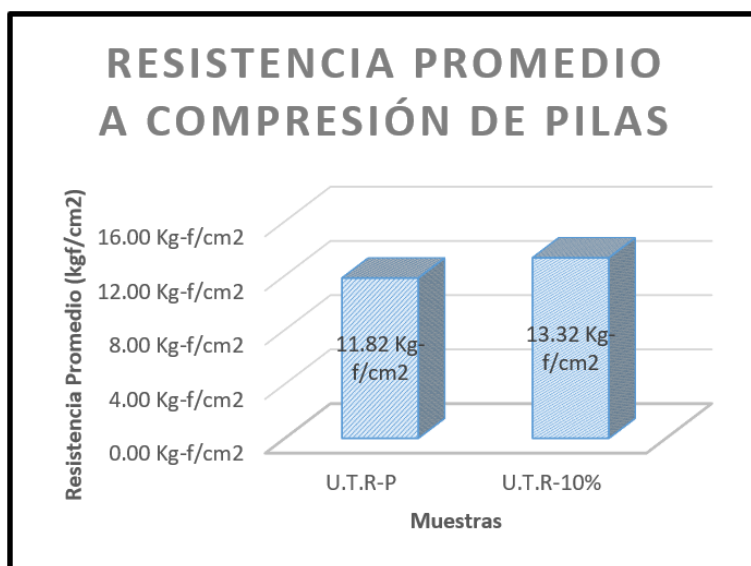
**g) Resistencia a compresión en Pilas:**

*Tabla 21: Ensayo de resistencia a compresión de pilas.*

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	11.82 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	13.32 Kg-f/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

*Gráfica N° 7: Resistencia a la compresión de Pilas*



*Fuente: Elaboración propia*

Se eligió la muestra óptima obtenida en los anteriores ensayos incluyendo la muestra patrón para realizar el ensayo, se observó que la muestra del 10% si tuvo una mejora con respecto al patrón.

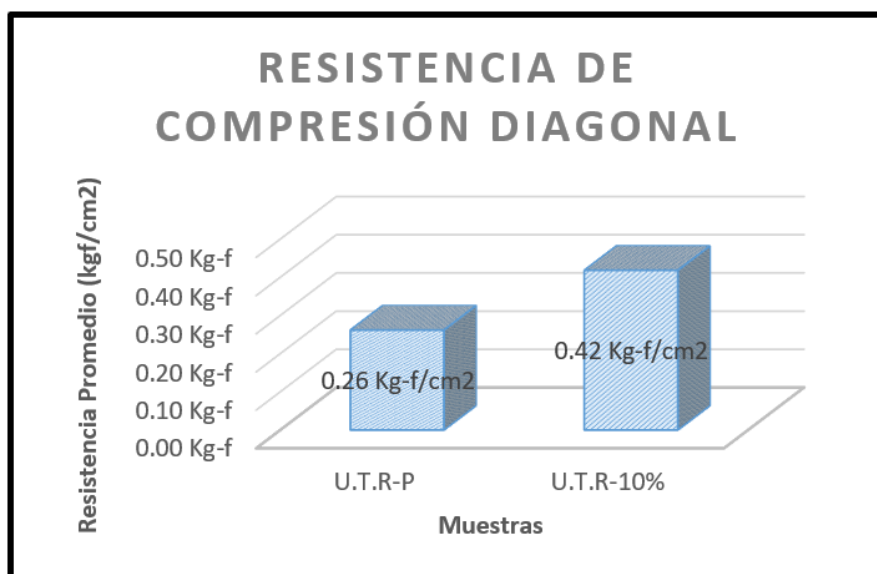
**h) Resistencia a la compresión diagonal en Muretes:**

*Tabla 22: Ensayo de resistencia a Tracción de Muretes.*

Muestras	Descripción de muestras	Resistencia promedio
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	0.26 Kg-f/cm <sup>2</sup>
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	0.42 Kg-f/cm <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 8: Resistencia a compresión diagonal



*Fuente: Elaboración propia*

Se eligió la muestra óptima obtenida en los anteriores ensayos incluyendo la muestra patrón para realizar el ensayo, se observó que la muestra del 10% al igual que en el anterior ensayo si tuvo una mejora con respecto al patrón.

*i) Ensayo de Variación Dimensional:*

*Tabla 23: Variación Dimensional de las U.T.R 0% de adición.*

AL 0%	ALTO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	VDA	VDL	VDH
<i>U.T.R 1</i>	9.49	19.21	8.98	-5.12%	-3.94%	-10.25%
<i>U.T.R 2</i>	9.54	19.21	8.99	-4.63%	-3.94%	-10.13%
<i>U.T.R 3</i>	9.60	19.26	9.21	-4.00%	-3.69%	-7.88%
<i>U.T.R 4</i>	9.48	19.15	9.31	-5.25%	-4.25%	-6.88%
<i>U.T.R 5</i>	9.61	19.23	9.40	-3.88%	-3.88%	-6.00%
<i>U.T.R 6</i>	9.59	19.23	9.41	-4.13%	-3.88%	-5.87%
<b>PROM=</b>	<b>9.55</b>	<b>19.21</b>	<b>9.22</b>	<b>4.50%</b>	<b>3.93%</b>	<b>7.83%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 24: Variación Dimensional de las U.T.R 5% de adición.*

AL 5%	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	VDA	VDL	VDH
<i>U.T.R 1</i>	9.10	18.48	8.63	-9.00%	-7.62%	-13.75%
<i>U.T.R 2</i>	9.11	18.59	8.81	-8.87%	-7.06%	-11.88%
<i>U.T.R 3</i>	9.19	18.55	8.64	-8.13%	-7.25%	-13.63%
<i>U.T.R 4</i>	9.23	18.69	8.49	-7.75%	-6.56%	-15.13%
<i>U.T.R 5</i>	9.25	18.66	8.55	-7.50%	-6.69%	-14.50%
<i>U.T.R 6</i>	9.25	18.49	8.49	-7.50%	-7.56%	-15.13%
<b>PROM=</b>	<b>9.19</b>	<b>18.58</b>	<b>8.60</b>	<b>8.13%</b>	<b>7.13%</b>	<b>14.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 25: Variación Dimensional de las U.T.R 10% de adición.

AL 10%	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	VDA	VDL	VDH
U.T.R 1	9.29	18.94	8.46	-7.13%	-5.31%	-15.38%
U.T.R 2	9.33	18.55	8.75	-6.75%	-7.25%	-12.50%
U.T.R 3	9.28	18.66	8.68	-7.25%	-6.69%	-13.25%
U.T.R 4	9.34	18.80	8.79	-6.63%	-6.00%	-12.13%
U.T.R 5	9.14	18.63	8.84	-8.63%	-6.88%	-11.63%
U.T.R 6	9.13	18.69	8.85	-8.75%	-6.56%	-11.50%
<b>PROM=</b>	<b>9.25</b>	<b>18.71</b>	<b>8.73</b>	<b>7.52%</b>	<b>6.45%</b>	<b>12.73%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 26: Variación Dimensional de las U.T.R 15% de adición.

AL 15%	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	VDA	VDL	VDH
U.T.R 1	9.30	18.83	8.64	-7.00%	-5.88%	-13.63%
U.T.R 2	9.65	18.70	8.50	-3.50%	-6.50%	-15.00%
U.T.R 3	9.29	18.78	8.58	-7.12%	-6.13%	-14.25%
U.T.R 4	9.26	18.88	8.70	-7.38%	-5.63%	-13.00%
U.T.R 5	9.23	18.64	8.63	-7.75%	-6.81%	-13.75%
U.T.R 6	9.58	18.80	8.38	-4.25%	-6.00%	-16.25%
<b>PROM=</b>	<b>9.38</b>	<b>18.77</b>	<b>8.57</b>	<b>6.17%</b>	<b>6.16%</b>	<b>14.31%</b>

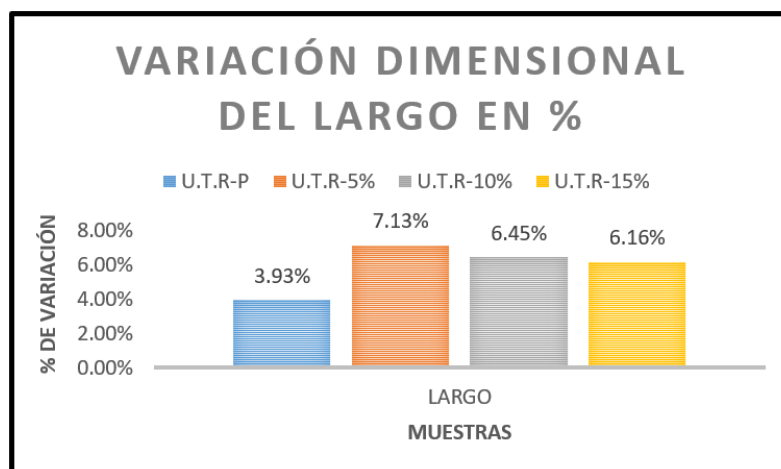
*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 27: Ensayo de Variación Dimensional de U.T.R

Muestras	Descripción de muestras	LARGO	ANCHO	ALTO
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	3.93%	4.50%	7.83%
U.T.R-5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	7.13%	8.13%	14.00%
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	6.45%	7.52%	12.73%
U.T.R-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	6.16%	6.17%	14.31%

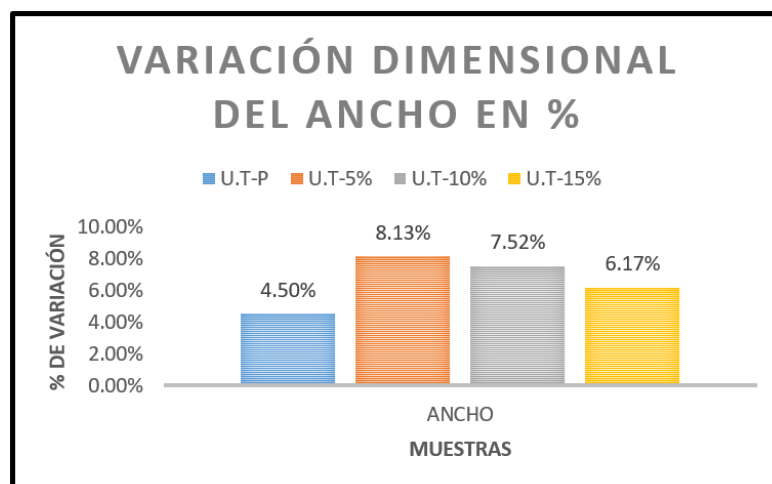
*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 9: Variación Dimensional del largo en %



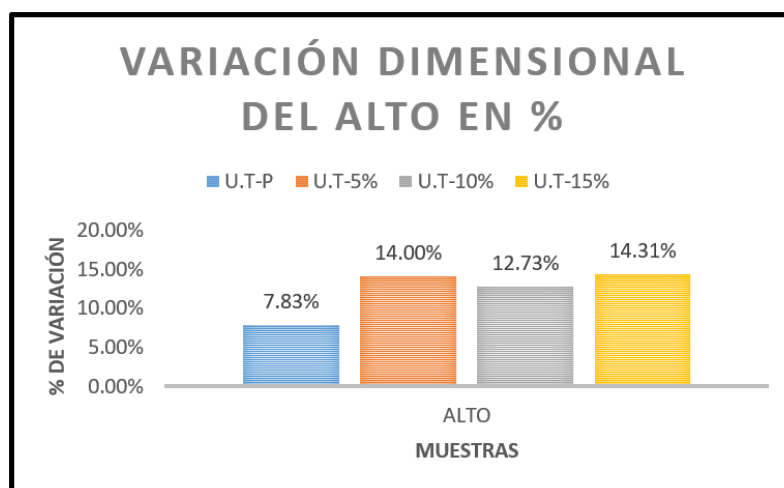
*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 10: Variación Dimensional del Ancho en %



*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 11: Variación Dimensional del Alto en %



*Fuente: Elaboración propia*

Se hicieron las unidades con sus respectivos porcentajes y se pudo observar que, si hay una variación dependiendo de los porcentajes de ladrillo añadido, lo cual era algo esperado debido a que en el secado del barro estas unidades se contraen dejando así sus medidas del molde.

**j) Ensayo de Peso y Succión:**

Tabla 28: Ensayo de succión de las U.T.R al 0% de adición.

AL 0%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	DIFERENCIA (±2.5%)	SUCCIÓN (%)	CORRECCIÓN (%)	SUCCIÓN PROM (%)
U.T.R 1	2270	2278	9.6	19.4	185.3	7.4	8.64	9.3	4.33
U.T.R 2	2311	2318	9.6	19.4	186.2	6.9	7.52	8.1	
U.T.R 3	2308	2312	9.9	19.5	192.1	4.0	4.17	4.3	
U.T.R 4	2317	2320	9.7	19.4	188.2	5.9	3.19	3.4	
U.T.R 5	2325	2322	9.6	19.4	186.2	6.9	-3.22	-3.5	

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 28 se pueden apreciar los resultados de la absorción de las unidades de tierra reforzada al 0% de adición de ladrillo triturado cuyo promedio es de 4.33% de succión de las unidades.

*Tabla 29: Ensayo de succión de las U.T.R al 5% de adición.*

AL 5%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	DIFERENCIA (±2.5%)	SUCCIÓN (%)	CORRECCIÓN (%)	SUCCIÓN PROM (%)
U.T.R 1	2462	2462	19.1	9.3	177.6	11.2	0.00	0.0	2.29
U.T.R 2	2444	2450	19.3	9.6	185.3	7.4	6.48	7.0	
U.T.R 3	2508	2514	19.1	9.8	187.2	6.4	6.41	6.9	
U.T.R 4	2460	2460	19.3	9.7	187.2	6.4	0.00	0.0	
U.T.R 5	2516	2514	19.1	9.6	183.4	8.3	-2.18	-2.4	

*Fuente: Elaboración propia*

Se pueden observar los resultados de la absorción de las unidades de tierra reforzada en la tabla 29 al 5% de adición de ladrillo triturado cuyo promedio es de 2.29% de succión de las unidades.

*Tabla 30: Ensayo de succión de las U.T.R al 10% de adición.*

AL 10%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	DIFERENCIA (±2.5%)	SUCCIÓN (%)	CORRECCIÓN (%)	SUCCIÓN PROM (%)
U.T.R 1	2484	2486	19.1	9.7	185.3	7.4	2.16	2.3	0.47
U.T.R 2	2558	2558	19.3	9.6	185.3	7.4	0.00	0.0	
U.T.R 3	2470	2470	19.0	9.7	184.3	7.8	0.00	0.0	
U.T.R 4	2590	2592	19.0	9.7	184.3	7.8	2.17	2.4	
U.T.R 5	2552	2550	19.0	9.7	184.3	7.8	-2.17	-2.4	

*Fuente: Elaboración propia*

Como se ve en la tabla 30 los resultados de la absorción de las unidades de tierra reforzada al 10% de adición de ladrillo triturado indica un promedio de 0.47% de succión de las unidades.

*Tabla 31: Ensayo de succión de las U.T.R al 15% de adición.*

AL 15%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	DIFERENCIA (±2.5%)	SUCCIÓN (%)	CORRECCIÓN (%)	SUCCIÓN PROM (%)
U.T.R 1	2464	2462	19.2	8.9	170.9	14.6	-2.34	-2.7	-4.29
U.T.R 2	2510	2506	19.0	9.0	171.0	14.5	-4.68	-5.5	
U.T.R 3	2522	2518	19.1	9.0	171.9	14.1	-4.65	-5.4	
U.T.R 4	2570	2568	19.4	9.1	176.5	11.7	-2.27	-2.6	
U.T.R 5	2468	2464	19.4	9.0	174.6	12.7	-4.58	-5.2	

*Fuente: Elaboración propia*

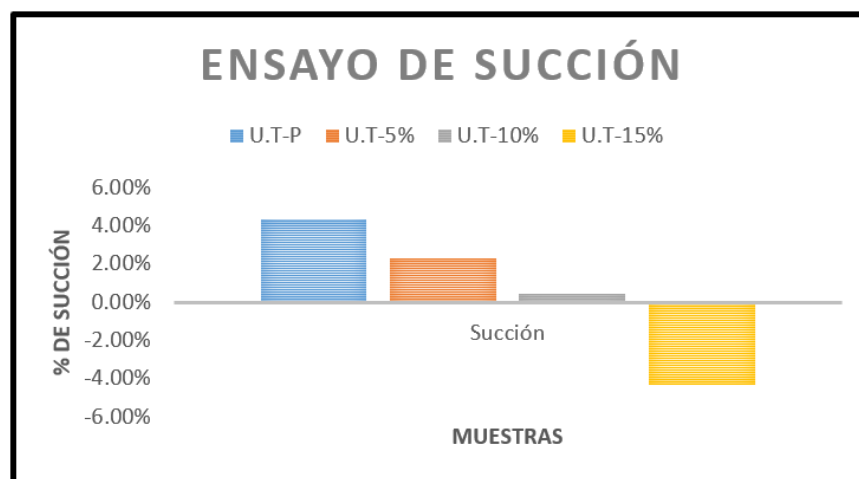
Se puede apreciar en la tabla 31 los resultados de la absorción de las unidades de tierra reforzada al 15% de adición de ladrillo triturado el cual evidencia un promedio negativo de 4.29% de succión de las unidades, lo que indica que pierde material al momento de ponerlo en contacto con el agua.

Tabla 32: Ensayo de succión de las U.T.R

Muestras	Descripción de muestras	Succión
U.T-P	Unidad de tierra reforzada patrón	4.33%
U.T-5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	2.29%
U.T-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	0.47%
U.T-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	-4.29%

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 12: Ensayo de Succión



*Fuente: Elaboración propia*

**k) Ensayo de Absorción:**

Tabla 33: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 0% de adición.

AL 0%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO
U.T.R 1	2274.0	2192.0	-3.61	-2.51
U.T.R 2	2346.0	2300.0	-1.96	
U.T.R 3	2304.0	2268.0	-1.56	
U.T.R 4	2378.0	2314.0	-2.69	
U.T.R 5	2366.0	2302.0	-2.70	

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede apreciar en la tabla 33 los resultados obtenidos de la absorción de las unidades de tierra reforzada al 0% de adición de ladrillo triturado evidencia un promedio negativo de 2.51% lo cual indica que esta muestra pierde ese porcentaje de material al ser sumergido.

*Tabla 34: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 5% de adición.*

AL 5%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO
U.T.R 1	2442	2385	-2.33	-2.85
U.T.R 2	2544	2473	-2.79	
U.T.R 3	2450	2373	-3.14	
U.T.R 4	2467	2388	-3.20	
U.T.R 5	2488	2419	-2.77	

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 34 donde la absorción de las unidades de tierra reforzada al 5% de adición de ladrillo triturado muestra un promedio negativo de 2.85% el cual indica que esta muestra pierde ese porcentaje de material al ser sumergido.

*Tabla 35: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 10% de adición.*

AL 10%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO
U.T.R 1	2469	2430	-1.60	-2.22
U.T.R 2	2534	2513	-0.86	
U.T.R 3	2506	2435	-2.85	
U.T.R 4	2539	2466	-2.90	
U.T.R 5	2528	2454	-2.91	

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 35 donde la absorción de las unidades de tierra reforzada al 10% de adición de ladrillo triturado muestra un promedio negativo de 2.56% el cual indica que esta muestra pierde ese porcentaje de material al ser sumergido.

*Tabla 36: Ensayo de Absorción de las U.T.R al 15% de adición.*

AL 15%	PESO INICIAL (g)	PESO + AGUA (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO
U.T.R 1	2519	2455	-2.53	-3.47
U.T.R 2	2528	2406	-4.85	
U.T.R 3	2558	2473	-3.31	
U.T.R 4	2478	2412	-2.65	
U.T.R 5	2476	2378	-3.98	

*Fuente: Elaboración propia*

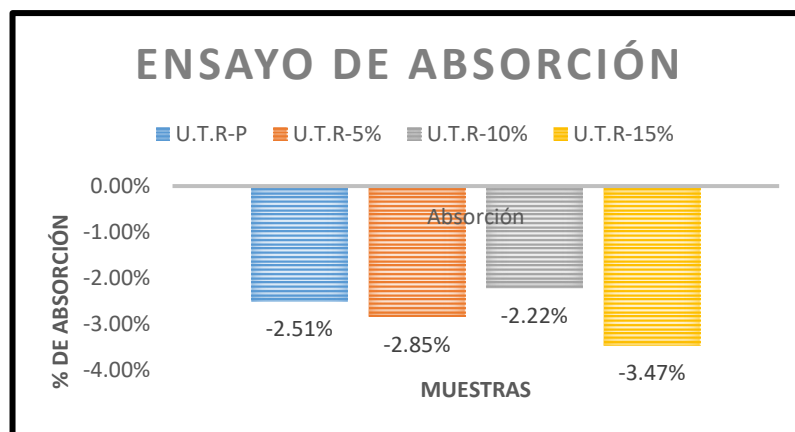
Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 36 donde la absorción de las unidades de tierra reforzada al 15% de adición de ladrillo triturado muestra un promedio negativo de 3.47% el cual indica que esta muestra pierde ese porcentaje de material al ser sumergido.

Tabla 37: Ensayo de Absorción de las U.T.R

Muestras	Descripción de muestras	Absorción
U.T.R-P	Unidad de tierra reforzada patrón	-2.51%
U.T.R-5%	Unidad de tierra reforzada + 5% de ladrillo triturado	-2.85%
U.T.R-10%	Unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo triturado	-2.56%
U.T.R-15%	Unidad de tierra reforzada + 15% de ladrillo triturado	-3.47%

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfica N° 13: Ensayo de absorción



*Fuente: Elaboración propia*

### ***Discusiones:***

Según el primer objetivo específico, el cual se debe determinar las características del suelo, se realizaron las pruebas in situ basándonos en lo que nos indica norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra reforzada” [14], cuyos resultados obtenidos en la tabla N° 9 y 10 se puede evidenciar que el suelo utilizado cumple con los primeros parámetros debido a que al hacer la cinta de barro esta pasa los 15 cm de largo, por ende nos indica que contiene una buena cantidad de arcilla, además al hacer la prueba de resistencia seca estas no ceden a la fuerza generada por los dedos de la mano, evidenciando que este suelo es apto para comenzar las pruebas de laboratorio.

Para las pruebas de laboratorio se obtienen como resultados las tablas N°11 a la N°16 donde muestra los datos del contenido de humedad, la granulometría y los límites de Atterberg, estos datos al ser comparados con la tesis de Antinori Ortiz (2018) se puede apreciar que los datos no tienen una diferencia significativa, excepto por la granulometría, lo que puede significar que el suelo del lugar de donde se extrajo la muestra es menos arcillosa a comparación a la de mi investigación, fuera de eso se puede decir que los resultados son positivos con respecto a las características del suelo.

Según el segundo objetivo específico, para la caracterización y la obtención del material que se añadió a las unidades de tierra, se debió tener en cuenta lo que nos muestra en la tabla N° 6 basado en D.S del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [25], se nos indica cuales son los residuos reaprovechables, en las cuales se basó para poder obtener el ladrillo de arcilla y así poder recolectar dicho material para ser caracterizado y llevado a su respectiva trituración.

En los objetivos específicos para determinar la resistencia a compresión de las unidades de tierra reforzada, los resultados fueron analizados en pilas y unidades en cubos de 10 cm de arista, para las unidades en cubos se decidió analizar su resistencia a los 14 y 28 días para observar el aumento de la resistencia con respecto a tiempo de secado, si bien la norma E.080 nos indica que estos se deben ensayar a los 28 días de secado con una resistencia permisible de 1.0 MPa = 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>, se pudo apreciar en la gráfica N°3 que al 15% de adición de ladrillo de arcilla triturado esta alcanzo 11.45 kgf/cm<sup>2</sup> y las demás adiciones valores con poca diferencia significativa entre sí, por otro lado la muestra patrón aún seguía con una resistencia muy baja, esto dio indicio que a los 28 días las adiciones iban a tener valores aún más superiores de lo esperado. Los resultados pasados los 28 días tanto para pilas como para los cubos se muestran las gráficas N°4 y N°7 donde podemos evidenciar que existe una diferencia significativa de las adiciones con respecto a la muestra

patrón, siendo la más significativa las U.T.R al 10% de adición de ladrillo de arcilla triturado, al comparar estos datos con las investigaciones de:

Antinori Ortiz “Resistencia A Compresión Y Flexión Del Adobe Compactado Con Reemplazo De Cerámica Triturada - 2018” este concluye que mientras más adición de cerámica triturada añade a sus unidades, las resistencias a la compresión van disminuyendo en base a su muestra patrón que es de 45.35 kgf/cm<sup>2</sup> y las adiciones de 5%, 10% y 15% tienen valores de 43.96 kgf/cm<sup>2</sup>, 40.91 kgf/cm<sup>2</sup> y 39.86 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, lo que nos indica que a pesar de que los residuos de la cerámica al ser parecido a los de ladrillo de arcilla no asegura la mejora en la resistencia de las unidades de tierra reforzada, uno de los factores que puede afectar la resistencia es que la cerámica no adhiere bien con el barro que se usa para las unidades de tierra, haciendo que no trabaje de manera homogénea al estar expuesta ante fuerzas externas, por lo contrario al ladrillo de arcilla esta se mezcla de manera homogénea logrando mejorar la resistencia a compresión desmintiendo su teoría que los RCD no ayudan en la mejora de la resistencia de las unidades de tierra.

Por otra parte, en la investigación de Zeng, Huang y Zhang “Experiment on the Performance of Recycled Powder of Construction Waste on Adobe Materials” muestra que al mezclar los residuos reciclados en polvo, este muestra un punto de decrecimiento a partir del 10% de adición teniendo esta coherencia con mi investigación que también a partir de este porcentaje comienza a bajar la resistencia, siendo 10% el porcentaje de adición óptimo con el cual mejora un 36.8% la resistencia a compresión siendo un aumento significativo con respecto a la muestra patrón.

Con respecto a los objetivos específicos para determinar la resistencia a tracción en cilindros y en muretes (tracción indirecta) la norma E.080 nos menciona que la resistencia permisible es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup> para los cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, según la gráfica N°5 nos muestra que hay un incremento de resistencia hasta el 10% de adición de ladrillo de arcilla triturado, lo que indica que el mismo fenómeno de decrecimiento que hubo en la resistencia a compresión ocurre en la resistencia a tracción con valores de 1.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 1.47 kgf/cm<sup>2</sup>, 1.60 kgf/cm<sup>2</sup> y 1.52 kgf/cm<sup>2</sup> para muestra patrón, 5%, 10% y 15% de adición de ladrillo triturado, teniendo como porcentaje óptimo el 10% el cual tiene una mejora en la resistencia del 22.78 % y será usado como el porcentaje óptimo para el ensayo de tracción indirecta donde se pudo comprobar en la gráfica N°8 que el promedio de muretes con este porcentaje aumentó con respecto al promedio de muretes del patrón el cual la norma nos menciona que su resistencia permisible es de 0.24 kgf/cm<sup>2</sup>, en el cual se obtuvo valores de 0.26 kgf/cm<sup>2</sup> y 0.42 kgf/cm<sup>2</sup>

para la muestra patrón y 10 % de adición de ladrillo triturado respectivamente, al comparar los datos y percances al realizar este ensayo con respecto a la tesis de Segura Sanchez “Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo – 2022” se pudo evidenciar que algunos de los muretes con la adición fallaron por mortero al igual que los muretes de mi investigación en lo cual coincidimos en que puede ser que el mortero convencional no se adhiere correctamente a las unidades con la adición de este tipo de material pero aun así la resistencia de su investigación igual incrementaba al añadir la cerámica triturada lo que indica que a pesar que el mortero no adhiere bien a las unidades es la que mejor se comporta ante una carga externa, dando más validez a mi investigación al querer mejorar con este tipo de material.

Para el otro objetivo específico que consiste en determinar la resistencia a tracción del mortero se hicieron los ensayos correspondientes con respecto a la norma E0.80 donde nos indica que la resistencia permisible es de  $0.012 \text{ MPa} = 0.12 \text{ kgf/cm}^2$  se puede apreciar en la gráfica N°6 que la resistencia que obtuvo el mortero de esta investigación sin necesidad de la adición del ladrillo de arcilla triturado es de  $0.40 \text{ kgf/cm}^2$  lo cual es un valor aceptable para el uso de los ensayos de pilas y muretes, cabe resaltar que al mortero no se le incorporó el ladrillo de arcilla triturado debido a que en el ensayo anterior se mencionó que este al ser mezclado no obtiene buena adherencia, lo cual descarta el usar esta adición para el mortero.

En el penúltimo objetivo específico se determinó las propiedades físicas de estas unidades de tierra reforzada, para ello debido a que la norma E.080 no nos indica los ensayos para determinar estas propiedades, se usó la NTP 339.604 y NTP 339.631 que se usan para las unidades de albañilería, teniendo ensayos como:

Variación dimensional, donde podemos apreciar en las gráficas N°9, N°10 y N°11 en porcentajes cuanto es que varían las dimensiones de las unidades de tierra reforzada de la muestra patrón con respecto a la adición del ladrillo de arcilla triturado tanto en largo, ancho y alto, debido a que se usó un molde para hacer estas unidades, al momento de secarse estas pueden cambiar sus medidas iniciales debido a la pérdida de agua, se puede apreciar que la adición que menos porcentaje varia con respecto a la adición en largo y ancho es el 15% pero en alto el 10% debido a que al secarse al tener más adición, este más se asentará por el peso de la adición pero sin tener que variar mucho en su largo y ancho.

Otro de los ensayos considerados por la norma fue la Succión de las unidades de tierra reforzada en donde se evidencia los resultados en la gráfica N°12 en la cual nos muestra en cuanto porcentaje nuestras muestras tanto la patrón como las con adiciones succionan

agua, teniendo así la muestra con mejor resultado la que se le adicionó 10% de ladrillo de arcilla triturado con un 0.47 % de succión, contrario a la muestra del 15% donde en vez de succionar agua, esta comienza a perder material, lo que nos muestra en que entre más adición de ladrillo de arcilla triturado, más material se pierde al estar en contacto con el agua, ahora si apreciamos la muestra patrón, esta logra succionar un 4.33% de agua, siendo así la más estable el 10% donde su succión es mínimo a comparación de las otras muestras.

Por último ensayo tenemos a la Absorción de las unidades de tierra reforzada con la cual se pudo conocer que tan absorbente es la unidad de tierra al ser adicionada con ladrillo de arcilla triturada con respecto a la muestra patrón, teniendo como resultados la gráfica N°13 donde se logra evidenciar que el material en vez de absorber agua, pierde material dentro del agua, algo lógico debido a que son unidades de tierra, sin embargo gracias a dicha prueba se pudo observar que la muestra que perdió menos material fue el de la adición del 10% de ladrillo triturado con 2.22% de pérdida de material siendo aún mejor que la muestra patrón el cual perdió 2.51% de material. Comparando los resultados de estos ensayos con diferentes investigaciones se puede ver que en las tesis de Luque Mamani “Análisis de las propiedades físico mecánicas del Adobe con incorporación de agregados reciclados en la Ciudad de Juliaca, Puno 2022” nos menciona que para su ensayo de variación dimensional, estas aumentaban su porcentaje mientras se adicionaba el agregado reciclado, y además se aprecia que la altura de las unidades también varía por el hecho que el material al momento de secarse, por el peso de este se asienta haciendo que haya una variación significativa, lo cual se debe tener en cuenta al momento de hacer el molde, aunque también menciona que muchas veces depende de la técnica al colocar al molde la tierra reforzada. En el ensayo de absorción menciona que tuvo el mismo problema de pérdida de material al ser sumergida al agua, por lo cual infiere que este tipo de material así sea sin adición no resiste ante la exposición al agua con excepción de aquellas adiciones que hacen que la tierra se vuelva impermeable y pueda resistir, sin embargo, tanto para su investigación como para la mía no es este el caso ya que en ambas investigaciones pierde material. Debido a que en esta investigación no realizó el ensayo de succión, volvemos a comparar con la tesis de Segura Sanchez “Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo – 2022”, donde se evidencia que la adición al 15% de baba de nopal más el 30 % de residuos cerámicos son los que mejor se comportan con el agua, con el cual se puede inferir que las unidades de tierra reforzada son más resistentes ante el agua al momento de incorporar la baba de nopal o alguna adición parecida a esta, ya que ayuda a la unidad de tierra reforzada a

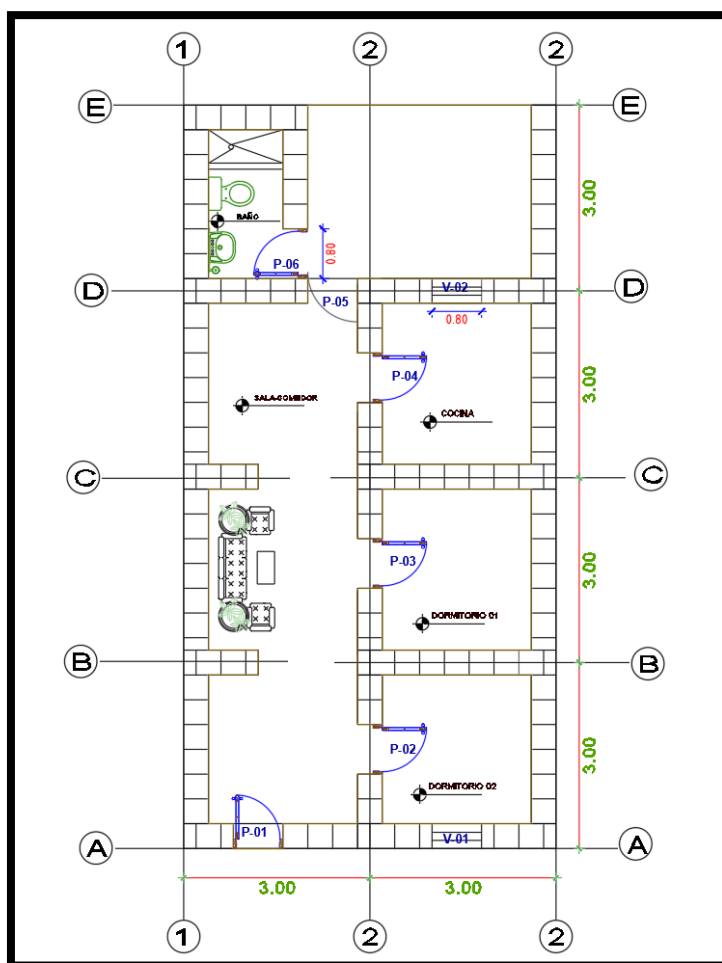
soportar el contacto con el agua lo que muchas ayuda a los lugares donde existen épocas de lluvia constante.

***Análisis Económico de la unidad de tierra reforzada tradicional y la de adición óptima.***

Para poder realizar el análisis económico se eligió un módulo de vivienda típico planteado para esta investigación y guiándonos de la muy mencionada norma E.080 donde se nos muestra las partidas necesarias para desarrollar este análisis.

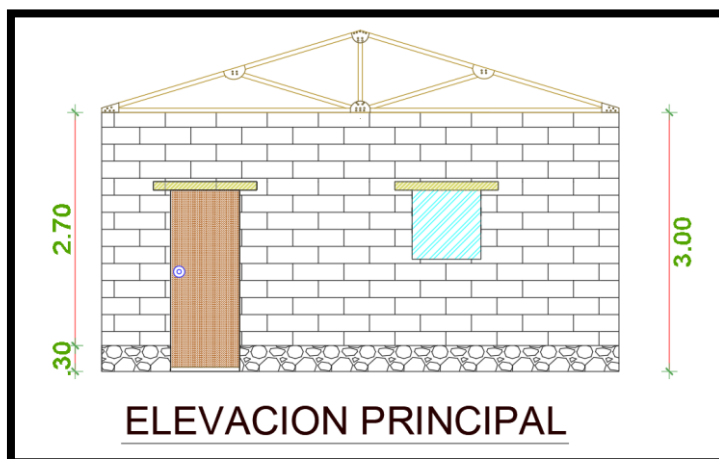
Dicho módulo está distribuido en una sala comedor, cocina, dos habitaciones y servicios higiénicos.

*Ilustración 73: Módulo de vivienda*



*Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 74: Vista principal del módulo*



*Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 75: Vista Isométrica del módulo*



*Fuente: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta la arquitectura de nuestro módulo de vivienda típica se realizó el análisis de costos unitarios de las partidas principales como es la fabricación de las unidades de tierra reforzada convencional y la del porcentaje óptimo que fue la adición del 10% de ladrillo de arcilla triturado y fabricación de muros de ambas muestras en m<sup>2</sup>, pudiendo así realizar un análisis de costos aproximados de una vivienda utilizando las unidades de tierra tradicional como la mejorada con adición al 10% de ladrillo de arcilla triturada.

Para poder estimar el costo de la partida por metro cuadrado, primero se hizo un análisis de costo por unidad de tierra reforzada tanto de la convencional como de la adición, para ello se tuvo en cuenta la mano de obra que fue el oficial, para materiales usados se consideraron la arcilla, el agua, la paja, el ladrillo de arcilla triturado y para equipos utilizados las herramientas manuales, la cual todas las partidas se verán a continuación.

Tabla 38: A.C.U del ladrillo de arcilla triturado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
<b>PARTIDA :</b> LADRILLO DE ARCILLA TRITURADO					
<b>Rendimiento:</b>	100 kg/día			Costo por Kg S/.	<b>1.01</b>
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
<b>Mano de Obra</b>					
Peón	hh	0.50	0.080	19.62	0.78
<b>Materiales</b>					
Ladrillo	Kg		50.000	0.002	0.100
Transporte	viaje		0.010	6.000	0.060
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		1%	0.78	0.01
Maquina de triturado	hm		0.020	3.000	0.060

*Fuente: Elaboración propia*

Antes de hacer los análisis de costos unitarios de las unidades de tierra reforzada, se hizo un análisis para saber el costo aproximado que tendría el ladrillo de arcilla triturado, como se sabe este material será recogido de los RCD por lo cual se gastaría en mano de obra, transporte y trituración, obteniendo como un valor aproximado de S/.0.97.

Tabla 39: A.C.U de las U.T.R convencional

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
<b>PARTIDA :</b> FABRICACIÓN DE UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CONVENCIONAL					
<b>Rendimiento:</b>	300 und/día			Costo Unitario S/.	<b>0.53</b>
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	0.50	0.027	21.68	0.29
<b>Materiales</b>					
Arcilla	Kg		9.000	0.015	0.135
Agua	Lt		0.050	0.001	0.000
Pajilla	Kg		0.100	1.000	0.100
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	0.29	0.01

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 40: A.C.U de las U.T.R +10% de ladrillo de arcilla triturado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
<b>PARTIDA :</b> FABRICACIÓN DE UNIDAD DE TIERRA REFORZADA + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA TRITURADO					
<b>Rendimiento:</b>	300 und/día			Costo Unitario S/.	<b>0.70</b>
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	0.50	0.027	21.68	0.29
<b>Materiales</b>					
Arcilla	Kg		9.000	0.010	0.090
Agua	Lt		0.050	0.001	0.000
Pajilla	Kg		0.100	1.000	0.100
Ladrillo (triturado)	Kg		0.210	1.013	0.213
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	0.29	0.01

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 39 se puede apreciar que el costo por unidad de tierra reforzada convencional es de S/.0.53 aproximadamente, siendo este la base a comparar en cuanto aumentara el costo al ser adicionado el ladrillo de arcilla triturado. A comparación de la tabla 40 el costo por unidad de tierra reforzada + 10% de ladrillo de arcilla triturado es de S/.0.73.

*Tabla 41: A.C.U por millar de U.T.R tradicional*

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA : FABRICACIÓN DE MUROS DE U.T.R TRADICIONAL EN MILLAR					
Rendimiento:	millar /día			Costo Millar S/.	<b>447.51</b>
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	1.00	8.000	21.68	173.44
Peón	hh	1.00	8.000	19.62	156.96
<b>Materiales</b>					
Arcilla	m3		9.000	5.000	45.000
Agua	Lt		1.110	20.000	22.200
Pajilla	bls		4.000	10.000	40.000
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	330.40	9.91

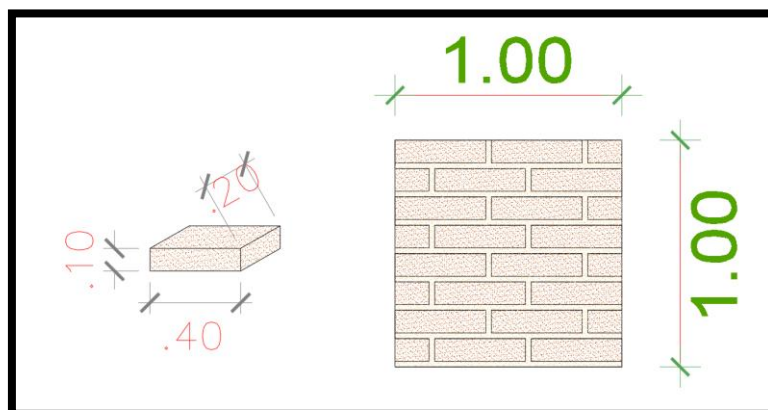
*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 42: A.C.U por millar de U.T.R +10% de ladrillo de arcilla triturado*

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA : FABRICACIÓN DE MUROS DE U.T.R +10% DE LADRILLO TRITURADO EN MILLAR					
Rendimiento:	millar /día			Costo Millar S/.	<b>627.84</b>
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	1.00	8.000	21.68	173.44
Peón	hh	1.00	8.000	19.62	156.96
<b>Materiales</b>					
Arcilla	m3		8.000	5.000	40.000
Agua	Lt		1.000	20.000	20.000
Pajilla	bls		2.500	10.000	25.000
Ladrillo triurado	kg		200.000	1.013	202.530
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	330.40	9.91

*Fuente: Elaboración propia*

Ilustración 76: U.T.R de 10x20x40 para costo por m2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: A.C.U de fabricación de U.T.R tradicional por m2

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA : FABRICACIÓN DE MUROS DE U.T.R TRADICIONAL EN M2					
Rendimiento:	6 m2/día			Costo M2 S/.	67.37
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	1.00	1.333	21.68	28.91
Peón	hh	1.00	1.333	19.62	26.16
<b>Materiales</b>					
U.T.R convencional	und		20.000	0.533	10.656
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	55.07	1.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: A.C.U de fabricación de U.T.R +10% de ladrillo triturado por m2

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA : FABRICACIÓN DE MUROS DE U.T.R + 10% DE LADRILLO TRITURADO EN M2					
Rendimiento:	6 m2/día			Costo M2 S/.	70.73
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	1.00	1.333	21.68	28.91
Peón	hh	1.00	1.333	19.62	26.16
<b>Materiales</b>					
U.T.R convencional	und		20.000	0.700	14.009
<b>Equipos y/o Herramientas</b>					
Herramientas Manuales	% mo		3%	55.07	1.65

Fuente: Elaboración propia

Como se puede evidenciar en la tabla 43 y 44 se ha detallado el análisis de costo unitario de ambos tipos de unidades de tierra reforzada de dimensiones de 10x20x40 para una construcción de muros por m2.

*Tabla 45: Resumen de Partidas de costos*

	UND	METRADO	COSTO	PARCIAL
<b>Fabricación de U.T.R</b>				
U.T.R tradicional	und	1.00	0.53	0.53
U.T.R +10% de ladrillo triturado	und	1.00	0.70	0.70
<b>Fabricación por millar de U.T.R de la vivienda</b>				
Muro con U.T.R tradicional	millar	1.00	447.51	447.51
Muro con U.T.R +10% de ladrillo triturado	millar	1.00	627.84	627.84
<b>Fabricación de Muros de la vivienda</b>				
Muro con U.T.R tradicional	m2	168.69	67.37	11365.39
Muro con U.T.R +10% de ladrillo triturado	m2	168.69	70.73	11931.03

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 46: Resumen de Costos comparativos de los muros de U.T.R para una vivienda*

<b>COSTO TOTAL DE MUROS EN M2 DE LA VIVIENDA</b>		
<i>Fabricación de Muros de la vivienda</i>	<i>COSTO POR M2</i>	<i>INCREMENTO</i>
Vivinda con U.T.R tradicional	S/ 11,365.39	0.00%
Vivinda con U.T.R tradicional +10% de ladrillo triturado	S/ 11,931.03	4.98%

*Fuente: Elaboración propia*

Teniendo los costos por partida, se ha enfocado solo en conocer el precio de los muros de la vivienda presentada, ya que es la que va a diferir dependiendo de la U.T.R, se puede evidenciar en la tabla 46 los resultados del análisis económico donde el incremento es de un 8.16% al usar el 10% de ladrillo de arcilla triturada, si bien es un porcentaje un poco considerable, se debe entender que al no existir empresas que puedan aprovechar los RCD hace que estos costos se vean un poco elevados por el factor transporte y mano de obra.

## Conclusiones

- A partir de los ensayos in situ y de laboratorio se pudo hacer la caracterización del suelo que se usó para esta investigación, donde se puede evidenciar que el suelo tiene una clasificación SUCS (Clasificación de Suelos Unificado) de CL que indica que es un suelo de baja plasticidad lo que lo hace apto para ser usado en la fabricación de las unidades de tierra reforzada (U.T.R). Asimismo, se logró determinar la composición de este suelo el cual tiene un 95.4% arcilla, 4.5% arena y 0.1 arena. Por ello se verificó que las muestras cumplan con los parámetros de resistencia establecidos por la norma E.080.
- Con respecto a la adición para nuestra investigación se tuvo como base el Decreto Supremo N°019-2016-VIVIENDA, donde se indica que este tipo de RCD (Residuos de Construcción y Demolición) se puede reutilizar para otros fines, en este caso como una adición para la mejora de las propiedades de las unidades de tierra reforzada siendo caracterizada en laboratorio donde se procesó y se separó por porcentajes para los ensayos mecánicos y físicos.
- En relación con las propiedades mecánicas se realizó los ensayos a compresión tanto en pilas como en cubos donde se concluye que al adicionar el ladrillo de arcilla triturada mejora la resistencia con una diferencia estadísticamente significativa, donde se pudo apreciar que el 10% de adición tuvo el mejor resultado, obteniendo 14.46 Kgf/cm<sup>2</sup> a comparación de la muestra patrón de 10.6 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- Otro de los ensayos realizados para las propiedades mecánicas fueron los de Tracción en las cuales obtuvimos buenos resultados con el 10% al igual que pasó con el ensayo a compresión, concluyendo así que este porcentaje es el óptimo para mejorar las propiedades mecánicas de las unidades de tierra reforzada debido a que es el que mejor se comporta ante una fuerza externa
- El esfuerzo admisible que logró el mortero a través del ensayo a tracción del mortero fue mejor que lo indicado en la norma E.080, concluyendo así que no se necesita mejorar el mortero con la adición ya que se obtuvo un buen resultado en general.
- Al evaluar las propiedades físicas de las unidades de tierra reforzada se pudo concluir que con respecto a la absorción este material no es el mejor resistiendo ante el agua aun así adicionando el ladrillo de arcilla triturado, por otro lado se pudo apreciar que el porcentaje que menos succión tuvo fue el del 10% al igual que en la variación dimensional siendo el 15% y el 10% los que mejores resultados dieron, concluyendo así que quizás esta adición no es la que mejores resultados obtuvo para mejorar las

propiedades físicas pero aun así se pudo apreciar que si hubo mejoras con respecto a la muestra patrón.

- En tanto al análisis económico se pudo evidenciar que al adicionar el porcentaje optimo que es el 10% hubo un incremento en los costos del 4.98% con respecto a las unidades de tierra reforzada tradicional, concluyendo que esto se debe al costo adicional que se tiene al procesar el ladrillo recogido del RCD, el transporte y mano de obra para el triturado de este, cabe resaltar que a pesar de su aumento económico este trae beneficios ya que está demostrado que sí mejora las propiedades físico-mecánicas de las U.T.R.
- Los resultados obtenidos a partir de los ensayos, tanto para las propiedades físicas como mecánicas se pudo llegar a la conclusión que la hipótesis que se planteó es correcta, afirmando así que las propiedades de las unidades de tierra reforzada mejoraron al adicionarle ladrillo de arcilla triturado, mejorando no solo en las propiedades mecánicas si no también en parte las propiedades físicas, llegando a ser el 10% el porcentaje optimo según los resultados obtenidos a partir de cada ensayo.

## Recomendaciones

- Se recomienda que antes de ensayar un suelo se investigue con anterioridad que lugares pueden dar buenos resultados al hacer los ensayos in situ, con el fin de ahorrar tiempo al tener que buscar otro lugar por si no cumple lo normado.
- Se sugiere que, con respecto a la adición, se use solo el material que pasa por la malla N°200 ya que se pudo observar que las partículas de la malla N°10 se encontraban incrustadas en las unidades de tierra reforzada, pudiendo afectar a la adherencia con el mortero.
- Con base a los resultados obtenidos por los ensayos físicos es recomendable en futuras investigaciones adicionarle un material que pueda ayudar a mejorar la resistencia al agua, ya que como se evidenció en los resultados esta no resiste ante la exposición al agua.
- Tener en cuenta que al momento de hacer el molde se incremente unos centímetros más en la altura, debido al asentamiento del material que sufre durante el secado, y así evitar mucho porcentaje de variación dimensional.
- Se recomienda incentivar a futuras investigaciones a seguir aprovechando el material proveniente de RCD debido a que no hay una empresa que se haga cargo de reutilizar dichos materiales, pudiendo así contribuir con el medio ambiente.

## Referencias

- [1] H. Rivera Salcedo, O. M. Valderrama Gutiérrez, Á. A. Daza Barrera y G. S. Plazas Jaimes, «Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia),» *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, vol. 23, n° 1, p. 12, 2021.
- [2] M. Á. Ospina García, S. B. Chaves Pabón, L. Á. Moreno Anselmí, L. Patarroyo Arias y M. R. Pérez Castro, «Analysis of Physical and Mechanical Properties of Mud Brick Enhanced with Asphalt Recycling,» *INGE CUC*, vol. 16, n° 2, p. 18, 2020.
- [3] INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/>. [Último acceso: 3 Noviembre 2022].
- [4] G. Servigon Ruiz, INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CALIDAD DE VIDA HUMANA Y AMBIENTAL EN EL DISTRITO DE FERREÑAFE 2020, Chiclayo, 2021.
- [5] M. R. Herrera Quispe, «Residuos de la construcción y demolición en el litoral marino de Lima Metropolitana (Perú): recomendaciones para su adecuada gestión,» *South Sustainability*, vol. 3, n° 1, p. 4, 2022.
- [6] I. Ó. Bazán Garay, CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN DE LIMA Y CALLAO (ESTUDIO DE CASO), Lima: PUCP, 2018.
- [7] M. Zeng, H. Huang y X. Zhang , «Experiment on the Performance of Recycled Powder of Construction Waste on Adobe Materials,» *Buildings*, vol. 13, n° 1358, p. 13, 2023.
- [8] S. Haj Ismail y M. C. Yılmaz, «Innovative Adobe Made of Recycled Rubble: Environmental Material for Rural Buildings,» *SETSCI Conference Indexing System*, vol. 3, p. 4, 2018.
- [9] J. Xiaoa, B. Meiyang, Q. Gao y S. Jianyu , «Utilization of construction spoil and recycled powder in fired bricks,» *Case Studies in Construction Materials* , vol. 18, n° 02024, p. 14, 2023.
- [10] C. V. Vilcas Painado, Comparación de los resultados de ensayos físico-mecánicos realizados a bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición en Sudamérica, Huancayo: Universidad Continental, 2019.

- [11] L. R. Antinori Ortiz, RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON REEMPLAZO DE CERÁMICA TRITURADA, Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018.
- [12] L. M. Hans Wilcmar, Análisis de las propiedades físico mecánicas del Adobe con incorporación de agregados reciclados en la Ciudad de Juliaca, Puno: Universidad César Vallejo, 2022.
- [13] P. A. Segura Sanchez, Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022, Chiclayo: USAT, 2023.
- [14] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, «Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada,» *El Peruano*, p. 24, 07 Abril 2017.
- [15] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma E 0.70 Albañilería,» *El Peruano*, p. 318334, 08 Mayo 2006.
- [16] J. A. Becerra Duitama, Conceptos Básicos de Materiales de Ingeniería, Tunja: Fundación Universitaria Juan de Castellanos, 2019.
- [17] J. C. Del Caño Sanchez, Apuntes para una breve introducción a la Resistencia de Materiales y temas relacionados, Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales, 2012.
- [18] Norma Técnica Peruana, NTP 399.613 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, Lima: INDECOPI, 2005.
- [19] Norma Técnica Peruana, NTP 339.127. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, Lima: INACAL, 1999.
- [20] N. T. Peruana, NTP 339.128: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico, Lima, 1999.
- [21] Norma Técnica Peruana, NTP 339.129. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, Lima: INACAL, 1999.
- [22] Norma Técnica Peruana, NTP 339.131 SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo, Lima: INACAL, 1999.
- [23] Norma Técnica Peruana, NTP 339.604:UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, Lima: INACAL, 2002.
- [24] M. A. Borja Suarez, Metodología de la investigación para ingenieros, Chiclayo, 2012.

[25] Presidencia de la República del Perú, DECRETO SUPREMO N° 019-2016-VIVIENDA, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2016.

[26] Norma Técnica Peruana, NTP 339.128: SUELOS.Método de ensayo para el análisis granulométrico, Lima: INACAL, 1999.

**Anexos**

## Anexo 1 – panel fotográfico

Foto 1: Construcción de viviendas de U.T.R en Chiclayo



Fuente: propia

Foto 2: Viviendas de U.T.R en distritos de Chiclayo



Fuente: propia

Foto 3: Residuos de ladrillos de arcilla



Fuente: propia

Foto 4: Recolección y trituración de la adición





Fuente: propia

Foto 5: Muestra de suelo



Fuente: propia

Foto 6: Ensayos para la muestra de suelo



Fuente: propia

Foto 7: Fabricación de las U.T.R



Fuente: propia

Foto 8: Ensayos a compresión de las U.T.R



Fuente: propia

Foto 9: Ensayos a Tracción de las U.T.R



Fuente: propia

Foto 10: Ensayo de succión de las U.T.R



Fuente: propia

Foto 11: Ensayo de Absorción de las U.T.R



Fuente: propia

Foto 12: Ensayo de Variación Dimensional de las U.T.R



Fuente: propia

## Anexo 2 – Ensayos



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



**Tesista** : Daniel Angel Oñden Rivera  
**Faculta:** INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
**Tesis.** : " Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado"  
**Lugar** : Chiclayo - Lambayeque  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, Octubre del 2022  
**Ensayo** : Contenido de humedad  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.127

I.- Datos		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200						
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1090.4						
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0						
D.- Contenido de humedad	(%)	10.05						



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : "Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado"  
 Lugar : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )-Material que pasa la malla N° 4  
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03	C-4	C-5	C-6
1. N° de fiola	F-2					
2. Peso de la fiola	g. 89.91					
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g. 50.0					
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiol (2+3)	g. 139.9					
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g. 369.6					
6. Peso de la fiola + peso de agua	g. 339.2					
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ ) $(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.547					

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.





Tesista : Daniel Angel Olden Rivera  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : "Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado"  
 Lugar : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 1 de diciembre del 2023

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

Tierra: JLO

Muestra: M-1

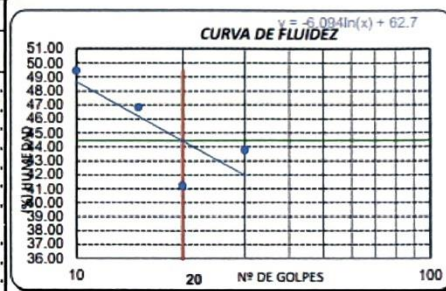
Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.1	98.9
N° 20	0.850	2.3	97.7
N° 50	0.300	4.8	95.2
N° 100	0.150	7.1	92.9
N° 200	0.075	9.0	91.0

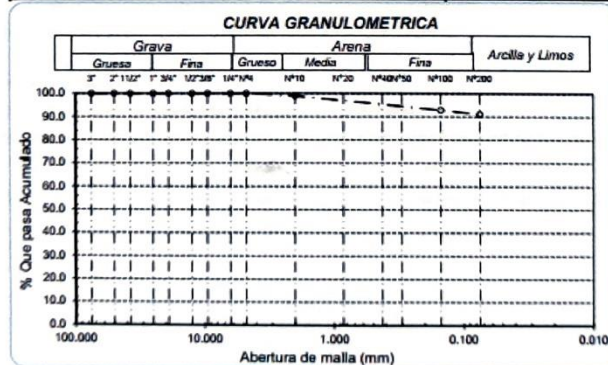
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
% Arena	A.G. %	1.1	98.9
	A.M. %	5.0	93.9
	A.F. %	6.1	93.9
% Arcilla y Limo		9.0	91.0
Total		9.0	91.0

Contenido de Humedad	
	10.1



Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	44.44 (%)
Límite Plástico (LP)	22.72 (%)
Índice Plástico (IP)	21.73 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	
Descripción	Suelo Arcilloso



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
**USAT**  
  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión en cubos.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F' <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	104	1042	10.0
02	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	94	1089	11.6
03	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	97	1120	11.5
04	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	101	926	9.2
<b>Promedio</b>				<b>10.6</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Henry  
Rivadenebra  
Obitas  
Tec. Laboratorio  
USAT



USAT  
Universidad Católica  
Lambayeque



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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión en cubos.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	102	1376	13.5
02	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	100	1394	14.0
03	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	99	1392	14.1
04	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	100	1356	13.5
Promedio				13.8

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión en cubos.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (ka/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	100	1405	14.1
02	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	101	1393	13.8
03	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	101	1348	13.4
04	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	105	1746	16.6

Promedio	14.5
----------	------

**NOTA:**

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión en cubos.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (ka/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	99	1282	13.0
02	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	96	1241	13.0
03	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	100	1228	12.3
04	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	92	1289	14.0
<b>Promedio</b>				<b>13.1</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo a Tracción de cilindros.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	399	825	1.32
02	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	404	880	1.39
03	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	407	813	1.27
04	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	396	841	1.35
<b>Promedio</b>				<b>1.33</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo a Tracción de cilindros.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	400	944	1.50
02	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	417	998	1.52
03	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	419	981	1.49
04	Unidad de T.R + 5% De Ladrillo de Arcilla Triturado	407	880	1.38
<b>Promedio</b>				<b>1.47</b>

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  


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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo a Tracción de cilindros.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	408	1044	1.63
02	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	402	1060	1.68
03	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	410	811	1.26
04	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	399	1141	1.82

Promedio	1.60
----------	------

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
 Universidad Católica Santa Teresita de Magisterio

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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo a Tracción de cilindros.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	394	920	1.49
02	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	387	883	1.45
03	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	420	1135	1.72
04	Unidad de T.R + 15% De Ladrillo de Arcilla Triturado	394	897	1.45

Promedio	1.53
----------	------

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 25/10/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 TEG. Laboratorio USAT  
 Universidad Católica  
 Lima - Perú 18114

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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión de muretes.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	175	2017	11.5
02	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	177	2132	12.1
03	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	176	2140	12.2
04	Unidad de T.R + 0% De Ladrillo de Arcilla Triturado	177	2029	11.5

Promedio	11.8
----------	------

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 30/11/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de compresión de muretes.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	177	2276	12.9
02	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	175	2325	13.3
03	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	176	2409	13.7
04	Unidad de T.R + 10% De Ladrillo de Arcilla Triturado	177	2283	12.9

Promedio	13.2
----------	------

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 30/11/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Henry Rivadeneira Obillas  
 Tec. Laboratorio USAT

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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : Ensayo de Mortero a Tracción.  
 REFERENCIA : NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Mortero de Tierra Reforzada	177	216	0.6
02	Mortero de Tierra Reforzada	175	156	0.4
03	Mortero de Tierra Reforzada	173	90	0.3
04	Mortero de Tierra Reforzada	177	96	0.3

Promedio	0.4
----------	-----

## NOTA:

- Ensayo realizado en base a la Norma E.080

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 30/11/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Henry Rivadueyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
 USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20460781334  
Email: lemswyc@l@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 3004A\_24/ LEMS W&C  
Solicitante : Daniel Angel Oviden Rivera

Proyecto / Obra : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado

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

Fecha de Apertura : Martes, 30 de abril del 2024  
Inicio de ensayo : Martes, 30 de abril del 2024  
Fin de ensayo : Martes, 30 de abril del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	P kgf	f <sub>t</sub> kg/cm <sup>2</sup>	V <sub>m</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	207.00	0.25	0.10
02	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	226.00	0.28	0.11
03	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	223.00	0.27	0.11
04	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	203.00	0.25	0.10
05	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	202.00	0.25	0.10
06	MURETE-ADOBE PATRON	02/04/2024	30/04/2024	28	8.5	48.0	52.0	408.00	216.00	0.26	0.11
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.11		(Kg/Cm <sup>2</sup> )

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
USAT  
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246544  
Henry Rivadeneira Obillas  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Niágara



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

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Solicitud de Ensayo : **3004A\_24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : Daniel Angel Oviden Rivera

Proyecto / Obra : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado

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

Fecha de Apertura : Martes, 30 de abril del 2024  
 Inicio de ensayo : Martes, 30 de abril del 2024  
 Fin de ensayo : Martes, 30 de abril del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm2	P kgf	f <sub>t</sub> kg/cm2	V <sub>m</sub> kg/cm2
01	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	245.00	0.32	0.13
02	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	333.00	0.43	0.17
03	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	334.00	0.43	0.17
04	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	307.00	0.40	0.16
05	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	311.00	0.40	0.16
06	MURETE ADOBE PATRON + 10% DE LADRILLO DE ARCILLA	02/04/2024	30/04/2024	28	8.0	48.0	52.0	384.00	253.00	0.33	0.13
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.17		(Kg/Cm2)

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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

LEMS W&C EIRL.  
  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP/ 246604

Henry Ribadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
  
 USAT Universidad Católica de Lima



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

### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 20 de mayo del 2024

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado”.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Daniel Ángel Oliden Rivera identificado con DNI N° 70030871 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado “Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta. NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada (12)

Atentamente.





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo</p> <p>    Capacidad</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    Procedencia</p> <p>    Identificación</p> <p>    Indicación</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    Resolución</p> <p>    Ubicación</p> <p>5. Fecha de Calibración</p>	<p>1912-2023</p> <p><b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b></p> <p>CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE</p> <p><b>PRENSA DE MURETES</b></p> <p>20000 kgf</p> <p>NO INDICA</p> <p>NO INDICA</p> <p>NO INDICA</p> <p>PERÚ</p> <p>LF-057</p> <p>DIGITAL</p> <p>HIGH WEIGHT</p> <p>315A</p> <p>NO INDICA</p> <p>10 kgf</p> <p>NO INDICA</p> <p>2023-03-01</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
---	--	--



TECNICO DE CALIBRACION



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-03-02

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perufest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.1 °C	26.1 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR



TECNICO DE LABORATORIO

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-005 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 093-23 (B)
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Henry  
Rivadeneira  
Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perufest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



## PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

#### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	2000	1990	2000	2000	1996
20	4000	4001	4021	4001	4008
30	6000	6042	6042	6042	6042
40	8000	8044	8044	8044	8044
50	10000	10046	10046	10046	10046
60	12000	12048	12048	12048	12048
70	14000	14050	14050	14050	14050
80	16000	16052	16052	16052	16052
90	18000	18054	18054	18054	18054
100	20000	20057	20057	20057	20057
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	



Indicación del Equipo $F_i$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
2000	0.39	0.50	1.00	0.50	0.66
4000	0.36	0.50	2.56	0.25	1.20
6000	-0.35	0.00	1.41	0.17	0.79
8000	-0.27	0.00	1.10	0.13	0.65
10000	-0.23	0.00	0.91	0.10	0.57
12000	-0.20	0.00	0.79	0.08	0.52
14000	-0.18	0.00	0.71	0.07	0.49
16000	-0.16	0.00	0.65	0.06	0.47
18000	-0.15	0.00	0.60	0.06	0.46
20000	-0.14	0.00	0.57	0.05	0.44

TÉCNICO DE LABORATORIO  
Heidy  
Rivadeneira  
Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.60 %



#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📍 PERUTEST SAC



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



Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2192	2274	-3.6
02	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2300	2346	-2.0
03	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2268	2304	-1.6
04	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2314	2378	-2.7
05	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2302	2366	-2.7

Promedio	-2.5
----------	------

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 2 MIN. DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- La inmersión se hará por 2 minutos, ya que a las 24 horas la muestra queda desecha.
- El valor negativo indica que en vez de absorber agua, este pierde material al ser sumergido.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tco. Laboratorio USAT  

 Universidad Católica  
 Lambayeque

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

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2385	2442	-2.3
02	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2473	2544	-2.8
03	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2373	2450	-3.1
04	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2388	2467	-3.2
05	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2419	2488	-2.8

Promedio	-2.8
----------	------

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 2 MIN. DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- La inmersión se hará por 2 minutos, ya que a las 24 horas la muestra queda desecha.
- El valor negativo indica que en vez de absorber agua, este pierde material al ser sumergido.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



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



Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2430	2469	-1.6
02	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2513	2534	-0.8
03	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2435	2506	-2.8
04	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2466	2539	-2.9
05	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2364	2479	-4.6

Promedio	-2.6
----------	------

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 2 MIN. DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- La inmersión se hará por 2 minutos, ya que a las 24 horas la muestra queda desecha.
- El valor negativo indica que en vez de absorber agua, este pierde material al ser sumergido.



Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



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



Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2455	2519	-2.5
02	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2406	2528	-4.8
03	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2473	2558	-3.3
04	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2412	2478	-2.7
05	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2378	2476	-4.0
<b>Promedio</b>				<b>-3.5</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 2 MIN. DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- La inmersión se hará por 2 minutos, ya que a las 24 horas la muestra queda desecha.
- El valor negativo indica que en vez de absorber agua, este pierde material al ser sumergido.



Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

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

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Succión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2278	2270	8.6
02	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2318	2311	7.5
03	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2322	2325	-3.2
04	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2312	2308	4.2
05	Unidad de T.R + 0% de Ladrillo de arcilla triturado	2320	2317	3.2
<b>Promedio</b>				<b>4.3</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO PARCIALMENTE DE 1 MIN. EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- El valor negativo indica que en vez de succionar agua, este pierde material al ser sumergido.



*Henry Rivadeneyra Oblitas*  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
**USAT**  
 Universidad Católica  
 Lambayeque de Mugrovejo

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



Tesista : Daniel Angel Olliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Succión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2462	2462	0.0
02	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2450	2444	6.5
03	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2514	2508	6.4
04	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2460	2460	0.0
05	Unidad de T.R + 5% de Ladrillo de arcilla triturado	2514	2516	-2.2

Promedio	<b>2.3</b>
----------	------------

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO PARCIALMENTE DE 1 MIN. EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- El valor negativo indica que en vez de succionar agua, este pierde material al ser sumergido.



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



Tesista : Daniel Angel Oviden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Succión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2486	2484	2.2
02	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2558	2558	0.0
03	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2470	2470	0.0
04	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2592	2590	2.2
05	Unidad de T.R + 10% de Ladrillo de arcilla triturado	2550	2552	-2.2
<b>Promedio</b>				<b>0.5</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO PARCIALMENTE DE 1 MIN. EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- El valor negativo indica que en vez de succionar agua, este pierde material al ser sumergido.



  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tico. Laboratorio USAT  


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

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Succión  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2462	2464	-2.3
02	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2506	2510	-4.7
03	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2518	2522	-4.7
04	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2568	2570	-2.3
05	Unidad de T.R + 15% de Ladrillo de arcilla triturado	2464	2468	-4.6
<b>Promedio</b>				<b>-4.3</b>

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO PARCIALMENTE DE 1 MIN. EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de tierra reforzada realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
- El valor negativo indica que en vez de succionar agua, este pierde material al ser sumergido.



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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Tipo de material: "Unidades de Tierra reforzada"

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Unidad + 0% de ladrillo de arcilla triturada	192.10	94.90	89.80
02		192.10	95.40	89.90
03		192.60	96.00	92.10
04		191.50	94.80	93.10
05		192.30	96.10	94.00
PROMEDIO		192.15	95.52	92.17
C.V.		0.19%	0.60%	2.10%

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



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

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Tipo de material: "Unidades de Tierra reforzada"

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Unidad + 5% de ladrillo de arcilla triturada	184.80	91.00	86.30
02		185.90	91.10	88.10
03		185.50	91.90	86.40
04		186.90	92.30	84.90
05		186.60	92.50	85.50
PROMEDIO		<b>185.77</b>	<b>91.88</b>	<b>86.02</b>
C.V.		<b>0.47%</b>	<b>0.74%</b>	<b>1.41%</b>

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



*Henry Rivadeneyra Oblitas*  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tc. Laboratorio USAT  
**USAT**  
 Universidad Católica  
 Santo Toribio de Morúa

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



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Oliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Tipo de material: "Unidades de Tierra reforzada"

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Unidad + 10% de ladrillo de arcilla triturada	189.40	92.90	84.60
02		185.50	93.30	87.50
03		186.60	92.80	86.80
04		188.00	93.40	87.90
05		186.30	91.40	88.40
PROMEDIO		<b>187.12</b>	<b>92.52</b>	<b>87.28</b>
C.V.		<b>0.74%</b>	<b>1.01%</b>	<b>1.67%</b>

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL SACRAMENTO DE PERÚ  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Daniel Angel Olliden Rivera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado  
 Ubicación : Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 1 de Diciembre del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Tipo de material: "Unidades de Tierra reforzada"

Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Unidad + 15% de ladrillo de arcilla triturada	188.30	93.00	86.40
02		187.00	96.50	85.00
03		187.80	92.90	85.80
04		188.80	92.60	87.00
05		186.40	92.30	86.30
PROMEDIO		187.72	93.85	85.72
C.V.		0.47%	1.93%	1.35%

## OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  




**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 020-2024-I

FECHA: 20 de Mayo 2024

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Daniel Angel Oliden Rivera

**TITULO DE LA TESIS:** Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de tierra reforzada convencional con la adición de ladrillo de arcilla triturado

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Granulometría
- Peso volumétrico
- Peso específico
- Compresión
- Tracción
- Succión
- Absorción
- Variación Dimensional

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

