



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación - RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **SEGURA GAMARRA IRWIN FLORENCIO**

Código de alumno: 102.0904.348

Teléfono: 938171690

Correo electrónico: [sgif23@gmail.com](mailto:sgif23@gmail.com)

DNI o Extranjería: 72620188

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES  
DE ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA  
URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018."**

**5. Facultad de: INGENIERÍA CIVIL**

**6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA CIVIL**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: DEPAZ BLÁCIDO RICHARD ALBERTO

Teléfono: 994538887

Correo electrónico: [rdepazb@unasam.edu.pe](mailto:rdepazb@unasam.edu.pe)

DNI o Extranjería: 31671951

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: .....

D.N.I.: 72620188

FECHA:

09 / 12 / 20



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**Escuela académico profesional de Ingeniería Civil**

**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A  
COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES DE  
ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN  
DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA  
URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018.**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
IRWIN FLORENCIO SEGURA GAMARRA**

**Asesor:  
ING. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLACIDO**

**Huaraz – Ancash – Perú  
2020**



## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis, en primer lugar, a mis padres, por su constante apoyo y quehacer durante toda mi carrera, a mis hermanas, a mis amigos y todas las personas que me han acompañado durante mi formación Universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a mi asesor, el ingeniero Richard Depaz, gracias por las horas prestadas desde la concepción y durante la elaboración de la presente tesis.

También agradecer al Ingeniero Fernando Arias, por sus sugerencias y experiencia en esta línea de investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	xii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	13
1.1. SITUACION PROBLEMÁTICA	13
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	13
1.3. JUSTIFICACION	13
1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES	14
1.4.1. HIPOTESIS	14
1.4.2. VARIABLES	14
1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS	14
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	16
1.6.1. GENERAL	16
1.6.2. ESPECÍFICOS	16
CAPITULO II. MARCO TEORICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	17
2.2. ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN CON ADOBE	18
2.3. BASES TEORICAS.	32
2.4. MÉTODOS DE ENSAYO	44
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.2. LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.3. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.4. MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS	52
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS	53
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION	55
4.1. Resistencia a compresión de las unidades de adobe compactado	55
4.2. Resistencia a tracción de las unidades de adobe compactado	64
4.3. Longitud óptima con la inclusión de fibras de plástico.	70
4.4. Resistencia a compresión de Pilas.	76
4.5. Resistencia a compresión diagonal en muretes	77
4.6. Contrastación de Hipótesis	79
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	89
ANEXOS	92
ANEXO A: ENSAYOS DEL SUELO	93
ANEXO B: FABRICACIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM	96
ANEXO C: ELABORACIÓN DE UNIDADES	98
ANEXO D: ELABORACIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO	100
ANEXO E: ENSAYO DE UNIDADES A COMPRESIÓN	102
ANEXO F: ENSAYO DE UNIDADES A TRACCIÓN	104
ANEXO G: ENSAYO DE COMPRESIÓN A PILAS	106
ANEXO H: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables .....	14
Tabla 2. Ubicación de los lugares visitados.....	19
Tabla 3. Características de las unidades analizadas .....	20
Tabla 4 Resultados de los ensayos de adobe.....	20
Tabla 5 Resultados de la resistencia a la compresión de las unidades.....	22
Tabla 6 Resultados de la resistencia a la compresión de la albañilería.....	22
Tabla 7 Resultados de la resistencia al corte de la albañilería.....	23
Tabla 8 Cantidades de fibra para cada adobe rectangular.....	24
Tabla 9 Cantidades de fibra para cada adobe cúbico.....	24
Tabla 10 Resistencia a compresión bloques de adobe tradicional.....	25
Tabla 11 Resistencia a compresión bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de caucho.....	25
Tabla 12 Resistencia a compresión bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de viruta.....	26
Tabla 13 Resistencia a flexión de bloques de adobe tradicional.....	26
Tabla 14 Resistencia a flexión de bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de caucho.....	27
Tabla 15 Resistencia a flexión de bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de viruta.....	27
Tabla 16 Ensayo de compresión simple – muestra sin estabilizante 15, 25 y 32 días de secado.....	28
Tabla 17 Ensayo de compresión simple – muestra cáscara de arroz (3%) 15, 25 y 32 días de secado.....	29
Tabla 18 Ensayo de Compresión Simple – muestra cáscara de arroz (6%) 15, 25 y 32 días.....	29
Tabla 19 Ensayo de compresión simple – muestra cáscara de arroz (10%) 15, 25 y 32 días.....	30
Tabla 20 Ensayo de compresión simple –Muestra con cloruro de sodio (3%) + cal (2%) 25 y 32 días.....	31
Tabla 21 Ensayo de compresión simple –cloruro de sodio (6%) + cal (2%) 32 días.....	31
Tabla 22 Comparación del sistema tradicional versus sistema propuesto.....	39
Tabla 23 Propiedades físicas y mecánicas del plástico.....	41
Tabla 24 Número de unidades para determinar la resistencia a compresión y tracción.....	51
Tabla 25 Número de unidades para determinar la resistencia a compresión de pilas y compresión diagonal de muretes.....	51
Tabla 26 Presupuesto de elaboración de las tesis.....	53
Tabla 27 Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	56
Tabla 28 Resistencia a la compresión para unidades sin la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	56
Tabla 29 Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 10x10cm.....	57



Tabla 30 Resistencia a la compresión para unidades sin la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 10x10cm.....	57
Tabla 31 Resistencia a la compresión corregida para unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	58
Tabla 32 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	58
Tabla 33 Resistencia a la compresión para unidades con la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	58
Tabla 34 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 10x10cm.....	59
Tabla 35 Resistencia a la compresión para unidades con la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 10x10cm.....	59
Tabla 36 Resistencia a la compresión corregida para unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.....	60
Tabla 37 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23 cm de longitud.....	60
Tabla 38 Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23.0 cm de longitud.....	61
Tabla 39 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.....	61
Tabla 40 Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.....	62
Tabla 41 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.....	62
Tabla 42 Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.....	63
Tabla 43 Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.....	65
Tabla 44. Resistencia a la tracción de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.....	65
Tabla 45. Dimensiones de las unidades elaboradas tradicionalmente.....	65
Tabla 46. Resistencia a la tracción de las unidades elaboradas tradicionalmente ....	66
Tabla 47 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 23 cm de longitud para los ensayos a tracción.....	66
Tabla 48 Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23.0 cm de longitud.....	67
Tabla 49 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 11.5 cm de longitud para los ensayos a tracción.....	67
Tabla 50 Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.....	68
Tabla 51 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 8.0 cm de longitud para los ensayos a tracción.....	68
Tabla 52 Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.....	69
Tabla 53 Resistencia a tracción de la unidad con la inclusión de fibra de plástico óptima.....	70
Tabla 54 Dimensiones de las pilas para los ensayos a compresión .....	76
Tabla 55 Determinación de la esbeltez y el área de las pilas .....	77
Tabla 56 Determinación de la resistencia a compresión en pilas.....	77
Tabla 57 Dimensiones del murete 1 .....	77

Tabla 58 Dimensiones del murete 2.....	78
Tabla 59 Dimensiones del murete 3.....	78
Tabla 60 Compresión diagonal en muretes obtenida $f'_t$ .....	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones del Espécimen Ensayado. ....	21
Figura 2. Unidad de Albañilería.....	22
Figura 3. Esquema de cimentación según normativa.....	36
Figura 4. Límites geométricos de muros y vanos según normativa.....	39
Figura 5. Botellas de plástico de la planta de tratamiento de Póngor. ....	41
Figura 6. Variación de las medias muestrales alrededor de la gran muestra. ....	43
Figura 7. Refrentado de las unidades para el ensayo a compresión de la unidad de adobe compactado de 15x15x10 cm. ....	45
Figura 8. Esquema del ensayo a tracción de la unidad de adobe compactado por el método de la viga simple cargada en el punto central. ....	46
Figura 9. Esquema del ensayo de compresión del murete (pila) de adobe compactado .....	47
Figura 10. Esquema del ensayo de compresión diagonal del murete de adobe compactado .....	49
Figura 11. Máquina CINVA RAM para fabricar adobes compactado.....	54
Figura 12. Dimensiones de la unidad de adobe.....	56
Figura 13. Resistencia a compresión promedio por longitud y porcentaje de fibra de plástico. ....	63
Figura 14. Disposición de la máquina de ensayo a tracción por flexión de la unidad de adobe compactado.....	64
Figura 15. Dimensiones de la unidad.....	64
Figura 16. Resistencia a tracción promedio por longitud y porcentaje de fibra de plástico. ....	69
Figura 17. Resultados del análisis de datos a compresión. software STATA.....	70
Figura 18. Comparación de medias por parejas (compresión): esfuerzo vs longitud. ....	71
Figura 19. Comparación de medias por parejas (compresión): esfuerzo vs porcentaje .....	72
Figura 20. Resultados del análisis de datos a tracción. software STATA .....	72
Figura 21. Comparación de medias por parejas (tracción): esfuerzo vs longitud.....	73
Figura 22. Comparación de medias por parejas (tracción): esfuerzo vs porcentaje....	74
Figura 23. Unidades con 1 % de concentración de fibra de plástico .....	75
Figura 24. Disposición de las unidades en la construcción de las pilas.....	76
Figura 25. Disposición de dimensiones del murete .....	78
Figura 26. Gráfico de tiempo vs carga aplicada en muretes .....	79
Figura 27. Contrastación de hipótesis - resistencia a compresión. Software STATA.....	80
Figura 28. Comparación de medias por parejas (contrastación a compresión). esfuerzo vs Porcentaje .....	81
Figura 29. Comparación de medias por parejas (contrastación a compresión). esfuerzo vs longitud.....	81

## RESUMEN

En esta investigación se analiza la resistencia a la compresión y tracción de unidades de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico; con este fin se prepararon las fibras de botellas de gaseosa de diferentes longitudes (8,0cm, 11,5cm y 23,0cm, con 4mm de espesor) que se incluyeron a la tierra en porcentajes en peso de 0,25%, 0,50%, 0,75% o 1,00% para elaborar unidades de adobe compactados de 15x29x10cm con o sin fibras de plástico mediante una máquina adaptada del modelo Cinva-Ram.

La resistencia a la compresión se midió en muestras de 15x15x10cm cortadas de una unidad de adobe. La resistencia a la tracción se obtuvo mediante el método de viga simple cargada en el punto central en unidades completas. También, se realizaron ensayos en pilas y muretes con unidades óptimas a compresión y tracción.

Al comparar las unidades con y sin fibras de plástico, los resultados muestran que: la resistencia a la compresión se incrementa hasta un 17% existiendo alta dispersión por la fragilidad de la unidad; y, la resistencia a la tracción se incrementa hasta un 39% con una notable ductilidad otorgada por la fibra. Además, se obtuvo una resistencia a la compresión de la pila de 10.04 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a compresión diagonal en muretes de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>, presentando en ambos casos una falla por adherencia durante la rotura.

Según el análisis ANOVA la unidad de adobe compactado con inclusión de 8,0cm de longitud y 0.75% de porcentaje de fibras de plástico presenta la resistencia óptima a compresión y tracción. Así mismo, el porcentaje de fibras es el indicador significativo que modifica las variables dependientes, y la longitud de la fibra es un indicador no significativo.

Palabras Clave: Adobe compactado, fibra de plástico, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción.

## ABSTRACT

This thesis analyzes the mechanical resistance to compression and traction of adobe units compacted with the inclusion of plastic fibers, during the investigation the adobe units were elaborated using an adapted model of the Cinva-Ram machine.

Regarding the analysis of the plastic fibers, plastic fibers of three different lengths were made: 08.00 cm, 11.50 cm and 23.00 cm, and the thickness worked was 4.00 mm, which were varied in weight percentages of: 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.00%.

The results analyzed after the tests showed that the units analyzed under compression increase their resistance by a maximum of 17% when comparing the compacted adobe units without plastic reinforcement vs the adobe units reinforced with plastic fiber, with a high dispersion due to the fragility of unity. With respect to tensile tests, a maximum increase in strength of 39% is noted when comparing compacted adobe units without plastic reinforcement vs. adobe units reinforced with plastic fiber. It should be noted, in terms of tensile tests, that the plastic fiber gives the compacted adobe unit a notable increase in its ductility, as can be seen in the analysis performed.

For the second part of this thesis, tests were carried out at the battery and wall level based on the compacted adobe unit that presents the optimum compression and tensile strength. The samples that yielded optimal compression and tensile results were those of 08.00 cm in length of plastic fiber and 0.75% concentration in fiber weight. This choice was made based on an analysis of Variance and Covariance of the ANOVA linear statistical method.

The results of the tests carried out on piles and walls showed that the batteries obtained a resistance of 10.04 kg/cm<sup>2</sup> and the walls obtained a resistance of 0.25 kg/cm<sup>2</sup>. It should be noted that in both cases the type of failure at the time of breaking is due to adhesion.

Keywords: Adobe compacted, plastic fiber, compressive strength, tensile strength.

## INTRODUCCION

La utilización del adobe data de tiempos remotos debido a la necesidad del hombre en su búsqueda de lograr mejorar su calidad de vivienda y por ende su calidad de vida.

Los sistemas constructivos en tierra han sido empleados considerablemente desde épocas inmemoriales alrededor del planeta, “en casi todos los climas cálidos – secos y templados del mundo, la tierra ha sido un material de construcción predominante” (Minke 2005, p.13). La construcción con adobe en nuestro país se remonta a la época prehispánica. Muchas de esas edificaciones han perdurado en el tiempo, como en el caso de la Ciudadela de Chan Chan, considerada “la ciudad de barro más grande de América”, la Ciudad Sagrada de Caral, “la más antigua de América”, la Fortaleza de Paramonga o el Complejo de Pachacamac. (Dirección Nacional de Construcción 2010, p. 5)

En la Región Ancash, el porcentaje de viviendas construidas empleando el material tierra como principal, ha superado al porcentaje nacional registrado desde hacía varias décadas atrás; aunque la cantidad de viviendas construidas con tierra ha disminuido, todavía se mantiene como una de las principales formas de construcción en la Región. Durante estos periodos, se ha investigado la construcción en adobe desde el punto de vista del proceso constructivo, pero no se ha profundizado en cuantificar la resistencia de las unidades empleadas para la construcción de las viviendas o de proponer mejoras a la elaboración de la unidad de adobe. Por tal razón, se propone analizar la resistencia a compresión y tracción de unidades de adobe compactado de manera que se puedan mejorar las características mecánicas de la unidad de adobe.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1. SITUACION PROBLEMÁTICA**

En el Perú, según el Censo Nacional del año 2017 realizada por el INEI, el porcentaje de viviendas de adobe es de 33.3% hasta finales del año 2016 y durante los últimos años se viene manteniendo este porcentaje en este tipo de edificaciones.

Así mismo, el Perú se encuentra en una zona sísmica, donde según el censo realizado se muestra que el 72.5% de las viviendas en las zonas rurales tienen como material predominante el adobe o tapial.

Frente a esto se requiere el desarrollo de nuevas investigaciones del adobe, no solo del reforzamiento de los muros de adobe, sino en la mejora de la unidad de adobe. Por lo que se plantea como alternativa la fabricación de adobes con otro tratamiento, como el adobe compactado y la inclusión de fibras de plástico como elemento de refuerzo.

### **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la resistencia a compresión y tracción de un adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico?

### **1.3. JUSTIFICACION**

Con la investigación, se pretende aportar a la investigación sobre la construcción con adobe en la región Ancash, ya que esta línea de investigación no se ha desarrollado como en otras regiones del país, siendo escasas las investigaciones en los últimos 20 años. Así mismo, permitirá reciclar un material abundante no biodegradable y emplearlo como refuerzo.

Por otra parte, permitirá a los usuarios de este tipo de construcciones el uso de una alternativa que mejore la resistencia de sus construcciones y ayude a la disminución de la contaminación del ambiente, ya que la cantidad de plástico anual generado en la ciudad de Huaraz supera las 35 toneladas.

## 1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES

### 1.4.1. HIPOTESIS

La unidad de adobe compactado, con la inclusión de fibras de plástico, tendrá una mayor resistencia a la compresión y tracción.

### 1.4.2. VARIABLES

*Tabla 1.*

Operacionalización de Variables

	<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Rango</b>
Independiente	Fibra de plástico	Longitud	8.0; 11.5; 23.0 cm
		Porcentaje	0.25; 0.5; 0.75; 1.0%
Dependiente 1	Resistencia a compresión	Carga	En kg/cm <sup>2</sup>
		Área	Unidad de 0.15x0.15x0.10
Dependiente 2	Resistencia a tracción	Carga	En kg/cm <sup>2</sup>
		Altura	Unidad de 0.15x0.29x0.10
		Ancho	0.15x0.29x0.10

## 1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS

**1.5.1. Fibra de plástico.** – “Son aquellos materiales que, compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear y puede medicar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura” (Gómez 2016)

**1.5.2. Resistencia a compresión.** – “Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión” (Instron 2019)

**1.5.3. Resistencia a Tracción.** - Es la tensión máxima que un material puede soportar mientras se estira o tensiona, que es cuando la sección transversal empieza a contraerse significativamente. (Google 2019)

**1.5.4. Arcilla.** – “Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm)” (RNE E080, 2017)

**1.5.5. Arena Gruesa.** – “Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio” (RNE E080, 2017)

**1.5.6. Prueba de Campo.** – “Ensayo realizado sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos comprobados en laboratorio a través de métodos rigurosos, que permite tomar decisiones de selección de canteras y dosificaciones” (RNE E080, 2017)

**1.5.7. Prueba de Laboratorio.** – “Ensayo de laboratorio que permite conocer las características mecánicas de la tierra, para diseñar y tomar decisiones de ingeniería” (RNE E080, 2017)

**1.5.8. Secado.** – “Proceso de evaporación del agua que existe en la tierra húmeda. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la arcilla y barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción es muy rápida, se producen fisuras” (RNE E080, 2017)

**1.5.9. Tierra.** – “Material de construcción compuesto por cuatro componentes: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa” (RNE E080, 2017)



## **1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.6.1. GENERAL**

Determinar la resistencia a compresión y tracción de un adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico.

### **1.6.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar la resistencia a compresión de la unidad de adobe compactado sin la inclusión de fibras de plástico.
- Determinar la resistencia a compresión de la unidad de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico.
- Determinar la resistencia a tracción de la unidad de adobe compactado sin la inclusión de fibras de plástico.
- Determinar la resistencia a tracción de la unidad de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico.
- Determinar la longitud óptima de fibras de plástico que genera la mayor resistencia a compresión y tracción.
- Determinar la resistencia a compresión de pilas y compresión diagonal de muretes con la unidad de adobe compactado que presente la longitud óptima obtenida.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

#### **Cáceres L.F. (2010,2), plantea:**

El estudio de la unidad de adobe empleada para la restauración y la vivienda social, siendo ambas las modalidades más comunes de la arquitectura de tierra en nuestro país. Es así que el trabajo explora las técnicas y procesos empleados en la fabricación de adobes por los antiguos en monumentos representativos y recoge los resultados más significativos de las distintas investigaciones realizadas, las cuales tuvieron como propósito mejorar la calidad del adobe. Finalmente propone un adobe mejorado (de mayor resistencia y durabilidad), el cual toma como base el "saber hacer" a partir de las experiencias que nos ha dejado nuestro patrimonio edificado en tierra y de las recientes.

Dentro de las metas de la propuesta mejorada de esta tesis se incluye:

- Encontrar proporciones mínimas adecuada de confitillo angular, empleado como agregado en las unidades de adobe, que permitan mejorar la calidad de la unidad de adobe; reflejada en menor retracción, mayores resistencias y mejor comportamiento ante las exigencias físico-mecánicas.
- Demostrar que la forma angular en el confitillo confiere mayor resistencia a la unidad de adobe que la redondeada, dada su mayor superficie de contacto con la arcilla.

#### **Benites, Z.V. (2017, 7), en su tesis plantea:**

La estabilización del adobe para mejorar su desempeño como material de construcción. El objetivo es evaluar la factibilidad de un polímero natural local (Cabuya o *Furcraea andina*) como estabilizador del adobe tradicional y las condiciones necesarias para garantizar su acción estabilizante. Se evaluó la preparación del polímero estabilizante antes de su incorporación al adobe con un proceso de maceración que se prolonga entre 5 a 20 días, fijándose tres tiempos de maceración distintos y evaluándose para cada uno de ellos el desempeño del adobe estabilizado en dos aspectos: la resistencia mecánica a través de resistencia a la compresión y a la

flexión; y la resistencia al agua mediante la prueba del chorro de agua y el ensayo de inmersión. Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión y a la flexión mejoran en un 9.6% y 133.7% respectivamente, mientras que la resistencia a la acción del agua mejora notablemente haciéndolo competitivo con otros materiales estabilizantes con la cal o el cemento.

**Arias, E.F. (2018, x), en su tesis plantea:**

El propósito de la tesis planteada es estudiar y determinar las características elástico resistentes de la albañilería portante en la ciudad de Huaraz. Para el cual se realizó una investigación aplicada, comparativa y cuantitativa de diseño experimental evaluándose el comportamiento elástico resistente de la albañilería ante carga normal y cortante, ya que se analiza mediante ensayos el esfuerzo de la unidad de análisis para su posterior aplicación al diseño de edificaciones. Las unidades de análisis son: unidades, pilas y muretes; las que se somete a ensayos de rotura y caracterización, para un análisis cuantitativo de las resistencias: a compresión  $f'_b$  y tracción  $f'_t$  de la unidad, a compresión de pilas  $f'_m$ , a corte de muretes  $v'_m$  y de las elasticidades  $E_m$  y  $G_m$  mediante una regresión lineal de la curva esfuerzo vs deformación unitaria o distorsión correspondiente en la zona elástica y el valor característico de las muestras y de la población.

## **2.2. ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN CON ADOBE**

Silva L. (1990) analiza las tecnologías de construcción del adobe y del tapial, a nivel de la Región Chavín (actual Región Ancash), investigando para ello el conocimiento de las tecnologías en sus aspectos de proceso constructivo, materiales, herramientas y técnica constructiva, realizando además un muestreo y análisis en el laboratorio del suelo empleado y de las características de las unidades de mampostería. Analizó 48 viviendas correspondientes a ocho poblados, para realizar una evaluación respecto a la tecnología mejorada, complementando con un análisis comparativo económico y de resistencia sísmica de una vivienda de ladrillo, otra de adobe y otra de tapial.

Entre las técnicas más difundidas y de amplio uso en la zona de la Región Ancash, tenemos al adobe y el tapial. Observó que ambas técnicas tienen un radio de

acción específico, el adobe predomina en el callejón de Huaylas y el tapial en el callejón de Conchucos.

Los lugares específicos que visitó para observar y recoger datos sobre el tema de estudio se muestran en la tabla 2.

*Tabla 2.*

Ubicación de los lugares visitados.

Poblado	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia a Huaraz (km)	Población (1981)
Mancos	2575.00	50.70	6398.00
Carhuaz	2688.00	31.00	9558.00
Marcará	2747.00	24.00	6385.00
Taricá	2945.00	18.00	4197.00
Recuay	3422.00	25.00	7629.00
Ticapampa	3556.00	27.00	4278.00
Chavín	3225.00	109.00	9045.00
San Marcos	3050.00	118.00	10260.00
Huari	3160.00	142.30	9871.00
San Luis	3133.00	203.80	10630.00

Fuente: Silva 1990.

El método consiste en buscar la tierra adecuada, que no tenga materiales orgánicos, que no posea muchas piedras y en lo posible que no sea totalmente arcillosa. Se separan las piedras más grandes que un puño y se prepara el barro necesario, con tierra y paja de aproximadamente 10 cm, por lo menos 24 horas antes del moldeo, la cantidad agua aplicada es tal que exceda ligeramente a la saturación.

Luego del reposo de un día, que logra que el agua penetre a nivel de las partículas más finas del material y se obtenga la uniformidad necesaria de la saturación; se procede al batido para uniformizar el contenido de humedad y añadir agua si fuera conveniente. A continuación, se coloca el barro en el molde, que previamente ha sido lavado rápidamente con un trapo y agua. El adobero pisa el barro y lo reparte con la mano en el molde, hasta llenarlo, se iguala y alisa con la mano húmeda. Se desmolda el adobe, dando ligeramente sacudidas al molde, inmediatamente se coloca la gavera para elaborar el adobe siguiente. El tiempo de ejecución promedio es de 1.5 minutos por adobe.

Finalmente, se pone a secar, generalmente al sol, luego de un tiempo de 4 días aproximadamente se voltea 90 grados de tal modo que el secado sea uniforme. A las dos semanas se pueden cargar y apilar los adobes.

La paja se emplea con el objeto de dar consistencia al adobe, de modo que aumente su resistencia a la compresión, flexión y otros agentes, y para retardar la disgregación del material al producirse la falla.

Las muestras de adobe fueron unidades enteras que no presentan deformación ni alabeos, y en lo posible con pocas fisuras, estas fueron recogidas en los poblados de Recuay y Carhuaz y se resumen en la tabla 3.

Tabla 3.

Características de las unidades analizadas

Poblado	Forma	Dimensiones (cm)			Color	Peso (gr.)
		Largo	Ancho	Altura		
Recuay	Rectangular	19.80	20.50	11.50	Marrón Claro	19.88
Carhuaz	Rectangular	40.30	19.80	14.60	Marrón Claro	20.52

### ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos de compresión simple en adobes se realizaron en las unidades enteras y los valores obtenidos para los esfuerzos de rotura a la compresión se encuentran en los siguientes rangos:

Recuay : 10.3 a 13.6 kg/cm<sup>2</sup>, promedio = 12.00 kg/cm<sup>2</sup>

Carhuaz : 3.9 a 9.6 kg/cm<sup>2</sup>, promedio = 6.70 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 4

Resultados de los ensayos de adobe.

LUGAR	P.u.	P.e.	%W	e	n	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	σ <sub>c</sub>	
RECUAY	01	1.87	2.46	2.66	35.1	26.0	34.4	23.1	11.3	SC-SM	10.3
	02	1.79	2.51	2.76	44.1	30.6	30.4	23.7	6.7	SM	11.5
	03	1.94	2.46	1.77	29	22.5	27.3	21.1	6.2	SM	12.5
	04	1.74	2.49	2.39	46.5	31.8	25.0	19.8	5.2	SM	12.1
	05	1.93	2.58	2.73	37.3	27.2	25.8	20.1	5.7	SM	13.6
CARHUAZ	06	1.82	2.42	1.64	35.1	26.0	21.8	15.8	6.0	CL-ML	9.6
	07	1.77	2.39	1.78	37.4	27.2	22.9	14.8	8.1	SC	3.9
	08	1.82	2.37	1.24	31.8	24.1	23.3	16.1	7.2	SC	5.1
	09	1.91	2.56	1.77	36.4	26.7	24.7	16.1	8.6	GC	7.2
	010	1.70	2.38	3.13	44.4	30.7	29.1	17.1	12.0	SC	7.7

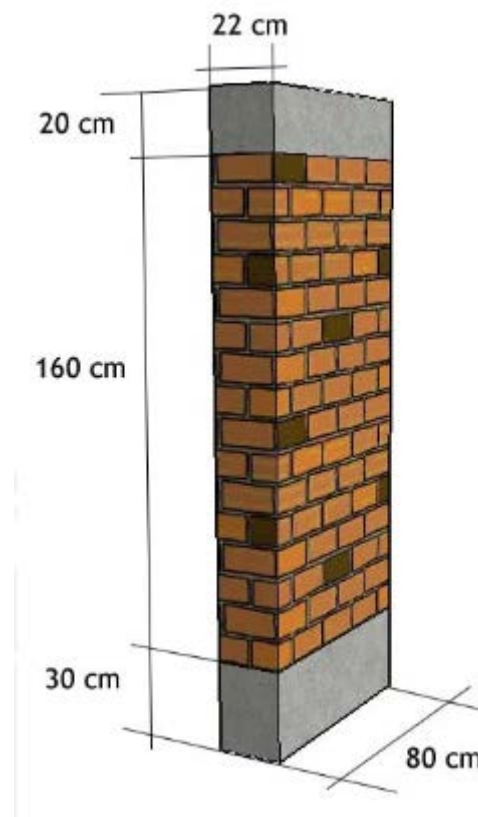
Fuente: Silva 1990.

Peralta G. (2009) describe el comportamiento y predice la conducta de muros de adobe sometido a flexión reforzado con geomallas y tarrajado con mortero de cemento/arena.

Para ello, construyó tres muros de adobe de 0.8x1.6 m de superficie y 0.22m de espesor. Usó unidades de ladrillo sin cocer en lugar de adobes propiamente dicho. El muro se ensayó a carga lateral con desplazamiento controlado en varias fases de carga y descarga hasta un desplazamiento máximo de 50mm. La instrumentación consistió en la colocación de 9 LVDTs.

Cada muro de adobe estuvo cimentado sobre una viga de cimentación (existente), sobre el cual se vació una viga solera de concreto.

- Las dimensiones del muro fueron de 22 cm de espesor (26 cm con el tarrajeo), 80 cm de ancho y una altura de 160 cm.
- La viga solera ubicada sobre el muro fue de 20 cm de peralte.
- El espécimen fue transportado a la zona de ensayo mediante el izaje desde la viga de cimentación.



*Figura 1.* Dimensiones del Especimen Ensayado.  
Fuente: Peralta 2009

Una vez concluida la construcción del muro se procedió a la instrumentación tentativa mediante LVDTs. Para la aplicación de la carga se colocó un tubo de metal de 3.5” aproximadamente en las vigas soleras a un lado de los muros.

Adicionalmente, realizó ensayos de control consistentes en cinco unidades a compresión, cinco pilas a compresión axial y tres muretes a compresión diagonal, no fue necesario instrumentar los ensayos de control con LVDT’s.

Para la resistencia a la compresión de las unidades, se colocó caping un día antes del ensayo en las dos caras adyacentes para uniformizar las superficies en compresión. La velocidad del ensayo fue de 2 KN/min y arrojaron los siguientes resultados:

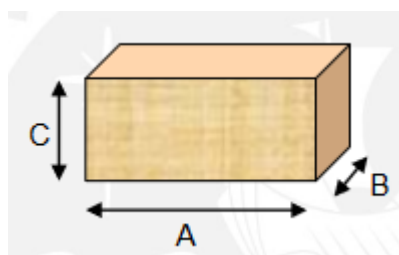


Figura 2. Unidad de Albañilería.  
Fuente: Peralta 2009.

Tabla 5  
Resultados de la resistencia a la compresión de las unidades.

	<b>A</b> (cm)	<b>B</b> (cm)	<b>C</b> (cm)	<b>Esfuerzo</b> (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Unidad 01</b>	21.0	12.0	10.0	14.04
<b>Unidad 02</b>	21.0	11.5	10.0	19.75
<b>Unidad 03</b>	20.5	12.5	10.0	13.63
<b>Unidad 04</b>	21.0	11.5	10.0	18.69
<b>Unidad 05</b>	21.0	12.0	10.0	19.12
			Promedio	<b>17.05</b>

Fuente: Peralta 2009

Tabla 6  
Resultados de la resistencia a la compresión de la albañilería.

	<b>Ancho</b> (cm)	<b>Largo</b> (cm)	<b>Alto</b> (cm)	<b>Carga</b> <b>Máxima</b> (kg)	<b>Esbeltez</b>	<b>Esfuerzo</b> (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Pila 1</b>	11.5	21.0	62.0	1244	5.4	5.15
<b>Pila 2</b>	11.5	21.0	62.0	1125	5.4	4.66
<b>Pila 3</b>	11.5	20.5	62.0	787	5.4	3.34
<b>Pila 4</b>	11.5	21.0	62.0	946	5.4	3.92
<b>Pila 5</b>	11.5	21.0	62.0	1283	5.4	5.31

Fuente: Peralta 2009

Para la resistencia a la compresión de la albañilería, las pilas fueron preparadas 30 días antes del ensayo a razón de 6 unidades por pila, cumpliendo lo que indica la norma E.080.

Se ensayaron en total 5 pilas a una velocidad de ensayo de 2 KN/min de los cuales los resultados se muestran en la tabla 6.

La norma define  $f'm$  o esfuerzo de compresión último como aquel valor que pasa 2 de 3 ensayos realizados (66%), pero al realizar 5 ensayos, escogemos aquel que pasa 3 de 5 ensayos (60%), por lo tanto:

$$f'm = 4.66 \text{ kg/cm}^2$$

Con ello podemos hallar  $f_m$  (Esfuerzo admisible en compresión del muro):

$$f_m = 0.40f'm = 1.864 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor es inferior a  $2 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma como valor a tomar si es que no se realizase el ensayo.

La Resistencia a la compresión por aplastamiento se obtendría de la siguiente manera:

$$1.25f_m = 2.33 \text{ kg/cm}^2$$

En los ensayos realizados para la resistencia al corte de la albañilería, se prepararon 3 especímenes con unidades de cabeza obteniendo una forma cuadrada (60x60cm) con mortero de paja de 1cm de espesor en las juntas.

Se ensayaron en total 3 muretes a una velocidad de ensayo de 2 KN/min, los resultados se muestran en la tabla 7.

*Tabla 7*

Resultados de la resistencia al corte de la albañilería.

	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área de corte (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	f't= Esfuerzo Máximo con la diagonal (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Murete 1</b>	21.0	60.0	60.0	1781.91	597	0.335
<b>Murete 2</b>	20.5	60.0	60.0	1739.48	826	0.475
<b>Murete 3</b>	20.5	60.0	59.5	1739.48	735	0.423

Fuente: Peralta 2009

El esfuerzo último del murete de ensayo ( $f't$ ) es el valor que sobrepasa 2 de 3 valores:

$$f't = 0.423 \text{ kg/cm}^2$$

$V_m$  (Esfuerzo admisible al corte del muro) =  $0.4 f't = 0.169 \text{ kg/cm}^2$

Este valor es menor a  $V_m=0.25 \text{ kg/cm}^2$ , valor que sugiere utilizar la Norma E.080 en caso no se realice este ensayo.



Mantilla J. (2018) determinó la variación de las propiedades físico-mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho, por lo que adicionó fibra vegetal (viruta) y fibra de caucho en porcentajes de 2%, 3% y 5%, elaboró un total de 245 bloques de adobe, los cuales evaluó en resistencia a compresión, flexión y en su comportamiento a la absorción y saturación total.

Obtuvo como resultados que la resistencia a compresión alcanzó un valor máximo de 30.25 kg/cm<sup>2</sup> para los bloques de adobe con 3% de adición de viruta, en resistencia a flexión se registró un valor máximo de 8.35 kg/cm<sup>2</sup>; valores superiores a los resultados de resistencia obtenidos por el adobe tradicional (con paja). El porcentaje de absorción disminuyó hasta en 4% con la incorporación de 5% de caucho, observándose además menor desgaste de las unidades de adobe con adición de caucho en la saturación total. Concluyendo que las propiedades físico-mecánicas del adobe resultan favorables, con la incorporación de viruta y caucho.

Para los fines de esta tesis, los resultados de los ensayos se resumen a continuación:

*Tabla 8*

Cantidades de fibra para cada adobe rectangular.

<b>Porcentaje</b>	<b>Peso de suelo seco (gr)</b>	<b>Peso de fibra (gr)</b>
2% de Paja	6600	132
2% de Caucho	6600	132
3% de Caucho	6600	198
5% de Caucho	6600	330
2% de Viruta	6600	132
3% de Viruta	6600	198
5% de Viruta	6600	330

Fuente: Mantilla 2018

*Tabla 9*

Cantidades de fibra para cada adobe cúbico.

<b>Porcentaje</b>	<b>Peso de suelo seco (gr)</b>	<b>Peso de fibra (gr)</b>
2% de Paja o Ichu	960	19.20
2% de Caucho	960	19.20
3% de Caucho	960	28.80
5% de Caucho	960	48.00
2% de Viruta	960	19.20
3% de Viruta	960	28.80
5% de Viruta	960	48.00

Fuente: Mantilla 2018

Los resultados de resistencia a compresión varían entre 18.88 kg/cm<sup>2</sup> y 25.62 kg/cm<sup>2</sup>, el valor promedio resulta ser 22.22 kg/cm<sup>2</sup>, valor que es superior a la resistencia a compresión mínima para un bloque de adobe, según lo especificado en la Norma E-080., como se observa en la tabla 10.

*Tabla 10*

Resistencia a compresión bloques de adobe tradicional.

<b>Espécimen</b>	<b>Esfuerzo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	20.04
2	18.88
3	20.54
4	21.54
5	25.11
6	23.28
7	22.48
8	25.62
9	24.89
10	19.82
<b>Promedio</b>	<b>22.22</b>

Fuente: Mantilla 2018

*Tabla 11*

Resistencia a compresión bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de caucho.

<b>Espécimen</b>	<b>Esfuerzo de rotura de caucho (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
	<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
1	28.15	29.35	29.36
2	30.67	25.06	25.35
3	29.25	26.56	24.14
4	28.52	24.09	26.66
5	27.07	27.93	26.40
6	26.70	28.74	20.51
7	24.11	24.92	24.38
8	26.67	25.29	25.08
9	30.30	24.04	21.49
10	24.23	22.24	28.46
<b>Promedio</b>	<b>27.57</b>	<b>25.82</b>	<b>25.18</b>

Fuente: Mantilla 2018

Se aprecia que las adiciones de caucho y viruta en todos sus porcentajes alcanzan valores de resistencia a compresión superiores al del adobe tradicional, como se muestra en las tablas 11 y 12, siendo la adición de 3% de viruta la que logra alcanzar la resistencia más alta.

Para todos los casos analizados, las dimensiones de ensayo fueron:

- Dimensiones : 8 x 8 x8 cm
- Área de sección normal a la carga : 64 cm<sup>2</sup>
- N° de especímenes ensayados por tipo : 10

*Tabla 12*

Resistencia a compresión bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de viruta.

Especímen	Esfuerzo de rotura de Viruta (kg/cm <sup>2</sup> )		
	2%	3%	5%
1	30.61	30.45	29.40
2	32.47	29.22	26.69
3	30.45	32.79	30.48
4	25.35	30.69	28.65
5	32.42	29.03	29.08
6	27.44	33.41	28.03
7	26.42	31.83	27.17
8	33.65	30.23	24.89
9	30.10	26.97	2.23
10	28.63	27.85	25.17
<b>Promedio</b>	<b>29.75</b>	<b>30.25</b>	<b>25.18</b>

Fuente: Mantilla 2018

*Tabla 13*

Resistencia a flexión de bloques de adobe tradicional.

Especímen	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8.58
2	6.44
3	8.38
4	8.46
5	8.70
6	7.65
7	8.63
8	8.20
9	6.49
10	8.51
<b>Promedio</b>	<b>8.01</b>

Fuente: Mantilla 2018

Se aprecia valores de resistencia a flexión de las unidades de adobes tradicionales, los cuales están comprendidos entre 6.49 kg/cm<sup>2</sup> y 8.58 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un promedio de 8.01 kg/cm<sup>2</sup> que se muestra en la tabla 13.

Seguidamente, se muestra los resultados a flexión adicionando caucho y viruta en las tablas 14 y 15.

*Tabla 14*

Resistencia a flexión de bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de caucho.

Espécimen	Módulo de rotura de caucho (kg/cm <sup>2</sup> )		
	2%	3%	5%
1	8.55	7.61	7.43
2	8.23	7.23	6.77
3	7.53	8.87	6.94
4	6.46	8.79	6.95
5	7.51	8.36	7.11
6	7.36	9.17	6.81
7	7.70	7.60	8.14
8	7.67	8.09	7.26
9	7.88	8.04	6.75
10	7.49	8.72	7.58
<b>Promedio</b>	<b>7.64</b>	<b>8.25</b>	<b>7.17</b>

Fuente: Mantilla 2018

*Tabla 15*

Resistencia a flexión de bloques de adobe, con adición de 2%, 3% y 5% de viruta.

Espécimen	Esfuerzo de rotura de Viruta (kg/cm <sup>2</sup> )		
	2%	3%	5%
1	8.70	7.54	6.97
2	9.42	8.39	7.48
3	8.79	9.45	7.86
4	8.23	8.2	7.66
5	5.53	8.99	8.33
6	8.3	8.4	6.86
7	8.04	8.39	8.36
8	6.43	8.44	8.55
9	8.08	6.83	7.74
10	9.25	8.86	8.01
<b>Promedio</b>	<b>8.08</b>	<b>8.35</b>	<b>7.78</b>

Fuente: Mantilla 2018

Se puede afirmar que las adiciones de 3% de caucho, 2% y 3% de viruta alcanzan una resistencia a la flexión superior a la del adobe tradicional, siendo los bloques con adición de 3% de viruta los que han alcanzado la mayor resistencia.

Guzmán D. Iñiguez J (2015) estudiaron una propuesta de mejoramiento del sistema constructivo en adobe, aplicable a una vivienda en la ciudad de Cuenca, para ello, realizaron un estudio de los métodos de mejoramiento del bloque de adobe, empleando tres métodos de estabilización. Primero la estabilización física donde realizaron un correcto diseño de mezclas para el barro con el fin de tener una composición

granulométrica óptima; la estabilización mecánica en la cual se somete al bloque de adobe a una prensa hidráulica; y finalmente la estabilización química donde realizaron el estudio de estabilizantes que modifiquen las propiedades del suelo, posteriormente realizaron la elección del compuesto óptimo para la estabilización química mediante una matriz capaz de calificarla en cuatro aspectos: impacto ambiental, materiales reciclados, economía y mejora técnica.

Después eligieron los métodos más adecuados para realizar los adobes y procedieron a la producción de los mismos. Posterior a esto, sometieron las piezas a diferentes ensayos normados con el fin de conocer las características técnicas que permitieron la comparación con los adobes tradicionales para así identificar el mejoramiento de la unidad.

Para la resistencia a la compresión simple siguieron el procedimiento descrito en la normativa UNE 41410:2008, para desarrollar el mismo se ensayaron 6 piezas completas de adobe prensado por cada dosificación realizada.

Con el fin de valorar si el tiempo de secado de las piezas influye en la resistencia a compresión realizaron ensayos de compresión simple a los 15,25 y 32 días de secado. Los resultados de los bloques sin estabilizante “bloques tipo” se resumen en la tabla 16.

*Tabla 16*

Ensayo de compresión simple – muestra sin estabilizante 15, 25 y 32 días de secado.

Muestra	Carga (kg)		
	15 días	25 días	32 días
M1	7667.7	9873.0	10106.9
M2	8308.6	10207.6	10220.4
M3	6840.5	9094.7	11555.0
M4	7575.5	9747.9	11439.3
M5	8425.8	10282.7	10295.5
M6	6790.5	9144.7	10147.5
Promedio	7601.4	9725.1	10627.4
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>16.89</b>	<b>21.61</b>	<b>23.62</b>

Nota: Suelo Baños: Arcilla-limos 40%, Arena 60%, Humedad 24%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

Al agregar a la dosificación cáscara de arroz como estabilizante químico existe una mejora en la resistencia a compresión, esto si comparamos con los “bloques tipo”. Al

agregar el 3% del estabilizante se produce una mejora en la resistencia a compresión del 23% (resistencia promedio=26.63 kg/cm<sup>2</sup>).

*Tabla 17*

Ensayo de compresión simple – muestra cáscara de arroz (3%) 15, 25 y 32 días de secado.

Muestra	Carga (kg)		
	15 días	25 días	32 días
M1	10213.2	12578.8	14181.6
M2	10927.0	14002.5	10903.1
M3	11213.8	12215.3	12796.6
M4	11321.0	12090.2	12680.9
M5	11139.0	14077.6	10978.2
M6	10197.0	12628.8	14222.2
Promedio	10835.2	12932.2	12627.1
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>24.08</b>	<b>28.74</b>	<b>28.06</b>

Nota: Suelo Baños: Arcilla-limos 37%, Arena 60%, Humedad 24%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

*Tabla 18*

Ensayo de Compresión Simple – muestra cáscara de arroz (6%) 15, 25 y 32 días.

Muestra	Carga (kg)		
	15 días	25 días	32 días
M1	8224.3	11857.5	12034.9
M2	8638.2	10449.1	12918.3
M3	8362.7	9976.1	12675.6
M4	8375.5	9860.4	12575.6
M5	8500.2	10524.2	12993.6
M6	8223.1	11898.1	12059.9
Promedio	8387.3	10760.9	12543.0
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>18.64</b>	<b>23.91</b>	<b>27.87</b>

Nota: Suelo Baños: Arcilla-limos 37%, Arena 60%, Humedad 24%; Estabilizante: Cáscara de arroz 6%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

La resistencia a la compresión aumenta con mayor tiempo de secado. Sin embargo, se ha identificado que el bloque llega a un pico de resistencia a los 25 días de secado y su resistencia se estabiliza, ya que a los 32 días de elaborados los bloques han podido obtener una resistencia similar. Por otro lado, al agregar cáscara de arroz como

estabilizante químico en una dosificación del 6% se produce una mejora del 14% (resistencia promedio = 23.74 kg/cm<sup>2</sup>), siempre comparando con el “bloque tipo”, como se muestra en la tabla 18.

Análogamente, se determinó que la resistencia crece con el tiempo de secado, sin embargo, al agregar un 6% del compuesto se ha identificado que a los 32 días de secado existe una mayor resistencia.

Finalmente, la dosificación que ha obtenido mejores resultados fue la correspondiente a la muestra que contiene 10% de material, dichas muestras han obtenido una mayor resistencia a la compresión y superan la resistencia obtenida por el “bloque tipo” en un 50%.

- Resistencia Promedio obtenida = 29.05 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 19*

Ensayo de compresión simple – muestra cáscara de arroz (10%) 15, 25 y 32 días.

<b>Muestra</b>	<b>Carga (kg)</b>		
	<b>15 días</b>	<b>25 días</b>	<b>32 días</b>
M1	13534.2	11861.8	13601.4
M2	11760.5	11673.6	15568.1
M3	12708.1	14606.1	11504.0
M4	13808.5	14481.0	11354.5
M5	12934.0	11598.5	15643.1
M6	11260.3	11811.8	13676.4
Promedio	12667.6	12672.1	13557.9
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>28.86</b>	<b>28.16</b>	<b>30.13</b>

Nota: Suelo Baños: Arcilla-limos 30%, Arena 60%, Humedad 24%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

Para el caso de las muestras estabilizadas con cloruro de sodio y cal, el ensayo a los 15 días de secado no fue realizado, debido a que los bloques contenían un alto porcentaje de humedad, como se muestra en la tabla 20.

A los 25 días de secado se ha observado que los bloques con 3% del compuesto podían ser sometidos a los ensayos de compresión ya que se encontraban con menor porcentaje de humedad. No obstante, los bloques con 6% y 10% de cloruro de sodio aún tenían humedad.

Tabla 20

Ensayo de compresión simple –Muestra con cloruro de sodio (3%) + cal (2%) 25 y 32 días.

Muestra	Carga (kg)	
	25 días	32 días
M1	7967.0	4833.4
M2	8015.6	7726.6
M3	7163.9	9406.0
M4	7038.8	9281.0
M5	8090.7	7776.6
M6	8017.0	4908.4
Promedio	7715.5	7322.0
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>17.15</b>	<b>17.69</b>

Nota: Suelo Baños: Arcilla-limos 35%, Arena 60%, Humedad 24%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

Tabla 21

Ensayo de compresión simple –cloruro de sodio (6%) + cal (2%) 32 días.

Muestra	Carga (kg)	
	6% cloruro de sodio + 2% cal (*)	10% cloruro de sodio + 2% cal (**)
M1	6899.1	1527.0
M2	3971.5	4609.1
M3	5081.2	4395.5
M4	3971.5	4709.4
M5	6924.5	4170.5
M6	5106.3	1651.8
Promedio	5325.7	3510.5
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>18.64</b>	<b>27.87</b>

Nota: (\*) Suelo Baños: Arcilla-limos 35%, Arena 60%, Humedad 24%. (\*\*) Suelo Baños: Arcilla-limos 28%, Arena 60%, Humedad 24%.

Fuente: Guzmán e Iñiguez 2015

Posteriormente a los 32 días de secado se observó que los bloques con 6% y 10% de cloruro de sodio, aun contenían un alto porcentaje de humedad evidenciada en los



cantos; sin embargo, se procedió al ensayo de compresión con el fin de conocer su resistencia.

Los adobes prensados con el 3% de cloruro de sodio a los 15 días de secado, obtuvieron resistencias superiores a la especificada en la normativa E080 (12 kg/cm<sup>2</sup>), sin embargo, estas fueron inferiores a la obtenidas por los “bloques tipo”. A los 32 días, la resistencia a compresión fue similar.

Los adobes prensados con el 6% y 10% de cloruro de sodio ensayados únicamente a los 32 días – las muestras seguían húmedas a los 15 y 25 días – dieron como resultado resistencias extremadamente bajas que no cumplen con los mínimos especificados en la normativa. (11.82 kg/cm<sup>2</sup>, 7.80 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente), como se muestra en la tabla 21.

## **2.3. BASES TEORICAS.**

### **2.3.1. EL ADOBE**

Según la Norma E-080 (2017) “Es una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.” (p.4)

“Cuando al adobe se le incorporan otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, se le denomina Adobe Estabilizado” (Dirección Nacional de Construcción 2010, p.6)

### **2.3.2. Mortero**

“Es el material de unión de los adobes, puede ser de barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc” (Dirección Nacional de Construcción 2010, p.6)

Según Cáceres (2010) señala:

### **2.3.3. Propiedades del Adobe**

El adobe tiene propiedades muy buenas para la construcción desde el punto de vista del confort, ya que posee buenas propiedades térmicas y acústicas.

Siendo una de las propiedades del adobe su inercia térmica, que se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse, las viviendas de adobe resultan abrigadas durante las noches debido a que en ese período los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente permanecen frescas durante el día, período en el cual los muros almacenan calor. Esta característica reduce la necesidad

de consumir energía para calentar o enfriar los ambientes y, adecuadamente utilizada, hace posible diseñar ambientes confortables y saludables.

#### **2.3.4. Características**

Una de las características del adobe es su bajo costo, ya que la materia prima, la tierra, es generalmente obtenida localmente en canteras cercanas a la obra; mientras que los materiales no locales que se requieren en algunos casos son relativamente pocos y su costo no incide mucho en el monto total de una obra. Por otro lado, elaborar adobes y construir con ellos requiere sólo del empleo de energía humana y de la solar. El bajo costo es pues una razón determinante para su profusa utilización, por ello esta técnica constructiva es empleada, en su mayoría, por las personas de bajo recursos económicos en nuestro país. Además, el uso de materiales disponibles localmente confiere a las construcciones de adobe adecuadas características ecológicas y ambientales.

#### **2.3.5. Selección de Suelos**

Elaborar adobes de buena calidad implica realizar como primer paso una adecuada selección de suelos. Para tal fin existen un conjunto de ensayos de laboratorio y una serie de pruebas de campo. Los primeros permiten tener mucha seguridad en relación con suelo escogido y pueden orientar todo el siguiente proceso de preparación de adobes; sin embargo, suelen ser costosos y muchas veces difíciles de aplicar en razón de la distancia a la que suelen encontrarse las canteras; por ello su aplicación será justificable económicamente sólo en el caso de tratarse de una obra grande, lo cual no es frecuente.

Para obras menores y sobre todo para aquellas que se construyan, como ocurre muchas veces, mediante procesos de autoconstrucción, la selección de suelos puede realizarse con suficiente seguridad mediante los ensayos de campo, los mismos que han sido relacionados en muchos casos con los resultados de laboratorio, lo cual les confiere un aceptable margen de confiabilidad.

Para conseguir un adobe de buena calidad, se debe escoger un suelo que cuente con una adecuada proporción entre sus contenidos de arena y de arcilla, formando esta última parte de los materiales finos del suelo. La arcilla es un material que tiene propiedades adhesivas y ligantes, y actúa como un cementante de las arenas, las que constituyen los inertes del suelo y que le confieren su capacidad resistente.

En general, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), pueden considerarse aceptables los suelos cuyo porcentaje de arenas varíe de 55 a 75%

(retenidos en la malla N° 200) y el porcentaje de finos lo haga de 25 a 45% (limos, arcillas, etc. que pasan la malla N° 200). Sin embargo, en ningún caso se aceptarán suelos con más de 18% de arcillas. Un porcentaje mayor de arcilla puede producir cambios volumétricos indeseables en los adobes. Sobre este punto, la Norma recomienda que la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: Arcilla 10 - 20%, limo 15 -25% y arena 55 - 70%. Los rangos indicados podrían variar para adobes estabilizados.

### **2.3.6. Límites de Atterberg**

Es recomendable que el límite líquido varíe entre 20 y 40; por debajo de 20 se trata de suelos no cohesivos, y por encima de 40 el comportamiento del suelo es deficiente ante la humedad. Es recomendable que el índice plástico sea menor que 20. De otro lado el porcentaje de sales solubles no debe superar el 0.2 %, dado que uno mayor, ocasionara a la larga el desmoronamiento del adobe, pulverizándolo literalmente, proceso que se agrava ante la presencia de humedad. La presencia de sales puede observarse en muchos casos cuando el suelo presenta un color blanquecino-grisáceo. En caso de duda se puede aplicar al suelo unas gotas de solución de ácido nítrico al 5%, de producirse burbujeo, ello indicará presencia de sales y hará conveniente profundizar los ensayos de laboratorio.

Es también muy importante evitar la presencia de materia orgánica en el suelo seleccionado para hacer adobes, puesto que esta incrementa en gran medida el encogimiento de los adobes y reduce su resistencia al generar vacíos debidos a su proceso de descomposición. En muchas ocasiones se necesita utilizar como cantera terrenos de cultivo, con el riesgo de introducir materia orgánica; por ello, en caso de que se utilice tales terrenos, deberá retirarse previamente a capa superficial que contiene la materia orgánica y emplear cas capas más profundas, situadas por lo menos a unos sesenta centímetros de la superficie.

Es importante señalar que el comportamiento de un suelo depende en gran medida de su contenido de fino, variando estos a su vez de acuerdo a su composición mineralógica. Por ello puede ocurrir que suelos de igual granulometría presentan comportamientos muy diferentes. Lo dicho es una de las razones por la que se recomienda ensayar los suelos en estudio, elaborando adobes similares en forma y dimensiones, a los que se desea utilizar en obra. La observación de estos especímenes puede ser el método más eficaz para conocer la aptitud de un suelo para utilizarlo en la preparación de adobes y la bondad de una cantera.

Finalmente, otro aspecto que debe ser considerado en la resistencia del suelo, que se determina mediante ensayos de laboratorio y que pueden también apreciarse mediante ensayos de campo. Se estima que la fuerza compresiva del suelo no debe ser menor que  $14.1 \text{ kg/cm}^2$ , y que preferentemente debe ser mayor a  $17.6 \text{ kg/cm}^2$ .

### **2.3.7. Tipos de Refuerzo**

Un adobe estabilizado es aquel en el que se ha incorporado otros materiales naturales o artificiales con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad frente a la presencia de humedad en la zona donde se trabaja, si es que esta lo requiere. Entre los estabilizantes naturales comúnmente empleados encontramos: la paja, la cascarilla de arroz, el gras común, el ichu entre otras fibras naturales. Por otro lado, entre los materiales artificiales se hallan asfaltos (RC-250, RC2), cemento, cal y goma de tuna.

### **2.3.8. La Paja**

Es costumbre tradicional en muchas zonas del país donde se emplea adobe, utilizar paja en la preparación de éstos y también en el mortero de asiento. La paja reduce efectivamente las contracciones debidas al secado al aire libre de los adobes y mejora su adherencia con otros materiales, con lo cual se consigue mejorar el conjunto de la albañilería al incrementarse la adherencia con el mortero y con los revestimientos. Su empleo es casi indispensable cuando se trata de preparar tortas de barro, que se usan mucho en los techos, a fin de reducir el agrietamiento por contracción durante el secado. La paja que suele emplearse varía según las localidades. Puede tratarse de distintos tipos como: de arroz, de trigo, gras común, bagazo de caña, ichu; en algunos lugares se han empleado guano, pero no es conveniente. En todo caso es recomendable utilizar paja picada en trozos de unos 10 cm y, de preferencia, en un porcentaje de alrededor del 1 % en peso. Un porcentaje excesivo puede hacer al barro poco trabajable y reducir la resistencia de los adobes.

### **2.3.9. Proceso Constructivo**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, El sistema estructural para las edificaciones de tierra debe comprender los componentes siguientes:

#### **2.3.9.1. Cimentación**

- a) El cimiento debe cumplir dos condiciones:
  - i. Transmitir las cargas hasta un suelo firme de acuerdo a lo indicado por la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
  - ii. Evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra.

b) Cumpliendo las condiciones anteriormente mencionadas, todo cimiento debe tener una profundidad mínima de 0.60 m. (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.60 m.

c) Se puede utilizar los tipos de cimentación siguientes:

- i. Piedra grande tipo pirca compactada, acomodada con piedras pequeñas.
- ii. Concreto Ciclópeo.
- iii. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

### 2.3.9.2. Sobrecimiento

a) El sobrecimiento debe cumplir dos condiciones:

- i. Debe transmitir las cargas hasta el cimiento.
- ii. Debe proteger el muro ante la acción de la erosión y la ascensión capilar.

b) Cumpliendo tales condiciones, todo sobrecimiento debe elevarse sobre el nivel del terreno no menos de 0.30 metros y tener un ancho mínimo de 0.40 metros.

c) Se pueden utilizar los tipos de sobrecimiento siguientes:

- i. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa
- ii. Concreto ciclópeo

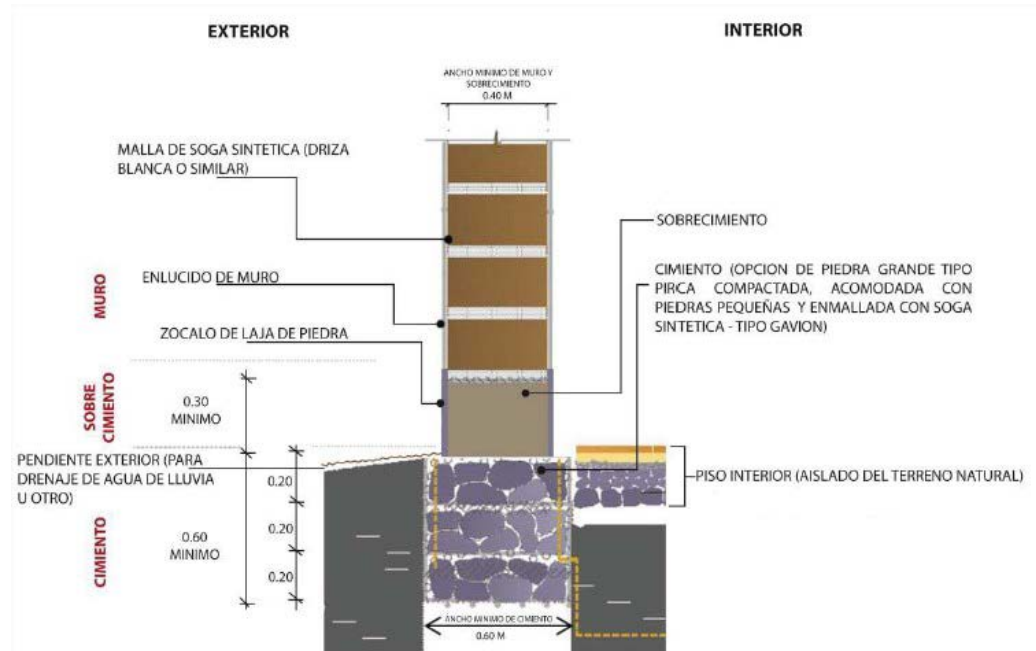


Figura 3. Esquema de cimentación según normativa.

Fuente: RNE E080. Figura 6

Los ítems I y II analizados en el reglamento se deben de cumplir tanto para el sistema tradicional como para el sistema que se está proponiendo, la diferencia

está a nivel de muros, ya que se propone mejorar la resistencia de la unidad de adobe.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones:

Los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra reforzada. El diseño de los muros debe realizarse usando criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño, complementariamente.

Los tímpanos deben ser del material similar al usado en los techos (madera, caña, fibra vegetal, entre otros) para que sean ligeros, más estables y fácilmente conectables con los techos.

Es posible utilizar muros curvos o muros para plantas poligonales, lo cual podría significar formas de adobe especial; si se usan adobes cuadrados o rectangulares, las juntas verticales no deben exceder de 30 mm en su parte más ancha. En la técnica del tapial se puede utilizar moldes circulares.

- a) Todos los muros curvos deben ser igualmente reforzados como el caso de los muros rectos y deben tener viga collar superior curva o poligonal.
- b) Los muros con radios mayores a 3.00 m. se deben considerar como muros rectos para la colocación y distanciamiento de arriostres verticales, así como limitaciones de esbelteces, según lo indicado en la Norma.
- c) Para radios comprendidos entre 1.25 m y 3.00 m, deben existir muros transversales o arriostres verticales cada  $12e$  del muro como máximo (es decir, doce veces el espesor del muro como máximo) y la esbeltez vertical ( $h/e$ ) no debe ser mayor a 10.
- d) Los muros con radios menores a 1.25 m, no requieren limitaciones de arriostres verticales.

#### **2.3.9.3. Criterios para el diseño de muros basado en la resistencia:**

- a) El diseño de muros basado en la resistencia, debe considerar el área resistente de muros frente a la fuerza sísmica horizontal en su plano, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:
  - i. Las construcciones de tierra normalmente no tienen diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y por tanto los desplazamientos de los muros paralelos son independientes.
  - ii. Calculadas las áreas tributarias asociadas a cada muro, en cada nivel si es el caso, es posible calcular fuerzas horizontales de diseño. Estas no deben

sobrepasar los esfuerzos resistentes admisibles de corte en ellos (estos valores serán analizados cuando de culminen las pruebas de laboratorio consistentes en: ensayo de compresión, ensayos de tracción de las 3 longitudes para encontrar la longitud más óptima y posteriormente ensayos de pilas y muretes de la longitud más óptima para evaluar sus características).

iii. Para estos efectos, al área transversal del muro (largo por espesor), se puede añadir una fracción de los muros transversales o de arriostre, se trate de encuentros en “T” o en “L”, en ambos extremos del muro. Esta área adicional no debe ser mayor al 20 % del área del muro.

b) El diseño sísmico de muros en la dirección perpendicular a su plano.

i. De acuerdo al número de apoyos de cada muro, que es función de los arriostres verticales, se calcula el esfuerzo de flexión del muro producido por fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano considerando el comportamiento elástico del material tierra. Dichos esfuerzos no deben sobrepasar los esfuerzos admisibles a tracción por flexión (Ver Capítulo II, artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio).

ii. La viga collar tiene como misión mantener conectados los muros entre sí durante un sismo, pero no debe considerarse como un apoyo para los muros salvo que exista un diafragma de entrepiso de madera o una estructura horizontal especial. Por tanto, en general los muros deben tener dos o tres apoyos, considerando también el piso.

#### **2.3.9.4. Criterios para el diseño de muros basado en la estabilidad:**

El diseño de muros basado en la estabilidad, debe respetar los límites de grosor, esbeltez vertical y esbeltez horizontal, altura máxima, distancia entre arriostres verticales, aberturas, indicados en esta norma. Ver Figura 4.

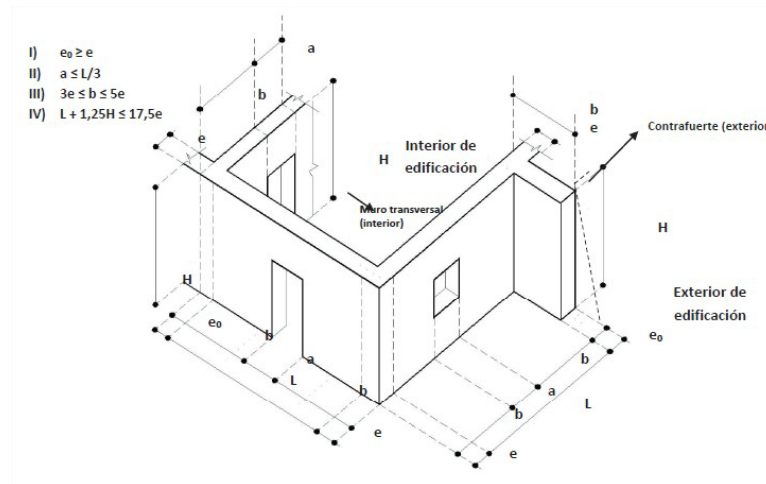


Figura 4. Límites geométricos de muros y vanos según normativa.  
Fuente: RNE E080. Figura 2

Tabla 22

Comparación del sistema tradicional versus sistema propuesto.

Característica	Sistema tradicional	Sistema propuesto (*)
<b>Unidad de adobe</b>	La obtención de la resistencia a compresión y tracción de la unidad de adobe tradicional se especifican en el reglamento y su procedimiento para hallarlo.	Según la hipótesis planteada, se espera mejorar la resistencia a compresión y tracción de la unidad de adobe compactada reforzada con fibras de plástico.
<b>Pilas</b>	Los esfuerzos de compresión admisible de una pila tradicional se calculan con la siguiente expresión: $f'm = \frac{P}{ab}$ , donde P es la fuerza aplicada y "a", "b" son las dimensiones de la sección de la unidad, y el esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento = $1.25f'm$ .	Análogamente, se espera que la resistencia de compresión admisible y el esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento de la unidad de adobe compactada reforzada con la longitud óptima encontrada, sea mayor a la resistencia de una unidad tradicional.
<b>Murete</b>	La resistencia del murete a compresión diagonal se calcula de la siguiente manera: $F't = \frac{P}{2ae_m}$ Donde P es la fuerza aplicada en forma diagonal, "a" es el ancho del murete y $e_m$ es el espesor del murete.	De la misma forma, se espera que la resistencia del murete a compresión diagonal con la unidad de adobe compactada reforzada con la longitud óptima encontrada, sea mayor a la resistencia con una unidad tradicional.

Nota:(\*) Unidad de adobe compactado con la inclusión de fibra de plástico.

Según Hachi J. Rodríguez J. (2015), señalan:



## **2.3.10. El Plástico**

### **2.3.10.1. Caracterización**

Los plásticos se caracterizan por su alta relación entre resistencia y densidad, siendo excelentes aisladores térmicos y eléctricos con una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas, es decir que estas se ablandan al calor, mientras que las entrecruzadas son termo-endurecibles, esto quiere decir que se endurecen con calor.

### **2.3.10.2. Clasificación**

Desde el punto de vista de la plasticidad por elevación de la temperatura, tenemos:

- Termoplásticos
- Termo estables

#### **A. Termoplásticos**

Este tipo de plásticos al calentarse fluyen como líquidos viscosos y al enfriarse se solidifican. El enfriamiento y calentamiento puede realizarse cuantas veces se quiera sin perder las propiedades del material. Este tipo de plásticos componen aproximadamente el 85% de los plásticos consumidos y son reciclables. Los principales tipos son:

- Polietileno
- Polipropileno
- Poli estireno
- Cloruro de Polivinilo
- Nylon
- Polietileno Tereftalato

#### **B. Termoestables**

Este tipo de plásticos se funden al aplicar calor y se solidifican al aplicar aún más calor. Estos no pueden ser recalentados y remodelados, pero pueden reprocesarse por fusión. Estos polímeros generalmente son más resistentes, aunque más frágiles que los termoplásticos.

Para el presente estudio se estudiarán los plásticos termoplásticos en su clasificación de polietileno tereftalato, ya que son estos los empleados en la elaboración de

plásticos para envases de bebidas y las cuales se utilizarán para la elaboración de las muestras.

### 2.3.10.3. Propiedades generales del PET

- Procesable por soplado, inyección, extracción.
- Transparencia y brillo con efecto lupa
- Barrera contra gases
- Cristalizable
- Esterilizante
- Alto grado de reciclabilidad
- Liviano

Tabla 23

Propiedades físicas y mecánicas del plástico.

<b>Tipo</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Rango</b>
Físicas	Absorción de agua - Equilibrio (%)	<0.7
	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,3 - 1,4
	Índice refractivo	1,58 - 1,64
	Inflamabilidad	Extinguible
	Resistencia a los ultravioletas	Buena
Mecánicas	Coefficiente de fricción	0,2 - 0,4
	Dureza - Rockwell	M94 - 101
	Resistencia a la tracción (Mpa)	190 - 160
	Resistencia al impacto (Jm)	13 -35

Fuente: Hachi y Rodríguez (2010)



Figura 5. Botellas de plástico de la planta de tratamiento de Póngor.

### 2.3.11. Experimentos Factoriales

Según Navidi (2006), afirma:

Los experimentos son esenciales para desarrollar y mejorar los métodos científicos y de ingeniería. Para que sea útil, un experimento se debe diseñar adecuadamente, y los datos que se obtienen de éste se deben analizar en forma correcta.

En general, un experimento factorial implica varias variables. Una de éstas es la **variable respuesta**, que en ocasiones se llama **variable de salida** o **variable dependiente**, en la presente investigación estas variables son la resistencia a compresión y tracción de las unidades que fueron obtenidos de los ensayos de laboratorio para cada caso respectivamente. Las otras se denominan **factores o tratamientos**, y para esta investigación los factores son la longitud y el porcentaje de plástico que se incluyó en las unidades de adobe compactado. La pregunta es si la variación de los niveles de los factores produce una diferencia en la media de la variable respuesta.

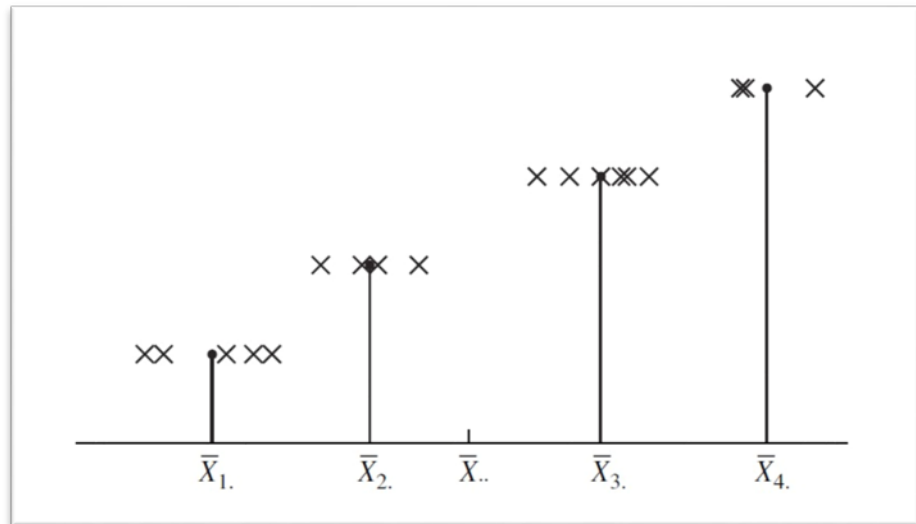
Cuando los factores son elegidos por el experimentador de manera intencional, se dice que el experimento sigue un **modelo de efectos fijos**. De otra parte, cuando los factores de eligen de una población aleatoriamente, se dice que el experimento sigue un **modelo de efectos aleatorios**.

Un experimento factorial en el cual las unidades experimentales son asignadas a los tratamientos en forma aleatoria, con todas las asignaciones posibles siendo igualmente probables, se llama **experimento completamente aleatorio**.

En muchas situaciones, en los resultados de un experimento puede incidir el orden en que se tomaron las observaciones. En casos como éstos, el procedimiento ideal es hacer observaciones en orden aleatorio. Esto último requiere cambiar de tratamiento a tratamiento conforme transcurren las observaciones, en lugar de hacer las que corresponden a un tratamiento específico en forma consecutiva. En algunos casos los cambios en los tratamientos implican tiempos o costos considerables, por lo que no es factible cambiar entre tratamientos. En situaciones de este tipo los tratamientos se deben realizar en un orden aleatorio, con todas las observaciones que corresponden al primer tratamiento elegido de forma aleatoria para que opere primero, y así sucesivamente.

En un experimento completamente aleatorio, es adecuado considerar que cada tratamiento representa una población, y a las respuestas observadas para las unidades

asignadas a ese tratamiento como una muestra aleatoria simple de esa población. Por consiguiente, los datos del experimento constan de algunas muestras aleatorias, cada una proveniente de una población diferente. Las medias poblacionales se llaman medias del tratamiento. Las preguntas de interés relacionadas con las medias de tratamiento son si son todas iguales, y si no, cuáles son diferentes, qué tan grandes son las diferencias, etcétera.



*Figura 6.* Variación de las medias muestrales alrededor de la gran muestra.  
Fuente: Navidi 2006.

## 2.4. MÉTODOS DE ENSAYO

### 2.4.1. Generalidades

Según Arias F. (2018), el cálculo de la resistencia a compresión y tracción se obtendrá como el valor promedio menos una vez la desviación estándar.

$$f'_i = f_{ip} - \sigma_i$$

Donde  $f'_i$  son las resistencias finales a determinar de los ensayos a compresión y tracción de la unidad, a compresión de pilas y a compresión diagonal de muretes,  $f_{ip}$  y  $\sigma_i$  son la resistencia promedio y la desviación estándar de cada ensayo descrito respectivamente.

La dispersión se calcula según la relación:

$$D_i = 100 * \left( \frac{\sigma_i}{f'_i} \right)$$

Según la norma E080 (2017) Art. 9 los esfuerzos admisibles se calculan tomando un coeficiente de seguridad de 2.5 por variación de calidad en el material, calidad de ejecución y evaluación de cargas. En caso de no realizar ensayos se considera un coeficiente de seguridad de 3.

### 2.4.2. Método de ensayo para medir la resistencia a la compresión de la unidad de adobe compactado de 15x15x10 cm.

Según la norma E080 (2017) Art. 8.1 los cubos de adobe deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última  $f_0 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$ . Además, la resistencia se mide mediante el ensayo de compresión en cubos de 0.1m de arista.

En la presente investigación, se realizaron los ensayos en cubos de 0.15m de arista por motivos de fragilidad de la unidad y se determinó factores de corrección a nivel de esfuerzos para cumplir con lo indicado en el Art. 8.1, los cuales se tratan a detalle en el Capítulo IV.

Según la norma E070 (2006) Art. 5.5.a “Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote”. En la presente investigación se asume que las unidades de adobe compactado producidas califican como semiindustriales, debido a que la máquina que se utilizó es una adaptación de una máquina industrial CINVA-RAM, por lo que asumimos una dispersión máxima del 30%.

Para el muestreo de las unidades, se determinó un procedimiento constructivo de manera paulatina y que fue evolucionando con los meses hasta llegar a una secuencia de pasos que permiten tener un procedimiento de construcción idóneo y que obedece al método de elección no probabilístico por conveniencia.

### Preparación de la Unidad

Para el ensayo de compresión, se colocó una capa de yeso (refrentado) de espesor 0.05 m aproximadamente y se esperó que alcance la edad de 7 días para realizar los ensayos.



*Figura 7.* Refrentado de las unidades para el ensayo a compresión de la unidad de adobe compactado de 15x15x10 cm.

### Cálculo

Según Arias F. (2018) “La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de presión  $p$  (psi) de rotura obtenido convertido a carga  $P$  dividido sobre el área bruta de la sección transversal  $A$ ”

$$P = \frac{p}{2.2 * 2.54^2} * (\pi * \frac{\varnothing_e^2}{4})$$

Donde

$p$  es la presión en el cilindro hidráulico en psi.

$\varnothing_e$  es el diámetro del embolo del cilindro hidráulico. (9.249 cm para la presente investigación). Luego, calculamos la resistencia a compresión de la unidad  $f_0$  así:

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

Donde

$P$  es la carga a compresión axial en kg.

$A$  es el área de la muestra a ensayar.

Posteriormente, se obtiene el promedio y la desviación estándar del ensayo y finalmente se calcula la resistencia característica así:

$$f'_0 = f_0 - \sigma$$

### 2.4.3. Método de ensayo para medir la resistencia a la tracción de la unidad de adobe por el método de la viga simple cargada en el punto central.

Según la norma E080 (2017) Art. 8.2 las unidades deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores unidades (de seis unidades) sea igual o mayor a la resistencia última  $f_t = 0.81 \text{ kg/cm}^2$ .

#### Preparación de la Unidad

Según el Manual de ensayo de materiales del MTC (2016), el ensayo consiste en armar el sistema de la Figura 8, de manera que no existan alabeos ni deformaciones que afecten los planos de carga y se asiento.

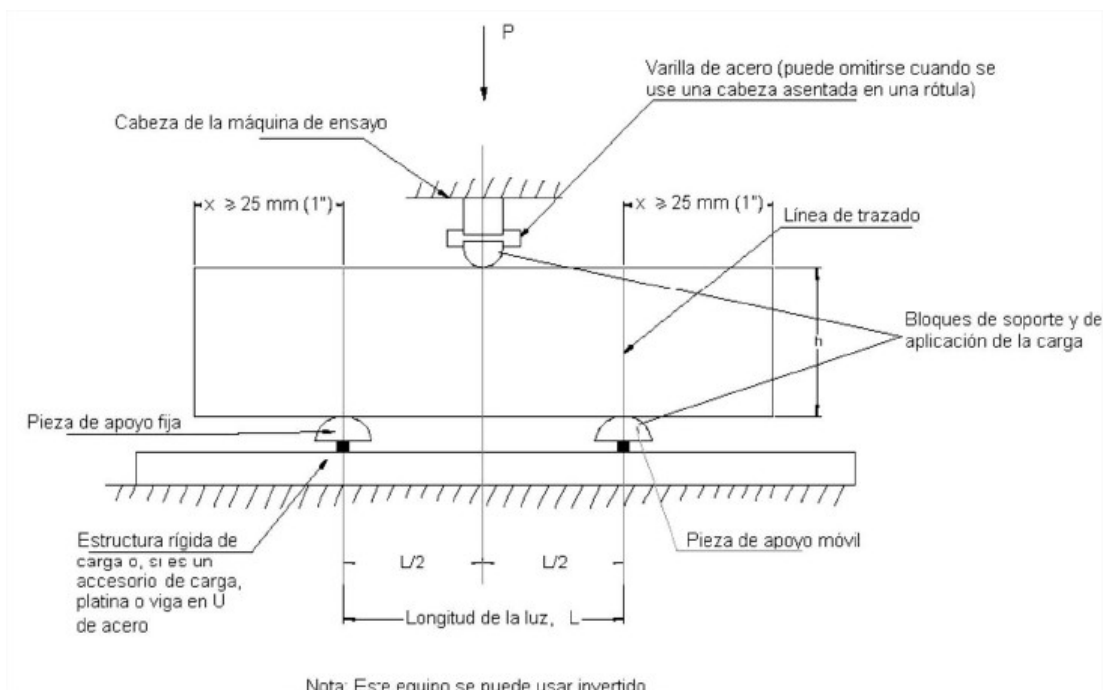


Figura 8. Esquema del ensayo a tracción de la unidad de adobe compactado por el método de la viga simple cargada en el punto central.

Fuente: Manual de ensayo de materiales del MTC (2016)

#### Cálculo

El módulo de rotura  $M_r$  se expresa como el valor de la carga de presión (psi) de rotura obtenido convertido a carga  $P$  según la siguiente relación:

$$Y = 0.224 X - 0.21 \quad (1)$$

donde “X” es la carga en psi y “Y” es la carga en kN.

La ecuación (1) obedece a la calibración de la máquina de ensayo y nos permite obtener la carga de compresión axial en kN.

Luego el módulo de rotura los calculamos así:

$$M_r = \frac{3 * P * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

P es la carga de compresión axial en kg.

L es la luz o claro entre apoyos

b es el ancho de la parte central de la unidad

h es la altura de la parte central de la unidad

Mr es el módulo de rotura o esfuerzo de tracción por flexión en kg/cm<sup>2</sup>

Análogamente, se obtiene el promedio y la desviación estándar del ensayo y finalmente se calcula la resistencia característica así:

$$M_{r0} = M'_r - \sigma$$

#### 2.4.4. Método de ensayo para medir la resistencia del murete(pila) a la compresión.

Según la norma E080 (2017) Art. 8.4 el ensayo de compresión en muretes de adobe de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente), debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores unidades (de seis unidades) sea igual o mayor a la resistencia última  $f'_m = 6.12 \text{ kg/cm}^2$ .

##### Preparación de la Unidad

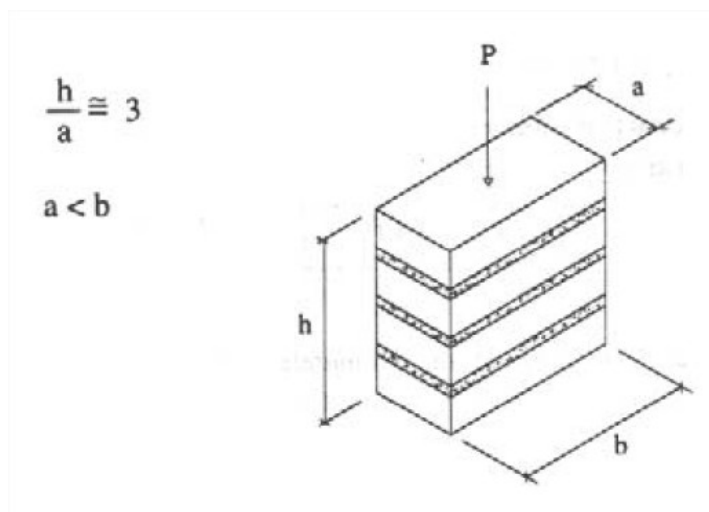


Figura 9. Esquema del ensayo de compresión del murete (pila) de adobe compactado  
Fuente: Norma E080 (2017), p.16



Análogamente, se colocó una capa de yeso (refrentado) de espesor 0.05 m aproximadamente en la cara superior e inferior de la pila y se esperó que alcance la edad de 7 días para realizar los ensayos.

### **Cálculo**

La resistencia a compresión del murete(pila)  $f'_m$  se expresa como el valor de la carga de presión P (psi) de rotura obtenido, convertido a carga en kg mediante la relación (I), dividida entre el área de la cara superior de la pila.

$$f'_m = \frac{P}{a \times b}$$

Donde

P es la carga de compresión axial en kg.

a es el ancho de la pila.

b es el largo de la pila.

Luego se obtiene la resistencia promedio y la desviación estándar del ensayo y finalmente se calcula la resistencia característica restando una vez la desviación estándar a la resistencia promedio.

El esfuerzo a compresión admisible de la pila se define así:

$$f_m = 0.40f'_m$$

El esfuerzo de compresión admisible por aplastamiento se define así:

$$f_m \text{ por aplastamiento} = 1.25f_m$$

Al considerar un factor de seguridad de 3, según el Art. 9 de la norma E080(2017), calculamos el esfuerzo admisible de compresión en pilas así:

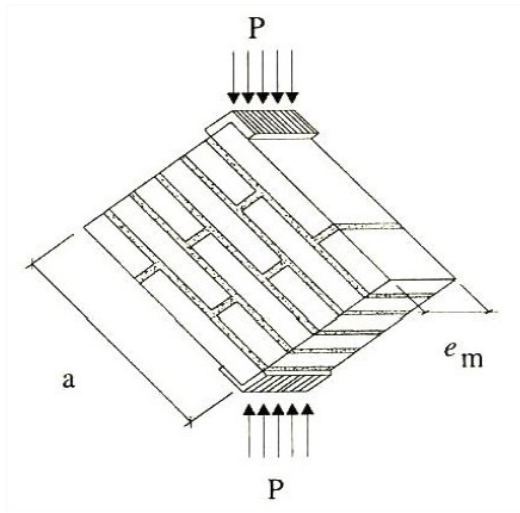
$$\text{Esfuerzo admisible en pilas} = \frac{6.12}{3} = 2.04 \text{ kg/cm}^2$$

### **2.4.5. Método de ensayo para medir la resistencia del murete a tracción indirecta o compresión diagonal.**

Según la norma E080 (2017) Art. 8.5 la resistencia última para el ensayo de compresión diagonal en muretes es  $f'_t = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ . En la presente investigación los muretes tuvieron dimensiones de 0.76 x0.76 x e<sub>m</sub> aproximadamente.

### **Preparación de la Unidad**

Se colocó una capa de yeso (refrentado) de espesor 0.05 m aproximadamente en los vértices de apoyo del murete y se esperó que alcance la edad de 7 días para realizar los ensayos.



*Figura 10.* Esquema del ensayo de compresión diagonal del murete de adobe compactado

Fuente: Norma E080 (2017), p.16

### Cálculo

La resistencia a compresión diagonal del murete  $f'_t$  se expresa como el valor de la carga de presión  $P$  (psi) de rotura obtenido, convertido a carga en kg mediante la relación (I), dividida entre dos veces el ancho por el espesor del murete.

$$f'_t = \frac{P}{2 * a * e_m}$$

Donde

$P$  es la carga de compresión axial en kg.

$a$  es el ancho del murete.

$e_m$  es espesor del murete.

El esfuerzo admisible de corte se define así:

$$V_m = 0.4f'_t$$

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se calcularán la resistencia a compresión y tracción de las unidades de adobe compactado, con la inclusión de fibras de plástico a partir de datos cuantitativos. El tipo de investigación es explicativa, porque trata de explicar la relación causal entre variables.

### **3.2. LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se limita al análisis de la resistencia a compresión y tracción de la unidad de adobe con la inclusión de fibra de plástico señalada, y al ensayo de pilas y muretes de la longitud óptima obtenida de los ensayos de las unidades de adobe.

### **3.3. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **CONTEXTO**

La investigación se desarrolló en la ciudad de Huaraz, empleando suelos de la cantera ubicada en la Urbanización Nuevo Progreso.

#### **POBLACION**

Los adobes compactados con la inclusión de fibras de plástico en la ciudad de Huaraz.

#### **MUESTRA**

##### **Fase 01**

Para esta fase, se elaboraron en total 78 unidades de adobe compactado entre las unidades con la inclusión de fibra y sin la inclusión de fibra de plástico, como se muestra en la tabla 24, de las cuales se seleccionaron 52 para los ensayos.

Según la norma E080 (2017). “Los cubos de adobe deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada”. p.15

Tabla 24

Número de unidades para determinar la resistencia a compresión y tracción.

Long. de fibra	Porcentaje en peso de fibra (%)	Número de unidades (*)	
		Elaboradas	Seleccionadas
8 cm.	0.25	6	4
	0.50	6	4
	0.75	6	4
	1.00	6	4
11.5 cm.	0.25	6	4
	0.50	6	4
	0.75	6	4
	1.00	6	4
23 cm.	0.25	6	4
	0.50	6	4
	0.75	6	4
	1.00	6	4
Sin fibras		6	4
Total		78	52

Nota: (\*) El número de muestras es para cada ensayo  
 (\*\*) El tamaño de cada unidad es: Para compresión 15x15x10 cm cortadas de una unidad de adobe compactada y para tracción 15x29x10 cm una unidad completa.

### Fase 02

Para esta fase, se elaboraron en total 96 unidades con la unidad de adobe que posee la longitud óptima a compresión y tracción. Para los fines de esta investigación, se elaboraron las unidades como se muestra en la tabla 25, de las cuales se seleccionaron 69 para los ensayos.

Tabla 25

Número de unidades para determinar la resistencia a compresión de pilas y compresión diagonal de muretes.

Elemento	Número de unidades (*)	
	Elaboradas	Seleccionadas
Pila 01	8	5
Pila 02	8	5
Pila 03	8	5
Murete 01	24	18
Murete 02	24	18
Murete 03	24	18
Total	96	69

Nota: (\*) El número de unidades para cada ensayo

### **3.4. MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS**

#### **MÉTODOS**

Los métodos de cálculo empleados para analizar los resultados de los ensayos en las unidades de adobe compactado con y sin la inclusión de fibras de plástico son:

- Método de ensayo para medir la resistencia a la compresión de la unidad de adobe de 15x15x10 cm.
- Método de ensayo para medir la resistencia a la tracción de la unidad de adobe por el método de la viga simple cargada en el punto central.
- Método de ensayo para medir la resistencia del murete(pila) a la compresión.
- Método de ensayo para medir la resistencia del murete a tracción indirecta o compresión diagonal.

Estos métodos se desarrollaron en el capítulo II del presente trabajo, y que se rigen estrictamente a la norma E080 – Norma técnica de Diseño y Construcción con tierra reforzada.

#### **RECURSOS EMPLEADOS**

Entre los instrumentos utilizados para desarrollar la tesis, se encuentra el software estadístico STATA MP/14.0, el cual se utilizó para analizar los datos de la primera parte de los ensayos y determinar cuál de los grupos ensayados poseía la resistencia a compresión y tracción óptima y luego elegir ese grupo y preparar más muestras de este tipo para la segunda parte de los ensayos.

A nivel bibliográfico, se consultaron documentos de la zona, así como investigaciones a nivel nacional e internacional, tal como se resume en el Capítulo II, en donde se hace el estudio del arte de la Construcción en adobe.

Por otra parte, se ha utilizado como recurso humano, la experiencia de los jefes de laboratorio, en donde se realizaron los diversos ensayos, cabe reconocer en el presente trabajo que la experiencia en el proceso de elaboración de los adobes ha sido de utilidad para describir el correcto proceso de elaboración de esta alternativa de elaboración de unidades de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico.

En este sentido, se contó con la disponibilidad de las máquinas de ensayo para la compresión de las unidades de adobe, para la tracción de las unidades de adobe, para el ensayo de compresión de pilas y para el ensayo de corte de muretes. Todos los ensayos han sido guiados por el asesor Ing. Richard Depaz Blácido, así como el Ing.

Fernando Arias Enriquez, que es el jefe de laboratorio en donde se realizaron los diversos ensayos.

En cuanto a lo referente a los recursos financieros, el tesista ha costeado los gastos necesarios para poder llevar a cabo la elaboración de la presente investigación.

*Tabla 26*

Presupuesto de elaboración de las tesis.

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio parcial (S/)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total (S/)</b>
Yeso	bls	3.5	8	28
Mano de Obra				
Primera parte	día	70	19	1330
Segunda parte	día	70	6	420
<b>Ensayos de Laboratorio</b>				
Ensayos de compresión en unidades de adobe	glb	15	56	840
Ensayos de corte en Muretes (Rotura)	glb	15	48	720
Ensayos de compresión en Pilas (Rotura)	glb	50	3	150
Ensayos de corte en Muretes (Rotura)	glb	80	3	240
Transporte	glb	200	2	400
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>4128</b>

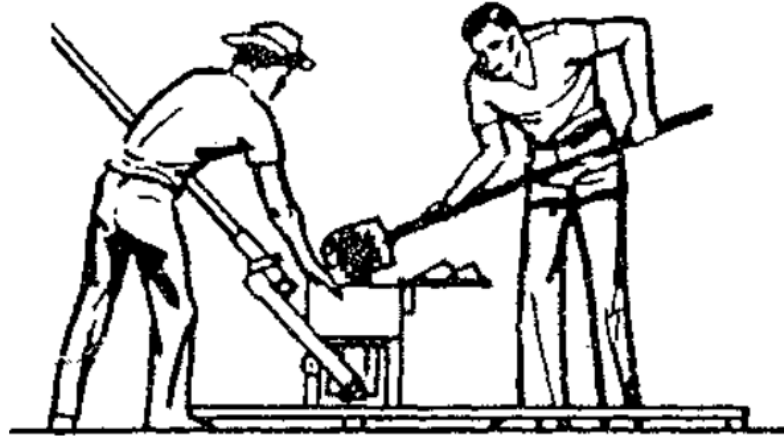
### **3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS**

#### **Etapa preliminar, preparatoria y organización**

- Revisión del RNE.
- Análisis de canteras preliminares
- Delimitación de la zona de trabajo.
- Revisión bibliográfica de los ensayos a realizar.
- Prever los instrumentos que se utilizarán.
- Hacer un listado de los materiales para extraer las muestras insitu.
- Revisión de información de la zona.
- Prueba de instrumentos.

### **Trabajo de Campo**

- Recolección de datos de los componentes de la unidad de adobe.
- Exploración geotécnica y de suelos.
- Ejecutar los ensayos que se realizan en campo.
- Elaboración de unidades de adobe compactada reforzada con fibras de plástico empleando un modelo adaptado de la máquina CINVA RAM.



*Figura 11.* Máquina CINVA RAM para fabricar adobes compactado  
Fuente: Ramírez 1987.

### **Gabinete:**

- Verificación de los datos obtenidos en el trabajo de campo.
- Procesamiento de datos.
- Procesamiento primario de datos recogidos para los ensayos.
- Creación de hojas de cálculo para el análisis de algunos datos.
- Profundización en la revisión bibliográfica para los análisis posteriores que se realizarán.
- Verificación de los datos obtenidos en el trabajo de campo.

## **CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1. Resistencia a compresión de las unidades de adobe compactado**

#### **4.1.1. Sin la inclusión de fibras de plástico.**

Para determinar la resistencia a la compresión de la unidad, se realizó el ensayo en unidades de adobe con dimensiones en planta de 0.15x 0.15 metros aproximadamente, las dimensiones exactas se muestran en las tablas correspondientes. Las dimensiones elegidas se debieron a la fragilidad que tienen las muestras al momento de ser ensayadas, ya que internamente se crean capas entre la fibra de plástico y el suelo utilizado, originando que al momento de realizar los cortes en las unidades para llegar a las dimensiones de 0.10 x 0.10 metros como se indica en la norma E080, las unidades sufren desprendimiento en las esquinas y en los casos más extremos el desprendimiento de toda la unidad.

Los cortes de las unidades para llegar a las dimensiones requeridas se hicieron en primer lugar con una amoladora angular con disco de 4", pero se desperdiciaron muchas unidades debido a que la amoladora gira hasta más de 11 000 rpm y su potencia oscila entre 740W a 1100W.

La segunda alternativa de corte empleada fue con arco de sierra, esto debido a que su hoja de corte posee una finura idónea (32 dientes por pulgada) para realizar un corte más exacto, y se empleó para los cortes más difíciles un serrucho de carpintero más grande. Esto ocasionó un desgaste excesivo de las hojas de cada uno de los serruchos empleados, pero se logró un corte adecuado para las unidades a ensayar.

Según el artículo 8.1 de la norma E080, la resistencia a compresión se mide en cubos de 0.10 m de arista, por esta razón se realizaron ensayos adicionales para poder crear factores de corrección, de manera que podamos convertir los esfuerzos obtenidos en unidades de 0.15 x 0.15 metros a esfuerzos equivalentes en unidades de 0.10 x 0.10 metros de dimensión. A continuación, se muestra el resumen de los ensayos mencionados:



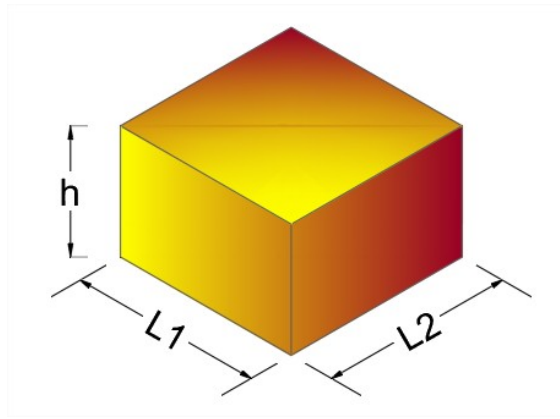


Figura 12. Dimensiones de la unidad de adobe.

Tabla 27

Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
	L' <sub>1</sub> (*)	L' <sub>2</sub>	L' <sub>1</sub>	L' <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
01	14.9	14.9	15.1	15.2	9.8	9.8	9.9	10.0	15.0	15.1	225.75
02	14.7	14.9	14.9	15.0	10.0	10.1	9.9	9.9	14.8	15.0	221.26
03	15.1	14.8	15.0	14.9	10.2	10.3	10.2	10.2	15.1	14.9	223.49
04	14.7	15.0	15.1	14.8	9.8	9.9	10.0	9.8	14.9	14.9	222.01

Nota: (\*) Las longitudes L'<sub>1</sub> y L'<sub>2</sub> son medidas parciales.

Tabla 28

Resistencia a la compresión para unidades sin la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Orden	Carga aplicada (psi)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
01	728	3446.04	225.75	15.26
02	753	3564.38	221.26	16.11
03	696	3294.57	223.49	14.74
04	617	2920.62	222.01	13.16
Promedio (f <sub>0</sub> )				14.82
Desviación Estándar. (σ)				1.24
f <sub>0</sub> - (σ)				13.57
<b>Dispersión</b>				9%

De los resultados presentado en las tablas 28 y 30, las cuales determinan la resistencia de las unidades a compresión sin la inclusión de fibra de plástico para dimensiones de 15x15 y de 10x10 cm respectivamente, se determinó un factor de corrección a nivel de esfuerzo; de tal manera que los ensayos realizados en la presente investigación se

puedan ajustar al artículo 8.1 de la norma E080, la cual norma que los ensayos de compresión se realicen en unidades de 10x10 cm.

Para el presente caso, nos limitamos a realizar una división simple de los esfuerzos hallados, ya que la determinación de este factor de corrección implicaría un estudio más profundo, por lo tanto:

$$\text{Factor de Corrección } 01 = \frac{14.82 \text{ Kg/cm}^2}{13.41 \text{ Kg/cm}^2} = 1.105 \quad (2)$$

Este factor, relaciona los esfuerzos hallados para las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.

*Tabla 29*

Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 10x10cm.

Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
	L' <sub>1</sub> (*)	L' <sub>2</sub>	L' <sub>1</sub>	L' <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
01	9.7	9.9	9.9	10.2	9.7	9.8	9.9	10.0	9.8	10.1	98.49
02	9.6	9.9	9.5	10.5	10.0	10.1	9.9	9.9	9.6	10.2	97.41
03	9.3	10.0	9.5	10.3	10.2	10.3	10.2	10.2	9.4	10.2	95.41
04	9.7	9.5	9.8	9.4	9.8	9.9	10.0	9.8	9.8	9.5	92.14

Nota: (\*) Las longitudes L'<sub>1</sub> y L'<sub>2</sub> son medidas parciales.

*Tabla 30*

Resistencia a la compresión para unidades sin la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 10x10cm.

Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga(kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
01	281	1330.13	98.49	13.51
02	244	1154.99	97.41	11.86
03	309	1462.67	95.41	15.33
04	252	1192.86	92.14	12.95
Promedio (f <sub>0</sub> )				13.41
Desviación Estándar (σ)				1.45
f <sub>0</sub> - (σ)				11.96
<b>Dispersión</b>				12%

En la tabla 31 se presentan los resultados al incluir el factor de corrección 01 para las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.

Tabla 31

Resistencia a la compresión corregida para unidades sin la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Unidad	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Corregida (kg/cm <sup>2</sup> ) (*)
01	15.26	13.81
02	16.11	14.58
03	14.74	13.34
04	13.16	11.91
Promedio (f <sub>0</sub> )		13.41
Desviación Estándar (σ)		1.13
f <sub>0</sub> - (σ)		12.28
<b>Dispersión</b>		9%

Nota: (\*) Factor de corrección 1 = 1.105 (Ecuac.2)

#### 4.1.2. Con la inclusión de fibras de plástico.

Tabla 32

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
	L' <sub>1</sub> (*)	L' <sub>2</sub>	L' <sub>1</sub>	L' <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
01	15.2	14.8	15.0	15.0	9.9	9.8	9.9	9.8	15.1	14.9	224.99
02	14.6	15.0	15.0	14.8	10.2	10.1	9.8	9.6	14.8	14.9	220.52
03	14.8	15.0	14.9	14.9	10.1	9.9	10.0	10.2	14.9	15.0	222.01
04	14.8	14.7	14.9	14.9	10.1	10.0	10.0	9.8	14.9	14.8	219.78

Nota: (\*) Las longitudes L'<sub>1</sub> y L'<sub>2</sub> son medidas parciales.

Tabla 33

Resistencia a la compresión para unidades con la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga(kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
01	759	3592.78	224.99	15.97
02	837	3962.00	220.52	17.97
03	891	4217.62	222.01	19.00
04	897	4246.02	219.78	19.32
Promedio (f <sub>0</sub> )				18.06
Desviación Estándar (σ)				1.51
f <sub>0</sub> - (σ)				16.55
<b>Dispersión</b>				9%

En la tabla 33 se utilizó la unidad que posee la resistencia óptima a compresión y tracción como se muestra en la tabla 53, esta unidad posee 0.75% de concentración de fibra de plástico y 8 cm de longitud de fibra de plástico.

*Tabla 34*

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 10x10cm.

Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
	L' <sub>1</sub> (*)	L' <sub>2</sub>	L' <sub>1</sub>	L' <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
01	9.4	9.8	9.7	10.2	9.7	9.8	9.9	10.0	9.6	10.0	95.50
02	9.9	9.6	9.4	10.1	10.0	10.1	9.9	9.9	9.7	9.9	95.05
03	9.7	10.0	9.9	10.3	10.2	10.3	10.2	10.2	9.8	10.2	99.47
04	9.7	9.5	9.8	9.8	9.8	9.9	10.0	9.8	9.8	9.7	94.09

Nota: (\*) Las longitudes L'<sub>1</sub> y L'<sub>2</sub> son medidas parciales.

*Tabla 35*

Resistencia a la compresión para unidades con la inclusión de fibra de plástico, con sección transversal aproximada de 10x10cm.

Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga(kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
01	264	1249.66	95.50	13.09
02	319	1510.01	95.05	15.89
03	353	1670.95	99.47	16.80
04	285	1349.07	94.09	14.34
Promedio				15.67
Desviación Estándar (σ)				1.65
f <sub>0</sub> - (σ)				14.03
<b>Dispersión</b>				12%

Análogamente, de los resultados presentado en las tablas 33 y 35, las cuales determinan la resistencia de las unidades a compresión con la inclusión de fibra de plástico para dimensiones de 15x15 y de 10x10 cm respectivamente, se determinó otro factor de corrección a nivel de esfuerzos; de tal manera que los ensayos realizados en la presente investigación se puedan ajustar al artículo 8.1 de la norma E080, por lo tanto:

$$\text{Factor de Corrección } 02 = \frac{18.06 \text{ Kg/cm}^2}{15.67 \text{ Kg/cm}^2} = 1.152 \quad (3)$$

Este factor, relaciona los esfuerzos hallados para las unidades con la inclusión de fibra de plástico. A continuación, se presentan los resultados al incluir el factor de corrección 02 para las unidades con la inclusión de fibra de plástico.

Tabla 36

Resistencia a la compresión corregida para unidades con la inclusión de fibra de plástico con sección transversal aproximada de 15x15cm.

Unidad	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Corregida (kg/cm <sup>2</sup> ) (*)
01	15.97	13.86
02	17.97	15.59
03	19.00	16.49
04	19.32	16.76
Promedio (f <sub>0</sub> )		15.67
Desviación Estándar (σ)		1.31
f <sub>0</sub> - (σ)		14.36
<b>Dispersión</b>		9%

Nota: (\*) Factor de corrección 2 = 1.152 (Ecuac.3)

Seguidamente, se presentan los resultados de los ensayos realizados a cada grupo, donde se hizo variar la longitud y la concentración de fibra de plástico, incluyendo en los cálculos los factores de corrección analizados.

Tabla 37

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23 cm de longitud.

%	Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L1	L2	Área (cm <sup>2</sup> )
		L'1(*)	L'2	L'1	L'2	h1	h2	h3	h4			
0.25	01	14.9	14.9	15.1	15.0	9.8	9.8	9.9	10.0	15.0	15.0	224.25
	02	14.7	14.9	14.9	15.0	10.0	10.1	9.9	9.9	14.8	15.0	221.26
	03	15.1	15.0	15.0	14.9	10.2	10.3	10.2	10.2	15.1	15.0	225.00
	04	14.7	15.0	15.1	15.2	9.8	9.9	10.0	9.8	14.9	15.1	224.99
0.50	05	14.6	14.8	14.8	14.7	10.0	10.2	9.8	9.9	14.7	14.8	216.83
	06	14.9	14.7	14.8	15.0	9.6	9.7	9.7	9.8	14.9	14.9	220.52
	07	14.6	14.8	14.9	14.8	9.8	9.8	10.2	10.1	14.8	14.8	218.30
	08	15.0	14.8	14.9	15.1	10.1	9.9	10.2	10.0	15.0	15.0	223.50
0.75	09	14.8	14.7	14.6	14.8	9.9	10.0	9.5	10.1	14.7	14.8	216.83
	10	15.0	15.1	15.0	15.1	9.8	10.2	10.0	9.8	15.0	15.1	226.50
	11	14.8	14.7	14.9	14.9	9.8	10.0	10.2	9.8	14.9	14.8	219.78
	12	15.0	15.2	15.1	15.1	9.6	9.8	9.9	10.0	15.1	15.2	228.01
1.00	13	14.9	15.0	14.8	15.0	9.6	9.6	9.6	9.7	14.9	15.0	222.75
	14	14.8	14.7	14.9	15.1	10.1	10.0	10.0	9.8	14.9	14.9	221.27
	15	14.9	15.0	15.0	14.9	9.8	9.7	9.9	10.0	15.0	15.0	223.50
	16	14.9	14.8	14.9	14.7	10.2	10.0	9.8	9.9	14.9	14.8	219.78

Nota: (\*) Las longitudes L'1 y L'2 son medidas parciales.

Tabla 38

Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23.0 cm de longitud.

%	Unidad	Carga		Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia corregida (kg/cm <sup>2</sup> ) (*)
		aplicada (psi)	(kg)			
0.25	01	532	2518.26	224.25	11.23	9.74
	02	578	2736.01	221.26	12.37	10.73
	03	523	2475.66	225.00	11.00	9.55
	04	518	2451.99	224.99	10.90	9.46
0.50	01	574	2717.07	216.83	12.53	10.87
	02	695	3289.84	220.52	14.92	12.95
	03	505	2390.46	218.30	10.95	9.50
	04	620	2934.82	223.50	13.13	11.39
0.75	01	797	3772.66	216.83	17.40	15.10
	02	988	4676.77	226.50	20.65	17.92
	03	1082	5121.73	219.78	23.30	20.22
	04	870	4118.21	228.01	18.06	15.67
1.00	01	977	4624.70	222.75	20.76	18.02
	02	1117	5287.40	221.27	23.90	20.74
	03	901	4264.95	223.50	19.08	16.56
	04	1243	5883.83	219.78	26.77	23.23

Nota: (\*) Factor de corrección 1.152 (Ecuac.3)

Tabla 39

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.

%	Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
		L <sub>1</sub> (*)	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
0.25	01	15.1	14.9	14.8	15.1	9.6	9.9	9.6	10.0	15.0	15.0	224.25
	02	14.7	15.1	14.7	14.9	10.1	10.0	9.8	9.6	14.7	15.0	220.50
	03	14.8	15.0	14.8	14.7	10.1	9.6	9.9	9.7	14.8	14.9	219.78
	04	15.0	14.7	15.0	14.7	9.7	9.7	10.2	10.1	15.0	14.7	220.50
0.50	01	14.7	15.2	15.1	14.7	9.9	9.8	10.2	9.9	14.9	15.0	222.76
	02	14.8	14.7	15.0	14.8	10.2	9.9	10.2	9.8	14.9	14.8	219.78
	03	14.9	14.8	15.2	14.9	9.6	9.6	10.2	9.9	15.1	14.9	223.49
	04	14.8	15.0	14.8	15.2	9.9	10.1	10.2	9.8	14.8	15.1	223.48
0.75	01	14.7	15.0	15.1	14.6	9.8	10.2	9.9	9.9	14.9	14.8	220.52
	02	15.1	14.6	14.7	14.8	9.6	10.2	10.1	10.2	14.9	14.7	219.03
	03	14.6	14.8	14.7	14.9	10.2	9.7	9.9	10.2	14.7	14.9	217.55
	04	15.1	15.0	14.6	14.8	10.1	10.1	9.8	9.9	14.9	14.9	221.27
1.00	01	15.1	15.0	15.2	14.7	10.0	10.1	9.6	9.8	15.2	14.9	224.98
	02	14.8	14.9	14.8	14.9	9.8	9.9	10.0	10.2	14.8	14.9	220.52
	03	14.7	14.9	15.0	15.2	9.5	9.8	9.8	9.5	14.9	15.1	223.49
	04	15.2	14.8	14.7	15.0	9.6	9.8	9.9	10.0	15.0	14.9	222.76

Tabla 40

Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.

%	Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia corregida (kg/cm <sup>2</sup> ) (*)
0.25	01	482	2281.58	224.25	10.17	8.83
	02	501	2371.52	220.50	10.76	9.33
	03	477	2257.92	219.78	10.27	8.91
	04	402	1902.90	220.50	8.63	7.49
0.50	01	518	2451.99	222.76	11.01	9.55
	02	386	1827.16	219.78	8.31	7.21
	03	700	3313.50	223.49	14.83	12.87
	04	604	2859.08	223.48	12.79	11.10
0.75	01	629	2977.42	220.52	13.50	11.72
	02	733	3469.71	219.03	15.84	13.75
	03	723	3422.38	217.55	15.73	13.65
	04	972	4601.04	221.27	20.79	18.04
1.00	01	988	4676.77	224.98	20.79	18.04
	02	991	4690.97	220.52	21.27	18.46
	03	978	4629.44	223.49	20.71	17.97
	04	887	4198.68	222.76	18.85	16.36

Nota: (\*) Factor de corrección 1.152 (Ecuac.3)

Tabla 41

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.

%	Unidad	Perímetro (cm)				Altura (cm)				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Área (cm <sup>2</sup> )
		L' <sub>1</sub> (*)	L' <sub>2</sub>	L' <sub>1</sub>	L' <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>			
0.25	01	14.7	15.0	15.1	14.6	9.7	9.7	10.2	10.1	14.9	14.8	220.52
	02	14.8	15.0	14.8	14.7	10.2	9.7	9.9	10.2	14.8	14.9	219.78
	03	14.7	15.0	15.0	14.9	9.8	9.9	10.0	9.9	14.9	15.0	222.01
	04	15.2	15.0	14.7	14.9	9.8	9.7	9.6	10.2	15.0	15.0	223.50
0.50	01	14.7	14.9	14.8	15.2	9.8	10.1	9.8	10.2	14.8	15.1	221.99
	02	14.8	15.1	14.9	14.7	9.7	9.7	10.1	10.1	14.9	14.9	221.27
	03	15.0	15.2	14.9	14.8	10.1	10.0	9.9	10.2	15.0	15.0	224.25
	04	15.0	14.7	14.6	15.0	10.2	9.6	10.2	9.9	14.8	14.9	219.78
0.75	01	15.2	14.8	15.0	15.0	9.9	9.8	9.9	9.8	15.1	14.9	224.99
	02	14.6	15.0	15.0	14.8	10.2	10.1	9.8	9.6	14.8	14.9	220.52
	03	14.8	15.0	14.9	14.9	10.1	9.9	10.0	10.2	14.9	15.0	222.01
	04	14.8	14.7	14.9	14.9	10.1	10.0	10.0	9.8	14.9	14.8	219.78
1.00	01	14.7	14.9	14.9	14.6	10.0	10.2	10.2	9.6	14.8	14.8	218.30
	02	14.9	14.7	15.0	14.8	10.1	10.1	9.6	9.9	15.0	14.8	220.51
	03	15.0	14.7	15.0	14.7	10.1	9.6	9.9	9.7	15.0	14.7	220.50
	04	14.7	14.9	14.6	15.0	9.9	9.7	10.2	9.7	14.7	15.0	219.02

Tabla 42

Resistencia a la compresión de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.

%	Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia corregida (kg/cm <sup>2</sup> ) (*)
0.25	01	579	2740.74	220.52	12.43	10.78
	02	491	2324.19	219.78	10.58	9.18
	03	561	2655.54	222.01	11.96	10.38
	04	653	3091.02	223.50	13.83	12.00
0.50	01	513	2428.32	221.99	10.94	9.49
	02	578	2736.01	221.27	12.37	10.73
	03	473	2238.98	224.25	9.98	8.66
	04	600	2840.15	219.78	12.92	11.21
0.75	01	759	3592.78	224.99	15.97	13.86
	02	837	3962.00	220.52	17.97	15.59
	03	891	4217.62	222.01	19.00	16.49
	04	897	4246.02	219.78	19.32	16.76
1.00	01	629	2977.42	218.30	13.64	11.84
	02	1143	5410.48	220.51	24.54	21.29
	03	1014	4799.85	220.50	21.77	18.89
	04	730	3455.51	219.02	15.78	13.69

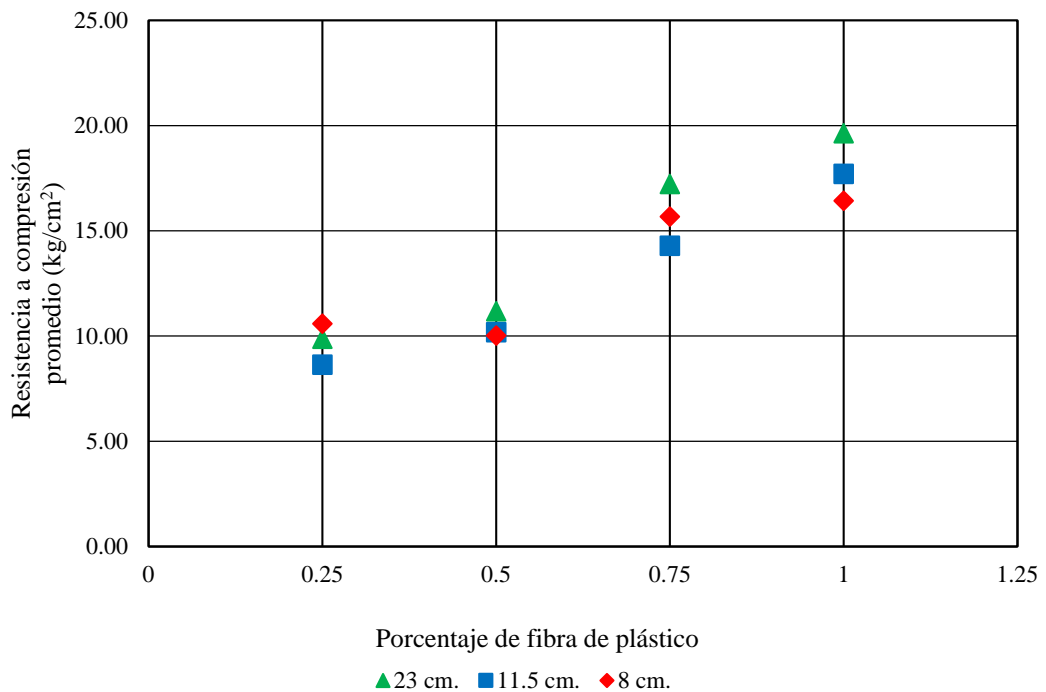


Figura 13. Resistencia a compresión promedio por longitud y porcentaje de fibra de plástico.



## 4.2. Resistencia a tracción de las unidades de adobe compactado

### 4.2.1. Sin la inclusión de fibras de plástico.

Para determinar la resistencia a tracción de la unidad, se realizó el ensayo por flexión de la unidad de adobe con dimensiones en planta de 0.29x0.15 metros aproximadamente, las dimensiones exactas se muestran en la tabla 43. Para la realización de los ensayos se adaptó la máquina de ensayo de muretes con la siguiente disposición:



Figura 14. Disposición de la máquina de ensayo a tracción por flexión de la unidad de adobe compactado.

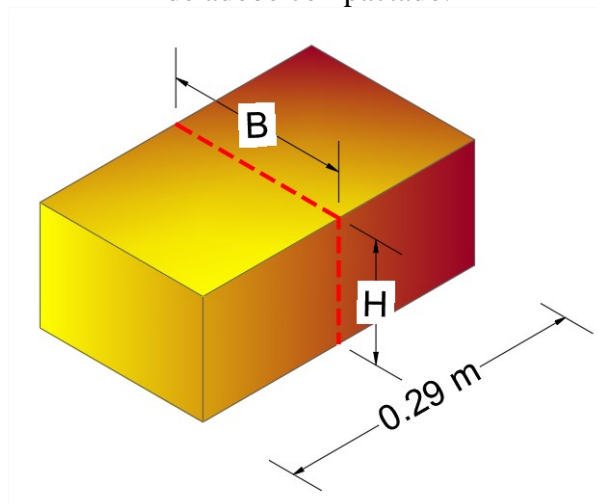


Figura 15. Dimensiones de la unidad

En todos los casos de los ensayos a tracción de las unidades, se utilizó la ecuación (1) de calibración de la máquina de ensayo:

$$Y = 0.224 X - 0.21 \quad (1 \text{ Ecuac. repetida})$$

donde “X” es la carga en Psi y “Y” es la carga en KN.

Tabla 43

Dimensiones de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.

Unidad	Base (cm)		Altura (cm)		B	H
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		
01	14.9	14.9	9.8	9.8	14.9	9.8
02	14.7	14.9	10.0	10.1	14.8	10.1
03	15.1	14.8	10.2	10.3	15.0	10.3
04	14.7	15.0	9.8	9.9	14.9	9.9

Nota: Las longitudes B<sub>1,2</sub> y H<sub>1,2</sub> son medidas parciales.

Tabla 44.

Resistencia a la tracción de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico.

Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga aplicada (kN) (*)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	10	2.03	5.42
02	12	2.478	6.34
03	10	2.03	4.94
04	11	2.254	5.98
Promedio (ft)			5.67
Desviación Estándar ( $\sigma$ )			0.62
ft - ( $\sigma$ )			5.06
<b>Dispersión</b>			12%

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

Tabla 45.

Dimensiones de las unidades elaboradas tradicionalmente.

Unidad	Base (cm)		Altura (cm)		B	H
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		
01	15.2	14.8	9.9	9.8	15.0	9.9
02	14.6	15.0	10.2	10.1	14.8	10.2
03	14.8	15.0	10.1	9.9	14.9	10.0
04	14.8	14.7	10.1	10.0	14.8	10.1

Nota: Las longitudes B<sub>1,2</sub> y H<sub>1,2</sub> son medidas parciales.

Tabla 46.

Resistencia a la tracción de las unidades elaboradas tradicionalmente

Unidad	Carga aplicada (psi)	Carga aplicada (kN) (*)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	7	1.358	3.57
02	8	1.582	3.97
03	11	2.254	5.78
04	8	1.582	4.06
Promedio (ft)			4.35
Desviación Estándar ( $\sigma$ )			0.98
ft - ( $\sigma$ )			3.36
<b>Dispersión</b>			29%

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

#### 4.2.2. Con la inclusión de fibras de plástico.

Análogamente, se presenta las dimensiones y los resultados obtenidos para las unidades de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico.

Tabla 47

Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 23 cm de longitud para los ensayos a tracción.

%	Unidad	Base (cm)		Altura (cm)		B	H
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		
0.25	01	15.1	14.9	9.6	9.8	15.0	9.7
	02	14.8	14.9	9.9	10.1	14.9	10.0
	03	15.1	15.0	10.2	10.3	15.1	10.3
	04	14.7	14.9	9.8	9.9	14.8	9.9
0.50	05	14.7	14.8	10.0	10.2	14.8	10.1
	06	15.1	14.9	9.6	9.7	15.0	9.7
	07	14.6	14.8	9.8	9.8	14.7	9.8
	08	15.0	14.8	10.1	9.9	14.9	10.0
0.75	09	14.9	14.7	9.9	10.0	14.8	10.0
	10	15.0	15.1	9.8	10.2	15.1	10.0
	11	14.9	14.7	9.8	10.0	14.8	9.9
	12	15.1	15.2	9.6	9.8	15.2	9.7
1.00	13	14.9	15.0	9.6	9.6	15.0	9.6
	14	14.8	14.7	10.1	10.0	14.8	10.1
	15	14.9	15.0	9.8	9.7	15.0	9.8
	16	14.9	14.8	10.2	10.0	14.9	10.1

Tabla 48 Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 23.0 cm de longitud.

%	Unidad	Resistencia	
		(psi)	(kN) (*)
0.25	01	10	2.03
	02	10	2.03
	03	11	2.254
	04	9	1.806
0.50	01	13	2.702
	02	14	2.926
	03	14	2.926
	04	14	2.926
0.75	01	21	4.494
	02	18	3.822
	03	19	4.046
	04	18	3.822
1.00	01	16	3.374
	02	16	3.374
	03	15	3.15
	04	16	3.374

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

Tabla 49 Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 11.5 cm de longitud para los ensayos a tracción

%	Unidad	Base (cm)		Altura (cm)		B	H
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		
0.25	01	14.9	14.7	9.6	9.9	14.8	9.8
	02	14.9	15.2	10.1	10.0	15.1	10.1
	03	14.7	15.0	10.1	9.6	14.9	9.9
	04	15.0	14.7	9.7	9.7	14.9	9.7
0.50	01	14.7	15.2	9.9	9.8	15.0	9.9
	02	15.1	14.9	10.2	9.9	15.0	10.1
	03	15.0	14.8	9.6	9.6	14.9	9.6
	04	14.8	15.0	9.9	10.1	14.9	10.0
0.75	01	14.8	15.0	9.8	10.2	14.9	10.0
	02	15.1	14.6	9.6	10.2	14.9	9.9
	03	14.6	14.8	10.2	9.7	14.7	10.0
	04	15.1	15.0	10.1	10.1	15.1	10.1
1.00	01	14.6	14.9	10.0	10.1	14.8	10.1
	02	14.8	14.9	9.8	9.9	14.9	9.9
	03	14.7	14.9	9.5	9.8	14.8	9.7
	04	14.7	14.8	9.6	9.8	14.8	9.7

*Tabla 50* Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 11.5 cm de longitud.

%	Unidad	Resistencia	
		(psi)	(kN) (*)
0.25	01	7	1.358
	02	6	1.134
	03	8	1.582
	04	7	1.358
0.50	01	12	2.478
	02	8	1.582
	03	10	2.03
	04	9	1.806
0.75	01	16	3.374
	02	14	2.926
	03	15	3.15
	04	15	3.15
1.00	01	14	2.926
	02	21	4.494
	03	19	4.046
	04	18	3.822

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

*Tabla 51* Dimensiones de las unidades con la inclusión de fibras de plásticos de 8.0 cm de longitud para los ensayos a tracción.

%	Unidad	Base (cm)		Altura (cm)		B	H
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		
0.25	01	14.8	15.0	9.7	9.7	14.9	9.7
	02	14.8	15.0	10.2	9.7	14.9	10.0
	03	14.7	15.1	9.8	9.9	14.9	9.9
	04	14.9	15.0	9.8	9.7	15.0	9.8
0.50	01	15.0	15.0	9.8	10.1	15.0	10.0
	02	14.8	15.1	9.7	9.7	15.0	9.7
	03	15.0	15.2	10.1	10.0	15.1	10.1
	04	15.0	14.7	10.2	9.6	14.9	9.9
0.75	01	15.2	14.8	9.9	9.8	15.0	9.9
	02	15.1	15.0	10.2	10.1	15.1	10.2
	03	15.0	15.0	10.1	9.9	15.0	10.0
	04	14.8	14.7	10.1	10.0	14.8	10.1
1.00	01	15.1	14.9	10.0	10.2	15.0	10.1
	02	14.9	14.7	10.1	10.1	14.8	10.1
	03	15.0	14.7	10.1	9.6	14.9	9.9
	04	15.0	14.9	9.9	9.7	15.0	9.8

Tabla 52

Resistencia a tracción de unidades con la inclusión de fibras de plástico de 8.0 cm de longitud.

%	Unidad	Resistencia (psi)	Resistencia (kN) (*)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
0.25	01	10	2.03	5.54
	02	10	2.03	5.26
	03	9	1.806	4.78
	04	10	2.03	5.46
0.50	01	20	4.27	11.00
	02	14	2.926	7.95
	03	16	3.374	8.46
	04	18	3.822	10.04
0.75	01	13	2.702	7.10
	02	14	2.926	7.22
	03	15	3.15	8.03
	04	16	3.374	8.66
1.00	01	13	2.702	6.75
	02	18	3.822	9.68
	03	15	3.15	8.36
	04	16	3.374	8.99

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

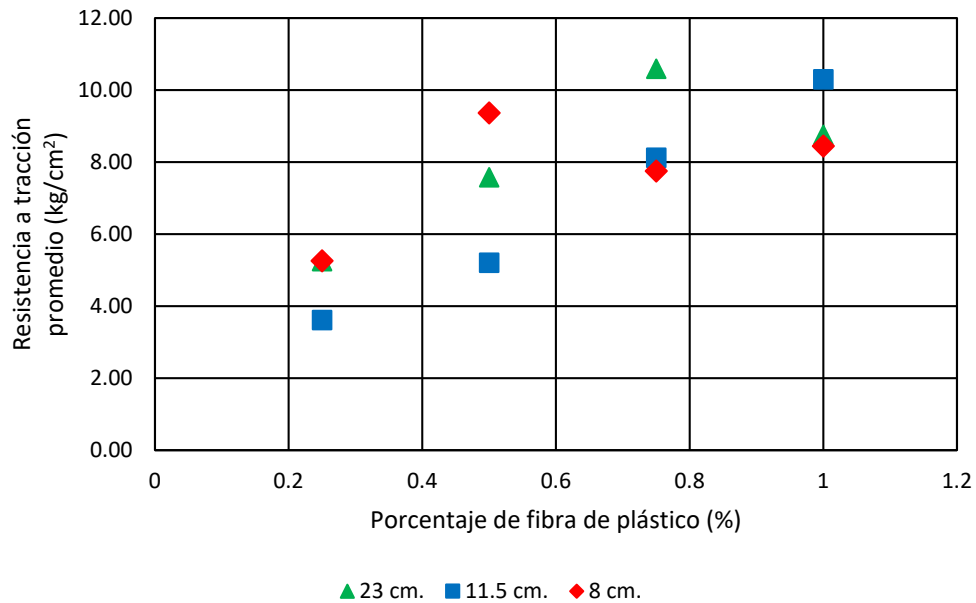


Figura 16. Resistencia a tracción promedio por longitud y porcentaje de fibra de plástico.

En el apartado 4.3 se analiza la elección de la unidad óptima que presenta la mejor resistencia a compresión y tracción. En la tabla 53 se muestra la unidad con la resistencia a tracción elegida.

*Tabla 53*

Resistencia a tracción de la unidad con la inclusión de fibra de plástico óptima.

Unidad	Carga aplicada(psi)	Carga aplicada (kN) (*)	Resistencia (kg/cm2)
01	13	2.702	7.10
02	14	2.926	7.22
03	15	3.15	8.03
04	16	3.374	8.66
Promedio ( $f_t$ )			7.75
Desviación Estándar ( $\sigma$ )			0.73
$F_t - (\sigma)$			7.02
<b>Dispersión</b>			10%

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

#### 4.3. Longitud óptima con la inclusión de fibras de plástico.

Para el análisis y determinación de la resistencia a compresión y tracción que genera la resistencia óptima, se utilizó el software de análisis estadístico STATA/MP 14.0, en la cual se realizó lo siguiente:

##### 1. Determinación de la resistencia óptima a compresión

Para tal efecto, se realizó un análisis de modelos lineales (Método ANOVA/MANOVA) dentro del software y se obtuvo los siguientes datos:

```
. anova Esfuerzo Longitud Porcentaje
```

Number of obs =	48	R-squared =	0.7618
Root MSE =	114.36	Adj R-squared =	0.7334

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	1756337.6	5	351267.52	26.86	0.0000
Longitud	81564.875	2	40782.437	3.12	0.0546
Porcentaje	1674772.7	3	558257.58	42.69	0.0000
Residual	549287.71	42	13078.279		
Total	2305625.3	47	49055.858		

*Figura 17.* Resultados del análisis de datos a compresión. software STATA

De la Figura 17 se observa que se tienen dos factores de tratamiento para la variable respuesta o variable dependiente, (Resistencia a la compresión obtenida de los ensayos), las cuales son la **Longitud** de la fibra de Plástico y el **Porcentaje** de fibra de plástico.

Según el análisis ANOVA, cuando la Prob>F tiene valores en la vecindad de 0.05, significa que el factor Longitud no es significativa en la variación de la variable de resistencia a compresión.

Por otro lado, notamos que el factor Porcentaje tiene un valor de Prob>F de cero, esto significa que el factor porcentaje si es significativo en la variación de la variable de resistencia a compresión.

Luego, se realizó una comparación de medias por parejas según el método de Tukey, para lo cual designamos a la variable respuesta como el esfuerzo y el primer factor a comparar será la longitud; además tomaremos como intervalo de confianza un 95% y obtenemos los siguientes datos:

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Longitud			
115	685.6875	55.57853	A
80	709.25	55.57853	A
230	782.5	55.57853	A

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 18.* Comparación de medias por parejas (compresión): esfuerzo vs longitud  
De los resultados obtenidos en la Figura 18, observamos que los promedios de los esfuerzos han sido ordenados de forma ascendente donde las muestras que tienen una longitud de 23 cm de fibra de plástico, tienen el mejor promedio de esfuerzo de 782.5 psi. También podemos observar la desviación estándar de cada grupo y finalmente nos resulta que el factor **Longitud** se agrupa en un grupo único A, de tal manera que podemos elegir cualquiera de las tres longitudes, ya que el factor Longitud no es significativa como se analizó en la primera parte.

Seguidamente, se analizó una comparación de media por parejas entre el esfuerzo y el factor **Porcentaje**, tomando nuevamente el intervalo de confianza de 95%.



Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Porcentaje			
25	524.75	34.56583	A
50	563.8333	34.56583	A
75	848.1667	34.56583	B
100	966.5	34.56583	B

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

Figura 19. Comparación de medias por parejas (compresión): esfuerzo vs porcentaje. Análogamente, se ordenó los promedios del esfuerzo obtenido de forma ascendente, donde las muestras con el 1% de concentración de fibra de plástico, tienen el mejor promedio de esfuerzo de 966.50 psi. Notamos además la desviación estándar de cada grupo y según el método de Tukey, nos resulta que el factor Porcentaje nos permite agrupar los resultados en dos grupos A y B, es decir que estadísticamente usar 0.25% o 0.5% es lo mismo y usar 0.75% y 1.0% también es lo mismo.

## 2. Determinación de la resistencia óptima a tracción

Análogamente a lo realizado para la compresión, analizaremos los resultados de las muestras a tracción con modelos lineales (Método ANOVA/MANOVA) dentro del software y tenemos los siguientes resultados:

```
. anova Esfuerzo Longitud Porcentaje
```

Number of obs =	48	R-squared =	0.6705
Root MSE =	2.36857	Adj R-squared =	0.6312

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	479.375	5	95.875	17.09	0.0000
Longitud	42.875	2	21.4375	3.82	0.0299
Porcentaje	436.5	3	145.5	25.94	0.0000
Residual	235.625	42	5.610119		
Total	715	47	15.212766		

Figura 20. Resultados del análisis de datos a tracción. software STATA

De la Figura 20 se observa que se tienen dos factores de tratamiento para la variable respuesta o variable dependiente, (Resistencia a tracción de las unidades), las cuales son la **Longitud** de la fibra de plástico y el **Porcentaje** de fibra de plástico.

Según el análisis ANOVA, cuando la Prob>F tiene valores menores a 0.05, significa que el factor Longitud es significativa en la variación de la variable de resistencia a tracción.

Así mismo, notamos que el factor Porcentaje tiene un valor de Prob>F de cero, esto significa que el factor porcentaje es significativo en la variación de la variable de resistencia a tracción.

Análogamente, realizaremos una comparación de medias por parejas según el método de Tukey, para lo cual designamos a la variable respuesta como el esfuerzo y el primer factor a comparar será la longitud; además tomaremos como intervalo de confianza un 95% y obtenemos los siguientes datos:

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Longitud			
115	12.4375	.9661816	A
80	14.1875	.9661816	A
230	14.625	.9661816	A

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 21.* Comparación de medias por parejas (tracción): esfuerzo vs longitud

De los resultados obtenidos en la Figura 21, observamos que los promedios de los esfuerzos han sido ordenados de forma ascendente donde las muestras que tienen una longitud de 23 cm y 8 cm de fibra de plástico tienen el mejor promedio de esfuerzo de 14 psi. También observamos la desviación estándar de cada grupo y finalmente según el método de Tukey nos resulta que el factor **Longitud** se agrupa en un grupo único A, de tal manera que podemos elegir entre las que tienen mejor resistencia.

Sin embargo, la clasificación en un solo grupo implica que las longitudes elegidas no son significativas en la variación de la resistencia a tracción y según la Figura 21 si lo es, lo que implica que la significancia se presentaría en otras longitudes no contempladas en la presente investigación.

Seguidamente, analizaremos una comparación de media por parejas entre el esfuerzo y el factor **Porcentaje**, tomando nuevamente el intervalo de confianza de 95%.

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Porcentaje			
25	8.916667	.7262659	
50	13.5	.7262659	A
75	16.16667	.7262659	AB
100	16.41667	.7262659	B

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 22.* Comparación de medias por parejas (tracción): esfuerzo vs porcentaje. Análogamente, se ordenan los promedios del esfuerzo obtenido de forma ascendente, donde las muestras con el 0.75% y el 1% de concentración de fibra de plástico, tienen el mejor promedio de esfuerzo de 16 psi. Notamos además la desviación estándar de cada grupo y según el método de Tukey, nos resulta que el factor Porcentaje nos permite agrupar los resultados en dos grupos A y B, notamos además que para una concentración de 0.25% de fibra de plástico no existe ninguna asignación, esto se debe a que el análisis realizado considera que este porcentaje no es significativo, obviándolo de la comparación por parejas.

De este modo, las elecciones de las unidades con mejor comportamiento se dirigen hacia el grupo B, por poseer mejores resultados en su resistencia.

Finalmente, luego de haber analizado la resistencia óptima de ambos grupos, elegimos la pareja que tiene el 0.75% de concentración de fibra de plástico y 8 cm de longitud de fibra de plástico por las razones siguientes:

- ✓ El grupo posee la resistencia a compresión y tracción alta, superando en resistencia y comportamiento a las demás. En este punto, podemos notar que los grupos que tienen el 1% de concentración de fibra de plástico, también han obtenido buenas resistencias de los ensayos realizados, siendo incluso superiores al grupo elegido como óptimo; sin embargo, la elección que se está realizando toma en cuenta el proceso constructivo de la unidad de adobe y durante la construcción de las unidades se ha notado que todos los grupos que poseen el 1% de concentración de fibra de plástico, al momento de adicionar la fibra a la máquina

CINVA-RAM, tiene una tendencia a rebalsar, porque la cantidad de fibra de plástico empleada con el 1% está en un límite entre lo suficiente y lo excesivo para las dimensiones de la máquina.

Además, cuando se retira la unidad construida con el 1% de concentración de fibra de plástico, se nota una concentración excesiva en todas las caras laterales, lo que origina que las fibras de las caras laterales no se mezclen adecuadamente con la mezcla de tierra y agua, saliendo fuera de los planos de las caras y quedando sujetas a la unidad en pequeñas proporciones.

Esto trae consigo, luego de que la unidad ha secado, que las fibras de plástico que quedan colgando por las caras laterales, se desprendan originando resquebrajaduras en las caras laterales.

- ✓ El grupo posee un buen comportamiento al momento de construir las pilas y los muretes, ya que, al poseer la cantidad de fibra óptima, permite que su comportamiento durante el proceso constructivo se lleve a cabo de manera homogénea y brinda las facilidades para su construcción. Esto se debe en gran medida por que la longitud óptima elegida es de 8 cm de fibra de plástico, siendo esta la longitud más corta de las analizadas.

A continuación, se muestra una figura de lo descrito



*Figura 23.* Unidades con 1 % de concentración de fibra de plástico

Finalmente, la unidad óptima de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico que posee mejor resistencia a compresión y tracción es de 8 cm de longitud de fibra y 0.75% de porcentaje de peso de fibra de plástico.

#### 4.4. Resistencia a compresión de Pilas.

Para este análisis, se necesita definir la esbeltez de la pila, para dicho propósito se siguió el criterio de la norma E080 y el criterio desarrollado en la investigación de Quiun D., San Bartolomé A. y Mendoza G. (S.f.) que concluyen experimentalmente “que los valores de la resistencia son muy sensibles para esbelteces menores que 3, por lo que resulta aconsejable que la esbeltez estándar sea la especificada por SENCICO 2004 y que las pilas estén compuestas por lo menos por tres unidades de albañilería”. Análogamente a este análisis, la norma E080(At.8.4) recomienda que la esbeltez sea mayor a 3 para los ensayos a compresión en pilas.

Tabla 54

Dimensiones de las pilas para los ensayos a compresión

Pila	Ancho "a"(cm)				Largo "b"(cm)				Altura "h"(cm)			
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>
1	14.8	15.0	14.8	14.7	29.4	29.5	29.5	29.6	55.2	55.3	55.3	55.2
2	15.0	14.7	15.0	14.7	29.3	29.2	29.4	29.5	53.6	53.5	53.4	53.6
3	14.6	14.8	14.7	14.9	29.5	29.6	29.4	29.5	54.6	54.6	54.5	54.5



Figura 24. Disposición de las unidades en la construcción de las pilas

Tabla 55

Determinación de la esbeltez y el área de las pilas

Pila	a	b	h	Esbeltez	Área (axb)
1	14.8	29.5	55.3	3.73	437.34
2	14.9	29.4	53.5	3.60	435.85
3	14.8	29.5	54.6	3.70	435.13

Tabla 56

Determinación de la resistencia a compresión en pilas

Pila	Carga aplicada (psi)	Carga aplicada (kN) (*)	Área	Esfuerzo $f_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	223	49.742	437.34	11.60
2	256	57.134	435.85	13.37
3	193	43.022	435.13	10.08
Promedio( $f_m$ )				11.68
Desviación Estándar. ( $\sigma$ )				1.64
$f_m - (\sigma)$				10.04
<b>Dispersión</b>				16%

Nota: (\*) Conversión según ecuación (1).

El esfuerzo a compresión admisible de la pila es:

$$f_m = 4.016 \text{ kg/cm}^2$$

Del Art. 9 de la norma E080(2017), el esfuerzo admisible de pilas de adobe es 2.04 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, cumplimos con la norma.

El esfuerzo de compresión admisible por aplastamiento es:

$$f_m \text{ por aplastamiento} = 5.02 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.5. Resistencia a compresión diagonal en muretes

Para este análisis, seguiremos el criterio descrito en el Art. 8.5 de la norma E080

Tabla 57

Dimensiones del murete 1

Parámetro	Dimensiones (cm)					Promedio	
	1	2	3	4	5		
$L_h$	75.9	76	76.1	76.2	76.3	76.10	
$L_v$	76.9	77	76.9	76.9	77	76.94	
e	14.7	14.6	14.9	15	14.9	14.82	
D	D1	111	112	112	112	112	109.58
	D2	108	108	108	108	108	
Área de corte (cm <sup>2</sup> )						2255.6	

Nota: (\*) Área de corte = 2 \*  $L_h$  \* e

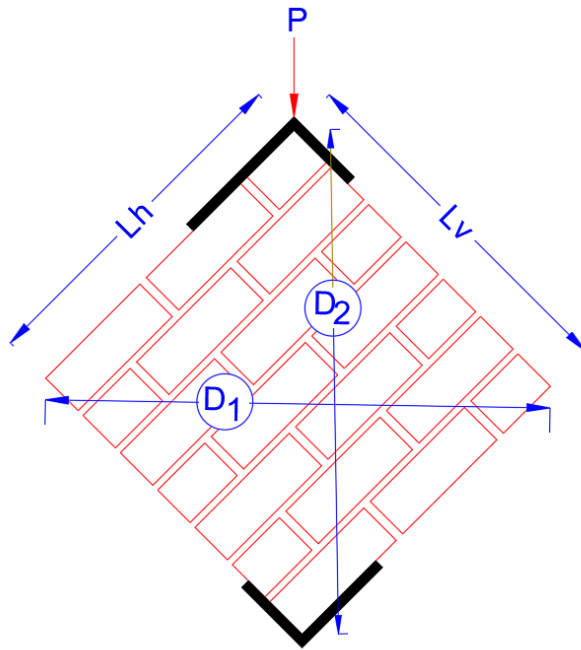


Figura 25. Disposición de dimensiones del murete

Tabla 58  
Dimensiones del murete 2

Parámetro	Dimensiones (cm)					Promedio
	1	2	3	4	5	
$L_h$	77.5	77.4	77.6	77.4	77.5	77.48
$L_v$	77.7	77.8	77.6	77.7	77.8	77.72
$e$	14.9	15	14.9	14.8	15	14.92
<b>D</b>	<b>D1</b>	112	112	112	112	109.76
	<b>D2</b>	108	108	108	108	
<b>Área de corte (cm<sup>2</sup>)</b>						2312

Nota: (\*) Área de corte =  $2 * L_h * e$

Tabla 59  
Dimensiones del murete 3

Parámetro	Dimensiones (cm)					Promedio
	1	2	3	4	5	
$L_h$	75.9	76.2	75.9	75.8	75.9	75.94
$L_v$	77.8	77.5	77.5	77.6	77.4	77.56
$e$	14.9	14.5	14.7	14.9	14.6	14.72
<b>D</b>	<b>D1</b>	113	113	113	113	114.36
	<b>D2</b>	116	116	116	116	
<b>Área de corte (cm<sup>2</sup>)</b>						2235.67

Nota: (\*) Área de corte =  $2 * L_h * e$

Tabla 60

Compresión diagonal en muretes obtenida  $f'_t$

Murete	Área de corte (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (psi)	Carga aplicada (kN) (*)	Esfuerzo a compresión diagonal $f'_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2255.60	35.00	7.63	0.34
2	2312.00	25.00	5.39	0.24
3	2235.67	39.00	8.53	0.39
<b>Promedio(<math>f'_t</math>)</b>				<b>0.32</b>
Desviación Estándar ( $\sigma$ )				0.08
$f'_t - (\sigma)$				0.25
<b>Dispersión</b>				<b>32%</b>

Nota: (\*) Conversión según ecuación (I).

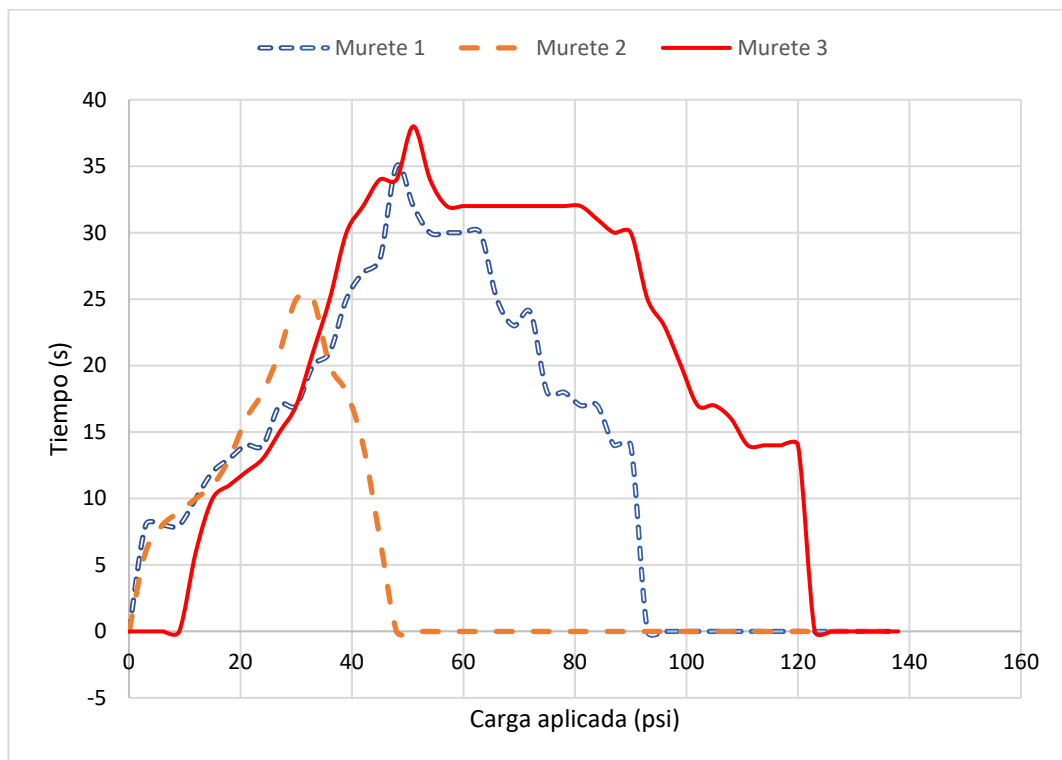


Figura 26. Gráfico de tiempo vs carga aplicada en muretes

#### 4.6. Contratación de Hipótesis

Planteamos la hipótesis nula  $H_0$ :

$$\mu_{0\%} = \mu_{0.25\%; 0.50\%; 0.75\%; 1.0\%}$$

Donde

$\mu_{0\%}$  es la resistencia a compresión y tracción de las unidades de adobe compactado sin la inclusión de fibras de plástico.



$\mu_{0.25\%; 0.50\%; 0.75\%; 1.0\%}$  son las resistencias a compresión y tracción de las unidades de adobe compactado con la inclusión de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0% de porcentaje de fibra de plástico para 8.0 cm, 11.5 cm y 23.0 cm de longitud de fibra de plástico.

Luego la hipótesis alternativa  $H_1$  define así:

$$\mu_{0\%} < \mu_{0.25\%; 0.50\%; 0.75\%; 1.0\%}$$

Para la contrastación de hipótesis de la resistencia a compresión y tracción, se utilizó el software de análisis estadístico STATA/MP 14.0.

#### 4.6.1. Contrastación de hipótesis para la resistencia a compresión

Para tal efecto, se realizó un análisis de modelos lineales (Método ANOVA/MANOVA) dentro del software y se obtuvo los siguientes datos:

```
. anova Esfuerzo Porcentaje Longitud
```

	Number of obs =	52	R-squared =	0.8202	
	Root MSE =	110.747	Adj R-squared =	0.7963	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	2518429.3	6	419738.22	34.22	0.0000
Porcentaje	2510359.9	4	627589.98	51.17	0.0000
Longitud	81564.875	2	40782.438	3.33	0.0450
Residual	551920.71	45	12264.905		
Total	3070350.1	51	60202.942		

Figura 27. Contrastación de hipótesis - resistencia a compresión. Software STATA

De la Figura 27 según el análisis ANOVA, cuando la Prob>F tiene valores en la vecindad de 0.05, significa que el factor Longitud no es significativa en la variación de la variable de resistencia a compresión. Así mismo, notamos que el factor Porcentaje tiene un valor de Prob>F de cero, esto significa que el factor porcentaje es significativo en la variación de la variable de resistencia a compresión.

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Porcentaje			
0	271.5	58.04829	
25	524.75	33.5142	A
50	563.8333	33.5142	A
75	848.1667	33.5142	B
100	966.5	33.5142	B

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 28.* Comparación de medias por parejas (contrastación a compresión).  
esfuerzo vs Porcentaje

Luego, la comparación de medias por parejas, según el método de Tukey, nos definió los grupos de la Figura 28, notamos que los promedios están ordenados ascendentemente, evidenciando que la resistencia de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico (porcentaje 0%) son las más bajas y las que poseen las mejores resistencias son los porcentajes de 0.75% y 1.0%, lo que demuestra que la hipótesis alternativa es verdadera, tomando el intervalo de confianza de 95%.

Además, los porcentajes de 0.25% y 0.50% forman el grupo A, mientras que los porcentajes de 0.75% y 1.0% forman el grupo B; el porcentaje de 0% no se agrupa en ninguno debido a su resistencia baja en comparación con los otros grupos.

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Longitud			
0	271.5	107.691	
115	685.6875	53.84552	A
80	709.25	53.84552	A
230	782.5	53.84552	A

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 29.* Comparación de medias por parejas (contrastación a compresión).  
esfuerzo vs longitud

Análogamente, se realizó la comparación de medias por parejas entre el esfuerzo y el factor longitud de la Figura 29, notamos que los promedios están ordenados ascendentemente, evidenciando que la resistencia de las unidades sin la inclusión de

plástico (porcentaje 0%) son las más bajas y las que poseen las mejores resistencias son los porcentajes de 0.75% y 1.0%, lo que demuestra que la hipótesis alternativa es verdadera, tomando el intervalo de confianza de 95%.

Además, las longitudes de 8.0 cm, 11.5 cm y 23 cm forman el grupo A, mientras que el porcentaje de 0% no se agrupa en ninguno debido a su resistencia baja en comparación con el otro grupo.

#### 4.6.2. Contrastación de hipótesis para la resistencia a tracción

Análogamente, analizaremos los resultados de las muestras a tracción con modelos lineales (Método ANOVA/MANOVA) dentro del software y tenemos los siguientes resultados:

```
. anova Esfuerzo Porcentaje Longitud
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	512.60577	6	85.434295	16.13	0.0000
Porcentaje	484.55	4	121.1375	22.87	0.0000
Longitud	42.875	2	21.4375	4.05	0.0242
Residual	238.375	45	5.2972222		
Total	750.98077	51	14.725113		

Number of obs = 52      R-squared = 0.6826  
 Root MSE = 2.30157      Adj R-squared = 0.6403

Figura 30. Contrastación de hipótesis - resistencia a tracción. Software STATA

De la Figura 30 según el análisis ANOVA, como la Prob>F tiene valores cercanos a cero, significa que el factor Longitud y el factor Porcentaje son significativos en la variación de la variable de resistencia a tracción.

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Porcentaje			
25	8.916667	.7061659	A
0	10.75	1.223115	AB
50	13.5	.7061659	BC
75	16.16667	.7061659	CD
100	16.41667	.7061659	D

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 31.* Comparación de medias por parejas (contrastación a tracción). esfuerzo vs Porcentaje

Luego, la comparación de medias por parejas, según el método de Tukey, nos definió los grupos de la Figura 31, notamos que los promedios están ordenados ascendentemente, evidenciando que la resistencia de las unidades sin la inclusión de fibra de plástico (porcentaje 0%) y las unidades con la inclusión de 0.25% de fibra de plástico son las más bajas. Esto sucede porque en las unidades con 0.25% de porcentaje de fibra de plástico existe mayor fragilidad.

Las unidades que poseen las mejores resistencias son los porcentajes de 0.75% y 1.0%, lo que demuestra que la hipótesis alternativa es verdadera, tomando el intervalo de confianza de 95%.

Además, notamos que se forman los grupos A, AB, BC, CD y D de manera escalonada, lo que evidencia que se pueden formar parejas de manera escalonado al promedio de sus resistencias, ya que las desviaciones estándar son similares entre cada uno de los grupos formados.

Esfuerzo	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
Longitud			
0	10.75	1.874826	A
115	12.4375	.9374132	A
80	14.1875	.9374132	A
230	14.625	.9374132	A

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

*Figura 32. Comparación de medias por parejas (contrastación a tracción).  
esfuerzo vs longitud*

Análogamente, se realizó la comparación de medias por parejas entre el esfuerzo y el factor longitud de la Figura 32, notamos que los promedios están ordenados ascendentemente, evidenciando que la resistencia de las unidades sin la inclusión de plástico (porcentaje 0%) son las más bajas y las que poseen las mejores resistencias son los porcentajes de 0.75% y 1.0%, lo que demuestra que la hipótesis alternativa es verdadera, tomando el intervalo de confianza de 95%.

Además, las longitudes de 8.0 cm, 11.5 cm, 23 cm y las que no tienen ninguna fibra (longitud cero) forman el grupo A, lo que significa que la significancia se presentaría en otras longitudes no contempladas en la presente investigación.

Finalmente, queda demostrada la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, ya que la Hipótesis alternativa es verdades para la resistencia a compresión y para la resistencia a tracción de las unidades de adobe compactado.

## CONCLUSIONES

1. La resistencia a compresión de la unidad sin la inclusión de fibra de plástico es de  $12.28 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 9 %. Comparando con los  $10.2 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad.
2. La resistencia a compresión de la unidad con la inclusión de fibra de plástico es de  $14.36 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 9 %. Comparando con los  $10.2 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad. Además, comparando con la resistencia a compresión de la unidad sin la inclusión de fibra de plástico, se incrementa en un 17%.

Cabe resaltar que la resistencia a compresión de la unidad con la inclusión de fibra de plástico presentada es la correspondiente a la unidad óptima obtenida.

3. La resistencia a tracción de la unidad sin la inclusión de fibra de plástico es de  $5.06 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 12 %. Comparando con los  $0.81 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad.
4. La resistencia a tracción de la unidad con la inclusión de fibra de plástico es de  $7.02 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 10 %. Comparando con los  $0.81 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad. Además, comparando con la resistencia a tracción de la unidad sin la inclusión de fibra de plástico, se incrementa en un 39%. Además, hay un incremento notable en la ductilidad de la unidad, la cual fue evidenciada en los ensayos por el tiempo de duración que la unidad tiene para llegar a la falla.

Análogamente, la resistencia a tracción de la unidad con la inclusión de fibra de plástico presentada es la correspondiente a la unidad óptima obtenida.

5. La resistencia a compresión en pilas obtenida es de  $10.04 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 16 %, comparando con los  $6.12 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad. El esfuerzo a compresión admisible de la pila es  $4.016 \text{ kg/cm}^2$ , comparado con los  $2.04 \text{ kg/cm}^2$  que indica la norma E080, cumple la normatividad. El esfuerzo de compresión admisible por aplastamiento es  $5.02 \text{ kg/cm}^2$ .

La resistencia a compresión diagonal de muretes obtenida es de  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión del 32 %.

6. La resistencia óptima a compresión y tracción se presenta para las unidades de adobe compactado con 0.75 % porcentaje de fibra de plástico y 8 cm de longitud de fibra de plástico.
7. El porcentaje de fibra de plástico en la única variable independiente significativa que es responsable de la variación de la resistencia a compresión y tracción. Mientras que la variable longitud de fibra de plástico no es significativa por lo menos dentro del rango establecido.

## RECOMENDACIONES

1. En muchas ciudades peruanas, análogamente al caso de la región Ancash, se sigue utilizando el adobe o tapial como principal sistema constructivo de viviendas, por ende, se recomienda seguir investigando sobre cómo mejorar la resistencia de este tipo de edificaciones y así lograr que el porcentaje de usuarios de este tipo de construcciones tenga mayor seguridad frente a eventos que afecten la resistencia de sus viviendas tales como: los sismos, lluvias intensas, fenómenos del niño y niña, entre otros.
2. La resistencia a compresión es la principal característica de este tipo de unidades de albañilería, por lo que su estudio es fundamental; sin embargo, eso no debe mermar la investigación en cuanto al análisis de la resistencia a la tracción. Tal y como se demostró en la presente investigación, las unidades adquieren una ductilidad grande en comparación con las unidades que no tienen reforzamiento; esto les permitiría a los usuarios de este tipo de unidad, que tengan mayor tiempo para retirarse de sus viviendas si es que se presentase un evento sísmico, por ende, se salvarían más vidas.
3. El correcto proceso constructivo de las unidades de adobe en general, dependen de muchos factores que se han detallado en la presente investigación, por ende, se recomienda que el empleo de la información presentada en esta investigación sea ejecutada en la zona donde se va a dar uso del mismo; de manera que se puedan conocer las características del suelo y su comportamiento, así como del proceso de secado y del tipo de refuerzo idóneo.
4. Los gobiernos regionales y locales son los encargados de que se brinde capacitación para mejorar el estado del arte en construcción con adobe y con los diversos materiales que se utilizan hoy en día; por lo que la Universidad y las investigaciones que se realizan, como la presente tesis, no llegan a tener utilidad en las construcciones si es que no se difunden a través de los gobiernos. El tesista recomienda que los municipios puedan interesarse en estas



investigaciones y llevar mejores tecnologías a todos los ancashinos, de manera que se mejore la cultura de la construcción en adobe que ha sido prácticamente abandonada desde varias décadas atrás.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Arias F. (2018). **“Estudio de las características elástico resistentes de la albañilería con propósito estructural en la ciudad de Huaraz en el 2016”**. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencia e Ingeniería, Mención en Ingeniería Estructural. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz.
- Benites V. (2017). **“Adobe estabilizado con extracto de cabuya (furcraea andina)”**. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura.
- Cáceres F. (2010). **“Mejora del adobe a partir de su estabilización con el material confitillo”** Trabajo de Investigación, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes. Lima.
- Guzmán D. Iñiguez J (2015). **“Estudio de una propuesta de mejoramiento del sistema de construcción adobe”**. Tesis para optar el título profesional de Arquitecto. Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Cuenca. Ecuador
- Hachi J. Rodríguez J. (2015). **“Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil”** Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, Facultad de Ingenierías. Guayaquil- Ecuador.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2016). **“Manual de ensayo de materiales”**. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima
- Dirección Nacional de Construcción (2010). **“Edificaciones Antisísmicas de Adobe”**, Manual de Construcción. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).
- Lou R. (1981), **“Manual para la Construcción de la Ceta-Ram”**, Centro de Experimentación en Tecnología Apropriada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Investigaciones de Ingeniería. Guatemala. Centroamérica.

- Igarashi L. (2009). **“Reforzamiento Estructural de muros de adobe”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima.
- Instron (2019). **Glosario de términos para ensayo de materiales**. Barcelona, España: <https://www.instron.com.ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>
- López J. Bernilla P. (2012). **“Evaluación funcional y Constructiva de viviendas con adobe estabilizado en Cayalti. Programa Cobe – 1976”**. Tesis para optar en grado de maestro en Tecnología de la Construcción. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Sección de Post Grado. Lima.
- Google 2019. **“Manufacturing Terms”**. Definition at click away. s.f.: [https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-\(TS\).html](https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Tensile-strength-(TS).html)
- Mantilla J. (2018). **“Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil. Cajamarca
- Minke G. (2010). **Manual de construcción en tierra**. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Segunda edición. Uruguay: Fin de Siglo.
- Muñiz H. (2013). **“Evaluación y Alternativas de Mejoramiento de las viviendas Autoconstruidas de adobe de la zona rural del distrito de Sicuani – Cusco”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima.
- Norma E-070 (2006). **Albañilería**. Ministerio de Vivienda. Lima.
- Norma E-080 (2017). **Diseño y Construcción con tierra Reforzada**. Diario Oficial el Peruano. Lima. 7 de abril de 2017.
- Navidi W. (2006). **“Estadística para ingenieros y científicos”**, Ciudad de México, México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Peralta G. (2009). **“Resistencia a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas-influencia del tipo de tarrajeo”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencia e Ingeniería. Lima

- Quiun D., San Bartolomé A. y Mendoza G. (S.f.) **“Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial”**. Proyecto SENCICO-PUCP. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ramírez R. (1987). **Cinva – Ram Máquina para fabricar bloques de Suelo – Cemento**. Centro Iberoamericano de Vivienda y Planeamiento. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Tecnologías en la erradicación de la Pobreza. Bogotá – Colombia.
- Serrano M. (2016). **“Herramientas para la Capacitación en reforzamiento con malla de cuerdas de viviendas de adobe autoconstruidas en áreas Sísmicas”**. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Graduados. Lima.
- Silva M. (1990). **“Estudio de las tecnologías tradicionales de Construcción en la Región Chavín: Aplicación y evaluación”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería Civil. Huaraz

## **ANEXOS**

## **ANEXO A: ENSAYOS DEL SUELO**

## A.1. Ensayos estándar y clasificación SUCS.



**Figura A.1.1.** Ensayos estándar y clasificación SUCS

En la Figura A.1.1. se observa la muestra de suelo llevada al laboratorio para la determinación de las propiedades del suelo a emplearse en la presente investigación, así como el proceso de tamizado de las partículas de la muestra de suelo para la determinación del análisis granulométrico de la muestra de suelo.



**Figura A.1.2.** Granulometría del suelo empleado en la elaboración de las unidades de adobe compactado.

En la Figura A.1.2. se muestra la disposición de las partículas de la muestra pasantes de las mallas: 1\", 3/4\", 3/8\", N° 04 y N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140 y N° 200 correspondientes al análisis granulométrico.

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos estándar y clasificación SUCS.



**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° **V-035-2019**

Proyecto : Analisis de la resistencia a compresion y traccion de unidades de adobe compactado con la inclusion de fibras de plastico en la urbanizacion Nuevo Progreso 2018.  
Solicita : Irwin Florencio Segura Gamarra Fecha : Agosto 2019  
Lugar : Urbanización Nuevo Progreso Muestreado por : Interesado  
Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA	Progresiva	--				
	Cantera	Urbanizacion Nuevo Progreso				
	Calicata	--				
	Profundidad	0.00 - 1.50 m				
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.00				
	2"	100.00				
	1 1/2"	100.00				
	1"	94.11				
	3/4"	91.03				
	3/8"	86.85				
	# 4	80.59				
	# 10	71.88				
	# 20	65.41				
	# 40	56.67				
	# 60	50.43				
	# 140	34.61				
# 200	29.91					
Coef. de Uniformidad Cu		--				
Coef. de Curvatura Cc		--				
Porcentaje de Material	Grava	19.41				
	Arena	50.68				
	Finos	29.91				
Mitad de Fracción Gruesa		35.04				
Limites de	L.L.	31.00				
	L.P.	16.00				
Consistencia	I.P.	15.00				
Humedad Natural (%)		3.61				
Indice de Grupo	IG - LL	0.00				
	IG - IP	0.75				
	Indice de Grupo	1				
Clasificación AASTHO		A-2-6(1)				
Clasificación SUCS		SC				
Descripción		Arena arcillosa con grava				

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

  
Ing. **Elis Milla Vergara**  
INGENIERO CIVIL  
R.S.C. CIP N° 42832





# EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Solicitud N° V-035-2019

Proyecto : Análisis de la resistencia a compresión y tracción de unidades de adobe compactado con la inclusión de fibras de plástico en la urbanización Nuevo Progreso 2018.

Solicita : Irwin Florencio Segura Gamarra Fecha : Agosto 2019

Lugar : Urbanización Nuevo Progreso Muestreado por : Interesado  
Técnico : Y.D.T.

### DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : Urbanización Nuevo Progreso Progresiva : -.- Material : Propio

Calicata : -.- Muestra : mab-01 Tamaño Máximo: 1 1/2"

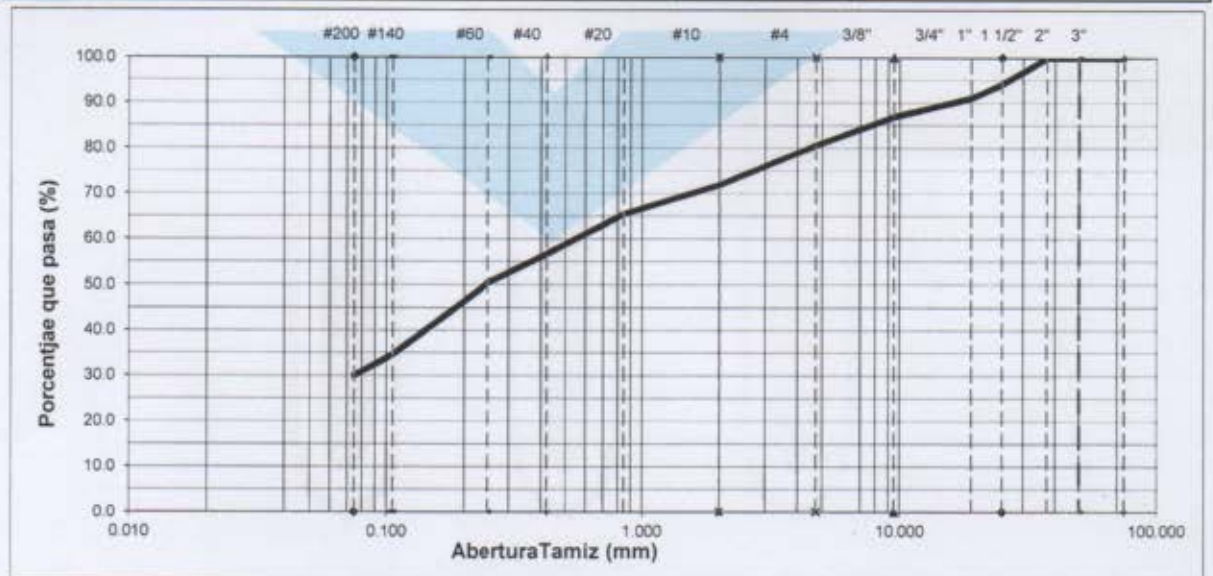
### DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 3991.00 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.0

Masa Lavada y Seca (gr) = 2870.00 Masa de Material Gueso (gr) = 1122.30

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00 % que pasa N° 200 = 28.09

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO	
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.0	100.0
1"	25.000	235.20	5.89	5.9	94.1
3/4"	19.000	122.60	3.07	9.0	91.0
3/8"	9.500	166.90	4.18	13.1	86.9
# 4	4.750	250.00	6.26	19.4	80.6
# 10	2.000	347.60	8.71	28.1	71.9
# 20	0.850	11.70	6.47	34.6	65.4
# 40	0.425	15.80	8.74	43.3	56.7
# 60	0.250	11.30	6.25	49.6	50.4
# 140	0.106	28.60	15.81	65.4	34.6
# 200	0.075	8.50	4.70	70.1	29.9
< 200	Fondo	54.10	29.91	100.0	0.0



% GRAVA	19.41	% Gruesa :	8.97	D60 (mm) =	0.587
		% Fina :	10.45	D30 (mm) =	0.076
% ARENA	50.68	% Gruesa :	8.71	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	15.21	Coef. Unif. (Cu) =	--
		% Fina :	26.76	Coef. Conc. (Cc) =	--
% FINOS	29.91				

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz

Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Teléfono (043) 422315 Celular 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com



**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Solicitud N° **V-035-2019**

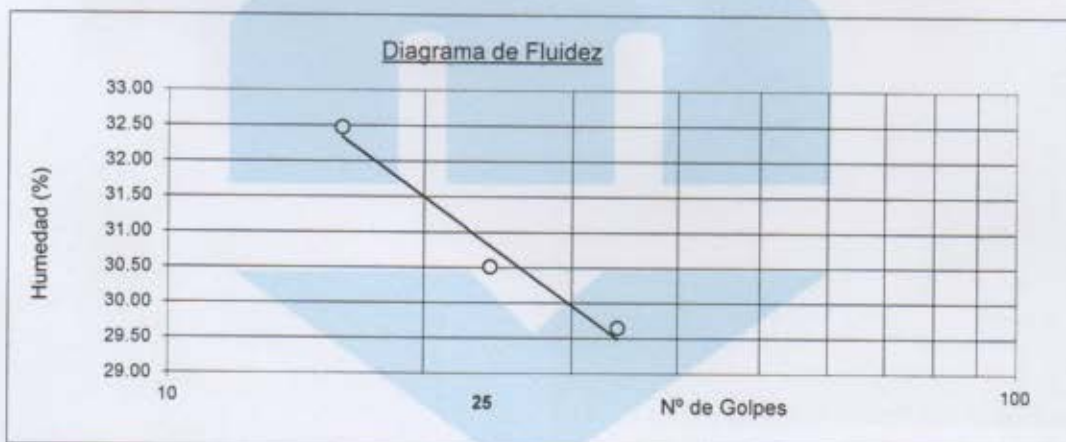
Proyecto : Analisis de la resistencia a compresion y traccion de unidades de adobe compactado con la inclusion de fibras de plastico en la urbanizacion Nuevo Progreso 2018.  
 Solicita : Irwin Florencio Segura Gamarra Fecha : Agosto 2019  
 Lugar : Urbanización Nuevo Progreso Muestreado por : Interesado  
Técnico : Y.D.T.

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : Urbanizacion Progresiva : -- Material : Propio  
 : Nuevo Progreso  
 Calicata : -- Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de golpes	16	24	34
P.Suelo Húmedo+Rec.	30.89	31.53	37.67
P.Suelo Seco+Rec.	27.25	28.07	32.93
Peso del Recipiente	16.04	16.73	16.94
Peso Suelo Seco	11.21	11.34	15.99
Peso del Agua	3.64	3.46	4.74
C. de Humedad %	32.47	30.51	29.64



**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO**

P.Suelo Húmedo+Rec.	21.35	19.83
P.Suelo Seco+Rec.	20.44	18.83
Peso del Recipiente	14.62	12.52
Peso Suelo Seco	5.82	6.31
Peso del Agua	0.91	1.00
C. de Humedad %	15.64	15.85

Limite Líquido = **31.0**

Limite Plástico = **16.0**

Indice Plasticidad = **15.0**

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elvira Milis Vergara  
 INGENIERA CIVIL  
 N° de Colegiado: 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz

Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Teléfono (043) 422315 Celular 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com

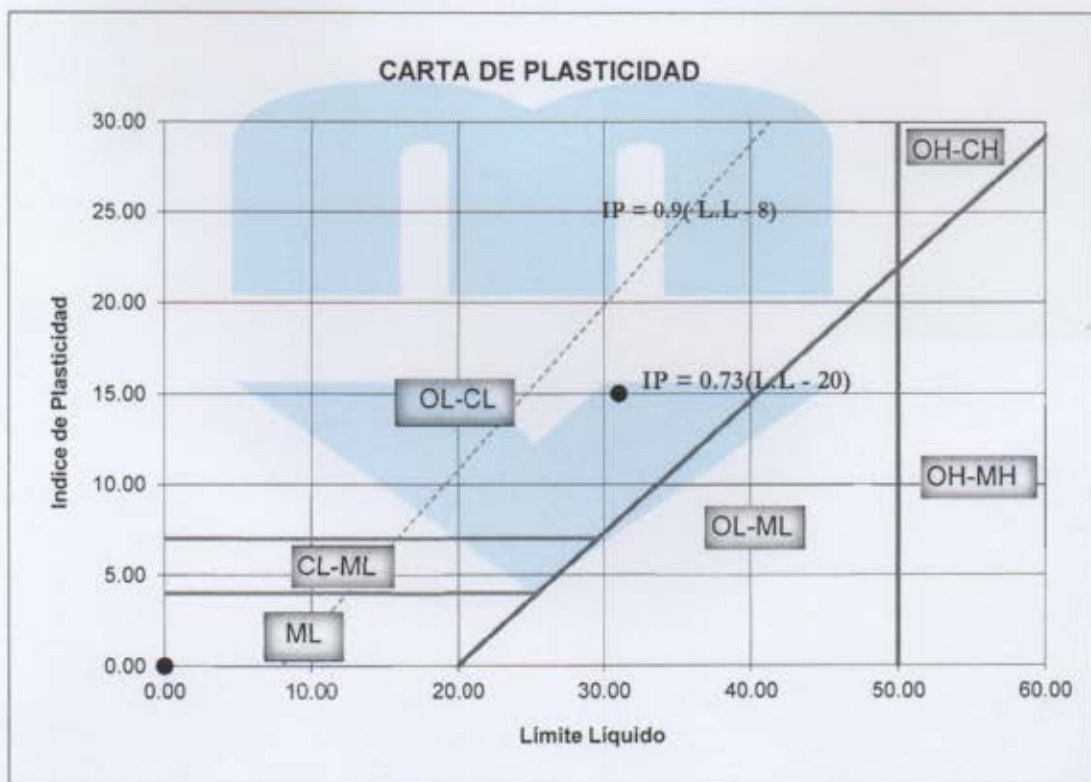


**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-035-2019**

**UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

Proyecto	: Analisis de la resistencia a compresion y traccion de unidades de adobe compactado con la inclusion de fibras de plastico en la urbanizacion Nuevo Progreso 2018.				
Solicita	: Irwin Florencio Segura Gamarra	Fecha	: Agosto 2019		
Lugar	: Urbanización Nuevo Progreso	Muestreado por	: Interesado		
		Técnico	: Y.D.T.		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
Cantera	: Urbanizacion Nuevo Progreso	Progresiva	: -.-	Material	: Propio
Calicata	: -.-	Muestra	: mab-01	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m



\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
*Ing. Eliodoro Milla Vergara*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz

Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Teléfono (043) 422315 Celular 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
(MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-035-2019**

Proyecto : Analisis de la resistencia a compresion y traccion de unidades de adobe compactado con la inclusion de fibras de plastico en la urbanizacion Nuevo Progreso 2018.  
Solicita : Irwin Florencio Segura Gamarra Fecha : Agosto 2019  
Lugar : Urbanización Nuevo Progreso Muestreado por : Interesado  
Técnico : Y.D.T.

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : Urbanizacion Progresiva : -.- Material : Propio  
Nuevo Progreso  
Calicata : -.- Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	332.39	333.17
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	321.97	322.50
Peso Contenedor	Mc	30.28	30.61
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	291.69	291.89
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	10.42	10.67
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	3.57	3.66

<b>Humedad Promedio (%)</b>	<b>3.61</b>
-----------------------------	-------------

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
Ing. Elio Antonio Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
R.C. CIP N° 42832

## A.2. Compactación de suelos utilizando energía estándar.



**Figura A.2.1.** Proceso de tamizado y determinación de los pesos a utilizar en el ensayo.

En la Figura A.2.1. se muestra el tamizado por la malla 1/4" para la obtención de la cantidad de muestra requerida para el ensayo de Proctor estándar.



**Figura A.2.2.** Proceso de tamizado y determinación de los pesos a utilizar en el ensayo.

En la figura izquierda se muestra el proceso de graduación del contenido de agua en la probeta y en la figura derecha el procedimiento con el cono de golpe para el ensayo del Proctor estándar.



**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA STANDAR**  
**( 600 kN-m/m<sup>3</sup> - 12 400 pie-lb/pie<sup>3</sup> )**  
 (MTC 116, NTP 339.142, ASTM D 698)

Solicitud N° **V-064-2018**

Tesis : Analisis de la resistencia a compresion y traccion de unidades de adobe compactado con la inclusion de fibras de plastico en la urbanizacion Nuevo Progreso 2018.  
 Tesista : Irwin Florencio Segura Gamarra  
 Lugar : Urbanizacion Nuevo Progreso

Fecha : Diciembre 2018  
 Muestreado por : Interesado  
 Técnico : --

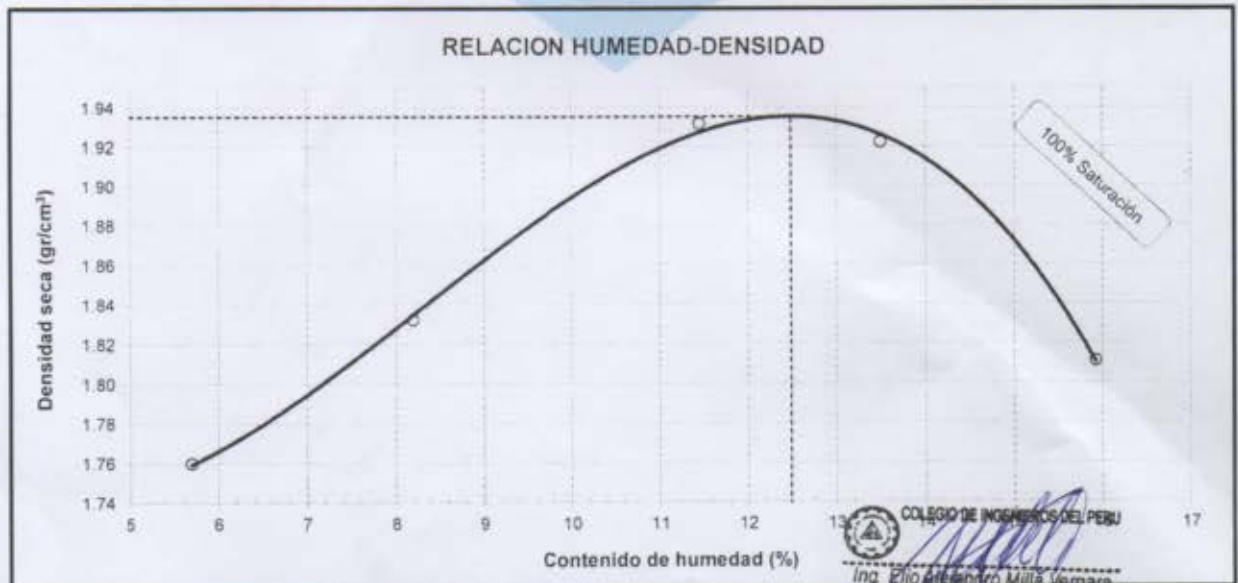
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : Urbanizacion Nuevo Progreso  
 Calicata : -- Muestra : mab-01  
 Material : Propio

Progresiva : --  
 Clasif. (SUCS) : --  
 Clasif. (AASHTO) : --

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **A** Método de Preparación : **Húmedo** Molde N° : **4**  
 Pisón: Manual Gravedad Especifica (Gs) : -- Tamiz N° : **# 4**  
 Golpes por capa: 25 Capas : **Tres** Pc (%) : **0.00**

Masa suelo húmedo + molde	gr	3682.6	3797.2	3957.1	3984.2	3906.9
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1744.6	1859.2	2019.1	2046.2	1968.9
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.860	1.982	2.153	2.182	2.099
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	218.24	155.11	225.51	198.27	170.92
Masa del suelo seco + recipiente	gr	208.55	146.08	204.82	177.55	152.51
Masa del recipiente	gr	38.41	35.87	24.14	23.97	36.86
Masa del agua	gr	9.69	9.03	20.69	20.72	18.41
Masa del suelo seco	gr	170.14	110.21	180.68	153.58	115.65
Contenido de Humedad	%	5.70	8.19	11.45	13.49	15.92
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.83	1.93	1.92	1.81
Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) $\gamma_d$						<b>1.94</b>
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m <sup>3</sup> ) $\gamma_s$						<b>19.0</b>
Humedad óptima (%)						<b>12.48</b>



**Observaciones:**

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz

## **ANEXO B: FABRICACIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM**

## B.1. PROCESO DE FABRICACION DE LA MÁQUINA CINVA-RAM

Según los planos presentados, se elaboró una maqueta de la máquina CINVA-RAM para analizar su funcionamiento y garantizar sus medidas finales.



**Figura C.1.** Vistas de la maqueta de la máquina CINVA RAM

Con las medidas finales analizadas de la máquina, se realizó la fabricación de cada una de las partes, empezando por el plato de la base, la caja externa y el sistema de compresión.

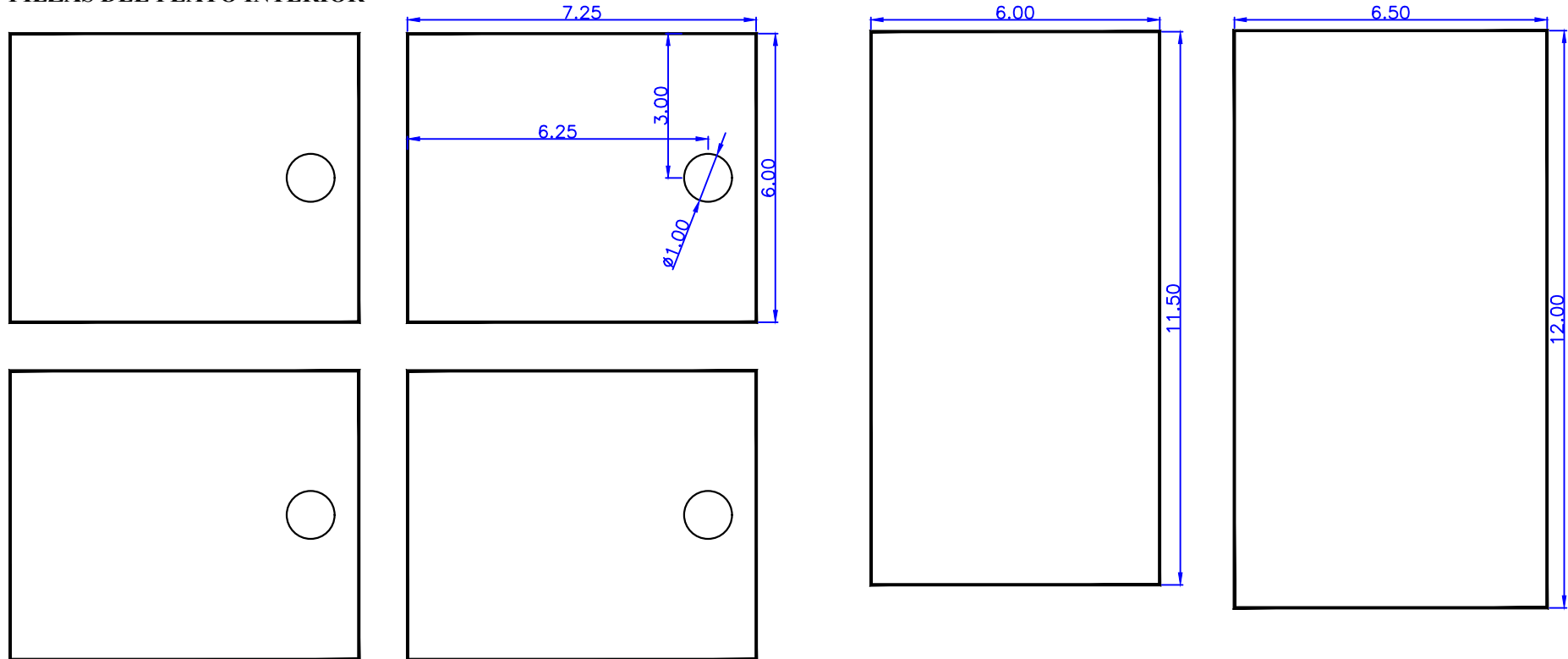


**Figura C.2.** Vistas de la elaboración y culminación de la máquina.

En la Figura C.2 se muestra el resultado final del ensamblaje de la máquina CINVA-RAM, según las dimensiones de los planos presentados en el anexo C.1, cabe resaltar que se añadió dos ángulos a la base para que sirvan de amortiguadores para cuando se realice el movimiento de compresión de la mezcla.



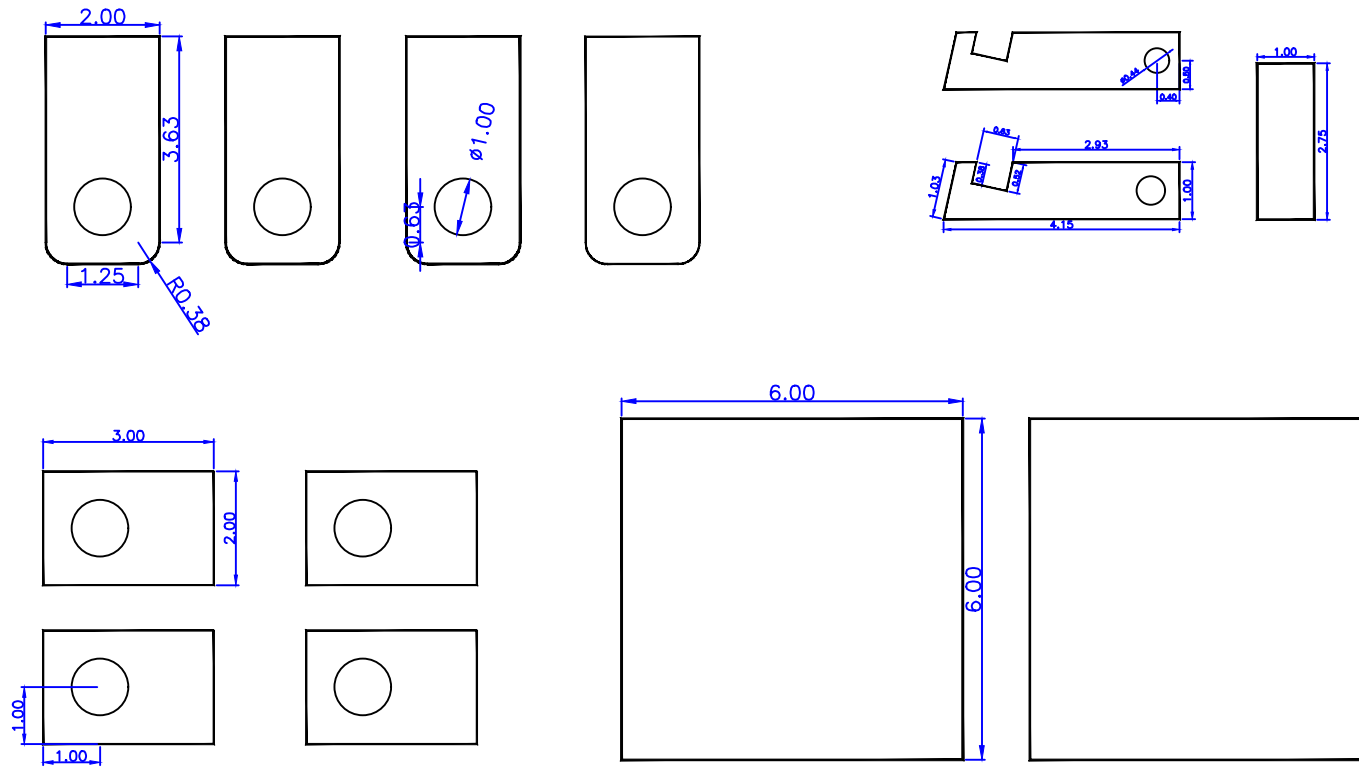
**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM  
PIEZAS DEL PLATO INTERIOR**



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN PULGADAS.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b>		<b>PM-01</b>
	PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018"		
	TESISISTA : <b>IRWIN FLORENCIO SEGURA GAMARRA</b>		
	ESCALA : <b>INDICADA</b>	ASESOR : <b>RICHARD A. DEPAZ BLÁCIDO</b>	

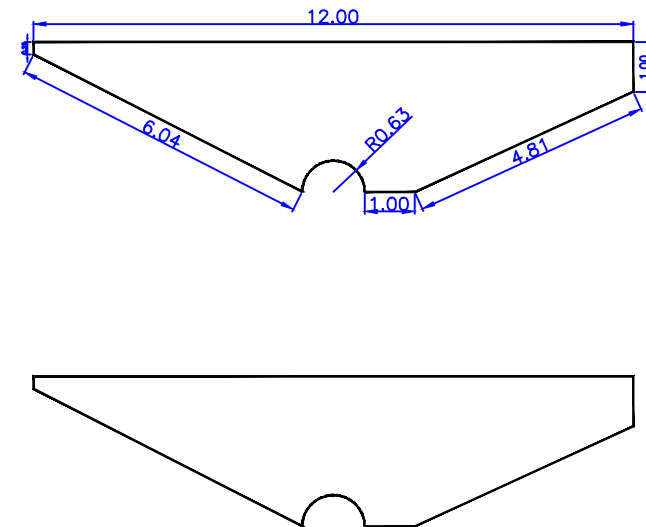
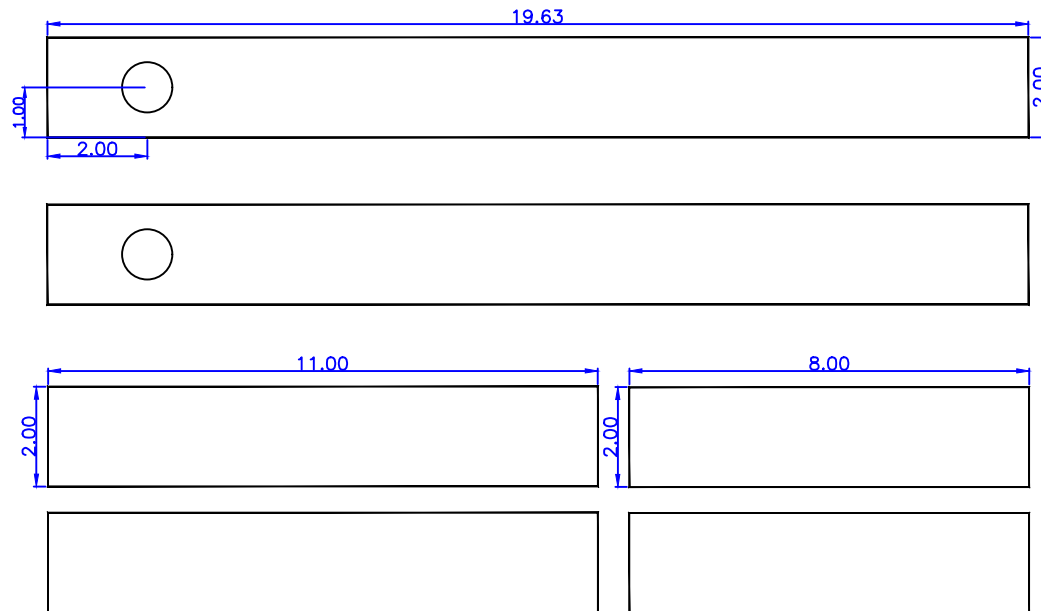
**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM  
PIEZAS DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN Y SU ASEGURADOR**



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN PULGADAS.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b>		
	PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018"		
	TESISTA :	IRWIN FLORENCIO SEGURA GAMARRA	LÁMINA :
	ESCALA :	ASESOR :	FECHA :
INDICADA	RICHARD A. DEPAZ BLÁCIDO	DICIEMBRE DE 2018	<b>PM-02</b>

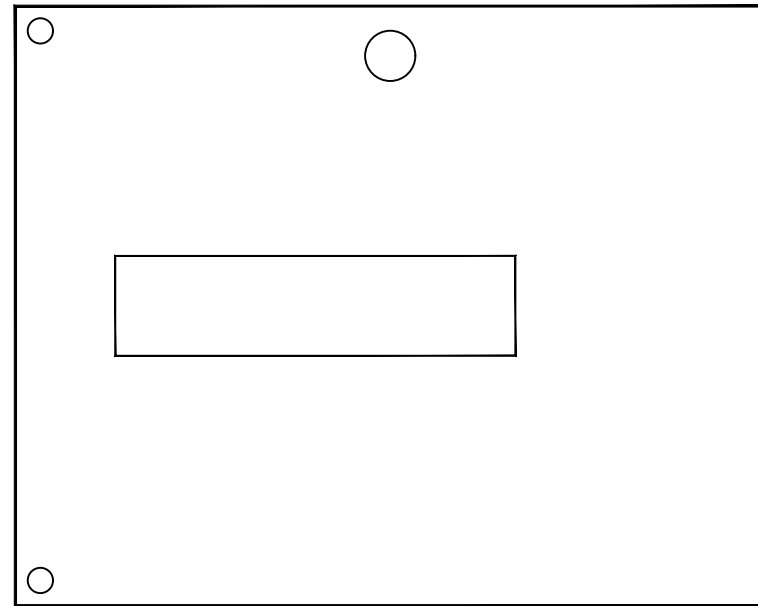
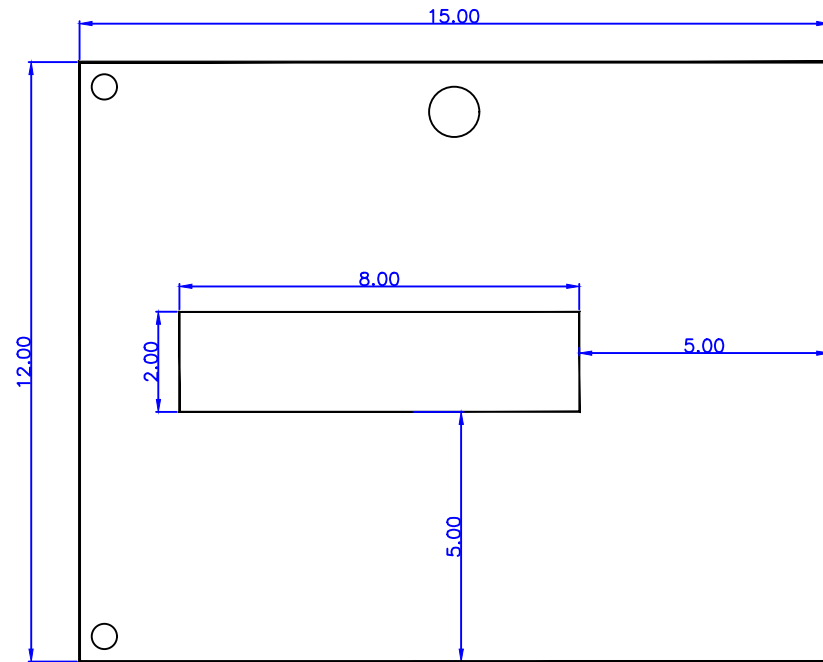
**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM  
PIEZAS DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN Y PLATO SUPERIOR**



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN PULGADAS.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b>	
	PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018"	
	TESISTA : <b>IRWIN FLORENCIO SEGURA GAMARRA</b>	LÁMINA : <b>PM-03</b>
	ESCALA : <b>INDICADA</b>	FECHA : <b>DICIEMBRE DE 2018</b>

**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CINVA - RAM  
PIEZAS DEL CAJON EXTERIOR**



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN PULGADAS.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b>	
	PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO PROGRESO 2018"	
	TESISISTA : <b>IRWIN FLORENCIO SEGURA GAMARRA</b>	
	LÁMINA : <b>PM-04</b>	
ESCALA : <b>INDICADA</b>	ASESOR : <b>RICHARD A. DEPAZ BLÁCIDO</b>	FECHA : <b>DICIEMBRE DE 2018</b>

## **ANEXO C: ELABORACIÓN DE UNIDADES**

### **C.1. PROCESO DE ELABORACION DE LAS UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO**

En la Figura C.1.1 se muestra el zarandeado del suelo empleado en la elaboración de las unidades de adobe, según la norma E.080(2017), se debe de zarandear el suelo por la malla de 1/4", para así lograr una homogeneidad del material.



**Figura C.1.1.** Vistas de la preparación del suelo.

En la Figura C.1.2 se muestra el proceso de mezclado del agua con el suelo zarandeado, este proceso se realiza con el contenido de humedad obtenido del ensayo de compactación de suelos utilizando energía estándar.



**Figura C.1.2.** Vistas de la preparación del suelo.



**Figura C.1.3.** Vertido y acomodo del material en la máquina CINVA-RAM.

## **ANEXO D: ELABORACIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO**

## D.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO

Se muestra la recolección de las botellas de plástico en la planta de tratamiento de residuos de Póngor, perteneciente a la municipalidad distrital de Independencia – Huaraz.

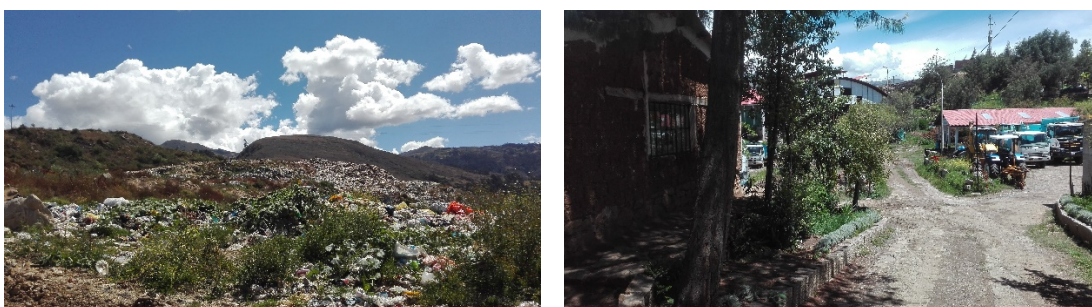


**Figura D.1.1.** Botellas de plástico en la planta de tratamiento de residuos de Póngor. Se muestra el proceso de elaboración de las fibras de plástico, para el cual se emplearon tijeras con forma de serrucho, de manera que se le brinde al sistema suelo-fibra de plástico la adherencia correspondiente.



**Figura D.1.2.** Cortado de las fibras y su peso respectivo.

Las dimensiones finales de las fibras de plásticos obtenidas fueron de: 08.00 cm, 11.50 cm y de 23.00 cm y un ancho de 4 mm.



**Figura D.1.3.** Vistas del incremento de plástico en Huaraz y la planta de tratamiento de Póngor.



## **ANEXO E: ENSAYO DE UNIDADES A COMPRESIÓN**

## E.1. PROCESO DE ENSAYO DE UNIDADES A COMPRESIÓN

A continuación, se muestran los pasos principales de los ensayos a compresión de las unidades de adobe compactado.



**Figura E.1.1.** Corte de las unidades y marcado.

En la Figura E.1.1. se muestra el corte de las unidades y su posterior marcado, las dimensiones finales del corete son de 0.15x0.15x0.10 cm aproximadamente.



**Figura E.1.2.** Proceso de refrentado de las unidades.

En la Figura E.1.2. se muestra en refrentado de las unidades con yeso.



**Figura E.1.3.** Proceso de ensayo y tipo de falla de la unidad.

En la Figura E.1.3. se muestra el ensayo de las unidades y el tipo de falla cónica presente en las unidades.

## **ANEXO F: ENSAYO DE UNIDADES A TRACCIÓN**

## F.1. PROCESO DE ENSAYO DE UNIDADES A TRACCIÓN

A continuación, se muestran los pasos principales de los ensayos a TRACCIÓN de las unidades de adobe compactado.



**Figura F.1.1.** Preparación de la máquina de ensayo y toma de medidas longitudinales de la unidad de adobe compactado.



**Figura F.1.2.** Toma de medidas de altura de la unidad y presentación de la unidad de adobe compactado.



**Figura F.1.3.** Proceso de carga y proceso de falla de la unidad en el ensayo de tracción mediante flexión de la unidad de adobe compactado.



**Figura F.1.4.** Forma de falla de la unidad de adobe compactado.

## **ANEXO G: ENSAYO DE COMPRESIÓN A PILAS**

## G.1. PROCESO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN A PILAS

A continuación, se muestran los pasos principales de los ensayos a compresión de pilas de adobe compactado.



**Figura G.1.1.** Elaboración de las pilas de adobe compactado.



**Figura G.1.2.** Refrentado de las pilas de adobe compactado.



**Figura G.1.3.** Ensayo de la pila P1 y su tipo de falla.



**Figura G.1.4.** Presentación de la pila P2.



**Figura G.1.5.** Ensayo de la pila P2 y su tipo de falla.



**Figura G.1.6.** Ensayo de la pila P3 y su tipo de falla.

**ANEXO H: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN  
MURETES**



## H.1. PROCESO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES

A continuación, se muestran los pasos principales de los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe compactado.



Figura G.1.1. Elaboración de muretes de adobe compactado.



Figura G.1.2. Ensayo del murete 1 y tipo de falla.



Figura G.1.3. Ensayo del murete 2 y tipo de falla.



**Figura G.1.4.** Presentación del murete 3 a la máquina de ensayo.



**Figura G.1.5.** Ensayo del murete 3 y tipo de falla.

**ANEXO I: FICHA DE CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA DE  
ENSAYO**

# AM3

## AM3 Ingeniería & Negocios SAC

RUC: 20513903261  
Dirección: Av. Nicolás Ayllón 2941 Piso 7 Of. 7Q  
El Agustino-Lima  
Código Postal: Lima 10  
Teléfono: 986 776 783  
Email: serviciotecnico@am3.com.pe

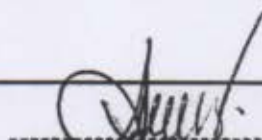
N° de certificado:	30102019-1
Fecha de emisión:	30/10/2019
Fecha de vencimiento:	30/10/2020

### DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: Fernando Miguel Arias Enriquez  
RUC: 10316017148  
Dirección: Av. Manco Capac N° 573 - Huaraz - Ancash  
Atención: Ing. Fernando Miguel Arias Enriquez

EQUIPO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS		
MARCA:	UNIVERSAL FME		
MODELO:	FME-2011		
N° DE SERIE EQUIPO:	FME-2011/01		
CAPACIDAD:	1000 KN		
INDICADOR	Manómetro Digital SCJN-Mini Press		
DIVISIÓN DE ESCALA	1 PSI		
PROCEDENCIA	Perú		
PATRÓN DE REFERENCIA:	Celda transductor CCDHA-2000 KN-004-000		
N° DE SERIE DE PATRÓN DE REFERENCIA:	56638		
METODO DE CALIBRACION	ASTM E-4 "Metodo Estandar para verificacion de Fuerza para Maquina de ensayo"		
TEMP. INICIAL (°C)	17	HUMEDAD INICIAL (%)	66
TEMP. FINAL (°C)	17	HUMEDAD FINAL (%)	66
TIPO DE VERIFICACIÓN:	Directa-Verificada con celda de carga probada y calibrada usando trazabilidad UKAS.		
REFERENCIA DE TRAZABILIDAD	Certificado N° 14072017 / APPLIED MEASUREMENTS LTD		
FECHA DE VERIFICACION:	29/10/2019		
LUGAR DE VERIFICACIÓN	Laboratorio del Cliente, Av. Manco Capac N° 573 - Huaraz - Ancash		
N° DE PAGINAS	2		

  
HECHO POR  
Antonio Pelayo Misari

  
ALDO MARCO  
MUCHA MALLAUPOMA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 234122  
REVISADO POR  
Ing. Aldo Mucha Mallaupoma

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin alteraciones posterior a la autorización asignada por AM3 Ingeniería & Negocios S.A.C.

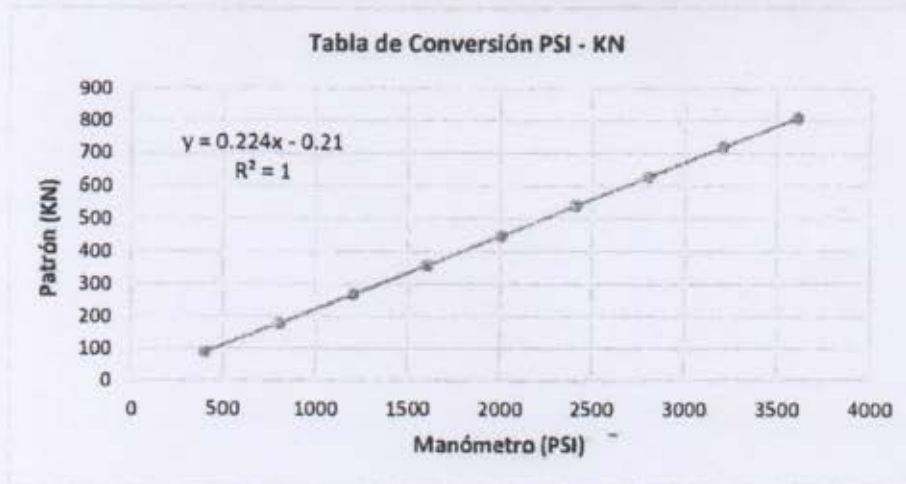
Este certificado de verificación sin firma y sello carece de validez.

# AM3

## RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Lectura del Manómetro	Lectura de celda transductor (patrón)		
	LM	Lectura 1	Lectura 2
(Psi)	(KN)	(KN)	(KN)
402	91.35	88.79	90.07
799	179.74	178.95	179.35
1205	269.13	267.90	268.52
1605	359.65	359.56	359.61
2003	449.35	448.42	448.89
2409	542.61	537.04	539.83
2803	628.33	625.34	626.84
3206	717.74	718.72	718.23
3606	810.22	805.79	808.01

Gráfico de Correlación entre Lectura del Patrón y Lectura del Equipo



### Factor de Conversión de Lectura del Equipo (PSI a KN)

Lectura de Carga Corregida (kN) =  $0.224X - 0.21$

Donde:

X : Lectura en el manómetro en PSI

### Observaciones / Indicaciones

El cliente debe mantener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo según el uso, carga de trabajo y mantenimiento, según corresponda.

El equipo se encuentra CALIBRADO

**ANEXO J: MATERIAL SEGREGADO PET EN LA CIUDAD DE  
HUARAZ AL AÑO 2019**

