



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Oscar Quispe Guerrero (ORCID: 0000-0002-3358-5311)

ASESOR:

Dr. Abel Alberto Muñoz Paucarmayta (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia por el apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida, especialmente en mi formación académica y personal, a mi hija por impulsar el deseo de superación y a todas mis amistades quienes hacen de mi un ser especial.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a:

Los docentes de esta cálida institución quienes con su grano de conocimiento me incentivaron y encaminaron mi formación académica y profesional.

A todos mis familiares por el apoyo moral e incondicional en el desarrollo de esta investigación

A mi compañera de vida.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Oscar Quispe Guerrero identificado con DNI N° 47237540, cumpliendo con el reglamento vigente en base a la resolución del año 2014, al cual se rige la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que la información en el presente trabajo de investigación es auténtica.

Por tal, la responsabilidad de: información fraudulenta, omisión de información aportada u ocultamiento de la misma, es mía, sometido a las normas académicas que tiene la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de julio del 2019



Oscar Quispe Guerrero

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	23
2.1.Tipo y diseño de investigación.....	24
2.2.Operacionalización de variables.....	25
2.3.Población, muestra y muestreo.....	25
2.4.Técnicas instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	26
2.5.Procedimiento.....	28
2.6.Método de análisis de datos.....	46
2.7.Aspectos éticos.....	46
III. RESULTADOS.....	47
IV. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia a compresión simple de estructuras de tierra	11
Tabla 2: Porcentajes para los componentes del suelo.....	16
Tabla 3: Propiedades mecánicas de la fibra de caña de azúcar	17
Tabla 4: Rangos y magnitud de validez.....	27
Tabla 5: Validez por juicio de expertos.....	27
Tabla 6: Rango y confiabilidad.....	27
Tabla 7: Límites de consistencia	30
Tabla 8: Cálculo de resistencia a compresión del tapial sin adición de fibra	31
Tabla 9: Cálculo de resistencia a compresión del tapial con 10 % de fibra	32
Tabla 10: Cálculo de resistencia a compresión del tapial con 15% de fibra	33
Tabla 11: Cálculo de resistencia a compresión, con adición del 20% de fibra	34
Tabla 12: Cálculo de resistencia a tracción indirecta sin adición de fibra	35
Tabla 13: Cálculo de resistencia a tracción indirecta del tapial con 10% de fibra	36
Tabla 14: Cálculo de resistencia a tracción indirecta del tapial con 15% de fibra.....	37
Tabla 15: Cálculo de resistencia a tracción indirecta con 20% de adición de fibra	38
Tabla 16: Esfuerzos y deformaciones unitarias promedio para el tapial sin contenido de fibra.	40
Tabla 17: Esfuerzos y deformaciones unitarias para tapial con 10% de fibra.....	41
Tabla 18: Esfuerzos y deformaciones para el tapial con 15% de fibra.....	43
Tabla 19: Esfuerzos y deformaciones del tapial con 20% de fibra	44
Tabla 20: Resistencia a compresión del tapial convencional y con 10%, 15% y 20% de adición de fibra	48
Tabla 21: Resistencia a tracción indirecta del tapial convencional y con 10%, 15% y 20% de fibra.....	50
Tabla 22: Módulo de elasticidad del tapial.....	52
Tabla 23: Variación la resistencia a compresión del tapial	54
Tabla 24: Variación la resistencia a tracción indirecta del tapial	54
Tabla 25: Variación del módulo de elasticidad del tapial	55
Tabla 26: Desplazamientos respecto al módulo de elasticidad	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grietas y fisuras en vivienda de tapial de 2 pisos en el C.P San Martin de Porras	4
Figura 2: Colapso de muros debido a falta de refuerzo y confinamiento.....	4
Figura 3: Resistencia a compresión del tapial sin contenido de fibra	31
Figura 4: Resistencia a compresión del tapial con adición del 10% de fibra	32
Figura 5: Resistencia a compresión del tapial con el 15% de adición de fibra	33
Figura 6: Resistencia a compresión del tapial con el 20 % de adición de fibra	34
Figura 7: Esfuerzo a tracción del tapial sin de fibra	35
Figura 8: Esfuerzo a tracción del tapial con 10% de adición de fibra	36
Figura 9: Resistencia a tracción indirecta del tapial con 15 % de adición de fibra	37
Figura 10: Resistencia a tracción indirecta del tapial con 20 % de adición de fibra	38
Figura 11: Curva de esfuerzo- deformación del tapial sin fibra	39
Figura 12: Curva esfuerzo-deformación del tapial sin adición de fibra	40
Figura 13: Curvas esfuerzo-deformación del tapial con 10% de fibra	41
Figura 14: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 10% de adición de fibra	42
Figura 15: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 15% de adición de fibra	42
Figura 16: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 15% de adición de fibra	43
Figura 17: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 20% de adición de fibra	44
Figura 18: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 20% de adición de fibra	45
Figura 19: Resistencia a compresión promedio del tapial respecto al contenido de fibra..	48
Figura 20: Curva de resistencia a compresión última del tapial en función al contenido de fibra.....	49
Figura 21: Resistencia promedio a tracción indirecta del tapial respecto al contenido de fibra	51
Figura 22: Resistencia última a tracción indirecta del tapial con los diversos porcentajes de adición de fibra	51
Figura 23: Módulo de elasticidad del tapial con de adición de fibra de caña.....	53

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el análisis de la variación de las características mecánicas del tapial con fibras de caña de azúcar en su estado convencional y luego post agregado de fibras en tres porcentajes, estimando las variaciones que se disgregan como producto de dicha incorporación, luego se realiza el análisis sísmico de un modelo de vivienda típico para determinar los desplazamientos. Se ha considerado una población de 8848 viviendas de tierra y una muestra de una vivienda típica, de la cual se ha reproducido 64 especímenes para ser sometidos a ensayos. La investigación corresponde al tipo aplicada del cual se ha obtenido los siguientes resultados:

El tapial convencional posee una resistencia última a compresión de 9.51 kg/cm^2 , resistencia última a tracción de 1.29 kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de 712.64 kg/cm^2 ; para el tapial con porcentaje del 10% de fibra se obtuvo una resistencia última de compresión de 12.21 kg/cm^2 , una resistencia última de tracción de 1.56 kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de 724.85 kg/cm^2 ; para el tapial con porcentaje de 15% de fibra se obtuvo una resistencia última a compresión de 14.13 kg/cm^2 , una resistencia última de tracción 1.46 kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de 640.55 kg/cm^2 , así mismo para el tapial con porcentaje de 20% de fibra se obtuvo una resistencia última a compresión de 8.14 kg/cm^2 una resistencia última de tracción 1.69 kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de 637.26 kg/cm^2 . Los desplazamientos máximos encontrados corresponden al 20 %de fibra donde se obtuvo 1.82 mm en el eje X y 2.31mm en el eje Y.

Finalmente se concluye que las características mecánicas del tapial varían favorablemente al incorporarle fibra de caña de azúcar.

Palabras clave: Fibras, tapial, tierra, resistencia a tracción indirecta.

ABSTRACT

This research has like objective the analysis of the variation of the mechanical characteristics of the rammed earth with fibers of cane of sugar in his conventional state and later post added of fibers in three percentages, estimating the variation that it produced, then it is made to seismic analysis for the typical house model for to determine the displacements. It has been considered a population of 8848 houses of land and a sample of a typical dwelling, of which 64 specimens have been reproduced to be subjected to trials. The research corresponds to the applied type from which the following results have been obtained:

The conventional rammed earth has a final resistance to compression of 9.51 kg / cm^2 , ultimate tensile strength of 1.29 kg / cm^2 and a modulus of elasticity of 712.64 kg / cm^2 ; for the rammed earth with a 10% fiber percentage, a final compression strength of 12.21 kg / cm^2 was obtained, a final tensile strength of 1.56 kg / cm^2 and a modulus of elasticity of 724.85 kg / cm^2 ; for the rammed earth with a percentage of 15% fiber, a final compressive strength of 14.13 kg / cm^2 was obtained, a final tensile strength of 1.46 kg / cm^2 and a modulus of elasticity of 640.55 kg / cm^2 , as well as for the rammed earth with percentage of 20% fiber, a final compressive strength of 8.14 kg / cm^2 was obtained, a tensile strength of 1.69 kg / cm^2 and a modulus of elasticity of 637.26 kg / cm^2 . The maximum displacements founded is for the 20% fiber where 1.82 mm was obtained on the X axis and 2.31mm on the Y axis.

Finally, it is concluded that the mechanical characteristics of the rammed earth change favorably when we incorporating fiber from sugarcane.

Keywords: Fibers, rammed earth, earth, indirect tensile strength.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Las viviendas construidas a base de la técnica del tapial, particularmente es elegido por familias de las zonas periurbanas y rurales de bajos recursos económicos, en muchos de los casos dedicados a actividades domésticas y agrícolas como medio de subsistencia. Otro factor de elección es la abundancia y los bajísimos costos de extracción que este material representa, así como la ausencia de mercados cercanos y los altos costos de transporte que representa los materiales convencionales influyen en su utilización.

Según Yamin y otros, (2007): Aproximadamente un quinto de la población mundial y alrededor de 35 millones de habitantes de Sur América viven en construcciones de adobe y tapia pisada, además se revela que estas viviendas han demostrado debilidad durante una acción sísmica ocurrida durante los últimos 50 años, dejando como resultado miles de pérdidas humanas.

Como toda edificación, las viviendas de tapial se encuentran expuestas a condiciones de la naturaleza, tales como sismos, inundaciones, huaicos, lluvias, heladas, vientos y otros factores; que prueban el desempeño de las estructuras generando desgaste, fisuras, grietas, desmoronamiento y pérdida ancho en las secciones de los muros, disminuyendo su capacidad y resistencia mecánica de la estructura, que posteriormente esto se puede traducir en una deriva parcial o total de la edificación, exponiendo al peligro la vida de sus habitantes.

En el Perú, la situación es desalentadora muchas de las viviendas construidas a base de tierra durante eventos sísmicos o cualquier embate de la naturaleza han colapsado casi en su totalidad, claro ejemplo de ello es lo ocurrido en la provincia de Lamas, región San Martín durante el año 2005, cuando un sismo de 7.5 Mw sacudió el nor-oriental del país, donde colapsaron según el CISMID, (2005): Aproximadamente 900 viviendas de los cuales el 81% de estas fueron de tapial además estas edificaciones evidenciaron la falta de refuerzos en sus diversas aplicaciones.

Esta situación aún más se agrava debido a la existencia de un alto porcentaje de viviendas que se presenta a lo largo del territorio peruano y con mayores porcentajes en las zonas alto andinas, construidas a base de tierra, piedra, quincha y otros materiales que tienen poca capacidad mecánica para absorber energía.

Según estudios publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, (2014): Sostuvo que para el año 2013 en el Perú se registró 7 828 571 viviendas particulares. De las

cuales el 47.1%, es decir 3 688 452 viviendas tiene como material predominante en sus estructuras a la tierra, lo que incrementa el nivel de vulnerabilidad ante eventos sísmicos, involucrando así a 14 441 645 peruanos.

Bagua Grande, uno de los distritos más representativos de provincia de Utcubamba, forma parte de esta realidad, las características de las viviendas de tapial se menciona que en su mayoría, solo han seguido métodos empíricos con recomendación de maestros de la zona o también llamados tapialeros con mano de obra que difiere de la calidad y como resultado de ello se evidencian paredes con alta presencia de fisuras y grietas en diferentes direcciones que llegan a superar los dos metros de longitud, que atraviesan la superposición de las unidades de tapial que componen la pared y que en algunos casos la profundidad de la grieta traspasa el ancho del muro, se evidencia también la erosión y el desmoronamiento en las paredes a la altura de la sobre-base producto de lluvias y del contacto con el agua, lo que genera la reducción del ancho del muro, traduciéndose en una disminución de la capacidad para ejercer su función.

En tanto (Proterra y Fundasal, 2014) señala que, durante una solicitud sísmica, los factores que causan el daño; no necesariamente son atribuibles a los materiales y técnicas utilizadas, pero sí a la calidad de estos y la manera de cómo se aplica la técnica, lo que significa que el colapso son provocados por la mala calidad (mezclas pobres en arcilla y paja) y la deficiencia en las técnicas aplicadas en la ejecución, que se traduce en estructuras de soporte débiles (poco cuidado en el tratamiento de la esquina, un mal anclaje entre los elementos verticales y horizontales, estructuras de techo que empujan los muros).

Por consiguiente, comparando lo antes señalado, es notorio que casi en la mayoría de viviendas construidas a base de tierra del distrito de Bagua Grande es escaso el reforzamiento según versión de los mismos propietarios, de los que se pueden excepcionar algunas viviendas que si tiene refuerzo horizontal con algún tipo de madera, pero este no está unido al refuerzo vertical, además estos refuerzos no son continuos, lo que evidencia que poco o nada puede aportar a la estructura. En cuanto a la utilización de estabilizantes como la paja, algunas de las viviendas si lo presentan, pero se desconoce la proporción y muy a pesar de que se hayan usado, visiblemente las viviendas ante un evento de la naturaleza representan un peligro para sus habitantes.

Por ello proponer una alternativa enfocada a la reducción de casos presentados es de suma importancia, considerando que los materiales están al alcance de todos los moradores. También conocer los mecanismos de reforzamiento y/o mejoramiento de las características de las unidades que componen las paredes de las viviendas con el uso de aditivos naturales, es vital puesto que dotara de conocimiento al maestro constructor de una herramienta útil para no redundar en los problemas y deficiencias antes mencionadas.



Figura 1: Grietas y fisuras en vivienda de tapial de 2 pisos en el C.P San Martin de Porras

Fuente: Propia



Figura 2: Colapso de muros debido a falta de reforzamiento y confinamiento

Fuente: Propia

Antecedentes nacionales

(Aburto y Bravo, 2018) En su tesis de grado **titulado:** Evaluación y comparación técnica de las propiedades del adobe, típico convencional y el reforzado con cenizas del bagazo de caña de azúcar para la construcción de viviendas en el CC. PP de Tambar - Moro - Ancash. Aplicando una **metodología:** Descriptivo/ experimental y fijando como **objetivo:** Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de unidades de adobes elaborados con contenido de ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA), en porcentajes de 5%, 10% y 15% y un grupo de muestras sin contenido de CBCA que representan al adobe tradicional, de los que después de someter a ensayos a las unidades elaboradas se encontraron los **resultados** siguientes: Para la resistencia a compresión del adobe tradicional se obtuvo una resistencia promedio de 9.27 kg/cm² y 11.72 kg/cm², 14.39 kg/cm² y 10.91 kg/cm², para los adobes con contenido de CBCA 5%,10% y 15% respectivamente. Así mismo para la resistencia a tracción los valores promedio fueron de 0.86 kg/cm² para el adobe convencional y 0.95 kg/cm², 1.05 kg/cm² ,0.83 kg/cm² para los contenidos de 5%, 10% y 15% respectivamente, en consecuencia, fijan como **conclusión** que la incorporación de CBCA mejora las propiedades mecánicas del adobe de manera considerable.

(Chuqui y Challco, 2018) En su tesis de grado **titulado:** Evaluación de las propiedades mecánicas de muros tipo tapial para viviendas económicas con presencia de hiladas de mortero de cemento – arena, en la A.P.V. Ayuda Mutua, Cusco. Aplicando una **metodología:** Descriptivo-explicativo / experimental, fijando como **objetivo** el determinar si el refuerzo de hiladas de mortero de cemento – arena con en la dosificación en volumen de 1:4 en las juntas de los muros de tapial tienen influencia en las propiedades mecánicas de compresión axial y compresión diagonal. Por lo tanto después de realizar los ensayos encontraron los siguientes **resultados** la resistencia a compresión promedio del tapial convencional fue de 6.26 kg/cm² y para el tapial con hiladas de mortero cemento - arena (volumen 1:4) el valor fue de 6.97 kg/cm² además los módulos de elasticidad calculados fueron 857.79 kg/cm² para el tapial típico y 967.75kg/cm² para el tapial con hiladas de mortero; en consiguiente cita la **conclusión** expresa que la incorporación de hiladas de mortero cemento-arena en el tapial mejoran las propiedades mecánicas.

(Mantilla, 2018). En su tesis de grado **titulado:** Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho, Cajamarca. Aplicando una **metodología:** Descriptivo/ experimental. Dicha Investigación tuvo como **objetivo** analizar y mejorar las

propiedades mecánicas, (compresión, flexión, absorción y saturación) del adobe al adicionarle viruta y caucho en porcentajes de 2%, 3% y 5%; de los que obtuvo los **resultados** siguientes: al adicionarle 3% de viruta la resistencia a la compresión promedio del adobe mejora hasta en un 36% comprada con el adobe tradicional, es decir se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 30.25 kg/cm², frente a 22.22 kg/cm² del adobe tradicional, adicionalmente como información complementaria se hizo el cálculo del módulo de elasticidad de los que se obtuvieron los resultados siguientes, en adobes tradicionales se obtuvo un módulo de $E = 734.09 \text{ kg/cm}^2$, luego un módulo de elasticidad $E=1377.45 \text{ kg/cm}^2$ para los adobes con 2% de adición de caucho, un módulo elástico de $E=1290.29 \text{ kg/cm}^2$ para adobes con fibra 3% de caucho y $E=885.64 \text{ kg/cm}^2$ para el contenido del 5% de caucho; módulos que a medida que se le incrementa el porcentaje de fibra van disminuyendo su valor progresivamente. Finalmente se llegó a la siguiente **conclusión** que la resistencia a la compresión que mejor variación favorable presenta es la adición el 3% de viruta.

(Carhuanambo, 2016). En su tesis de grado **titulado:** Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016. Aplicando una **metodología:** Descriptivo/ experimental. Investigación que tuvo como **objetivo:** Determinar las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con 1.5%, 3.0% y 4.5% adición de viruta y 1.5%, 3.0% y 4.5% adición de aserrín de Eucalipto. Las propiedades mecánicas y físicas a determinar fueron la resistencia compresión, flexión y absorción de agua. Después de realizar los ensayos de laboratorio los **resultados** fueron los siguientes: Para los adobes compactados con adición de viruta en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%. La resistencia a compresión; se menciona que superan hasta en un 32% respecto al adobe sin adición (adobe patrón), la cual tuvo una resistencia de 21.17 kg/cm². Además, su mejor resistencia a compresión se obtuvo con la adición del 4.5% de viruta con 30.94 kg/cm². Para los adobes compactados con adición de aserrín en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%. La resistencia a compresión disminuye respecto al adobe sin adición que tiene una resistencia de 21.17 kg/cm². Los valores obtenidos son 21.01 kg/cm², 18.53 kg/cm² y 13.64 kg/cm², respectivamente. Para los adobes compactados con adición de aserrín en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%. Teniendo como **conclusiones:** Para la resistencia compresión de adobe compactado solo mejora, cuando se adiciona viruta de eucalipto con los porcentajes antes mencionados. Y cuando se adiciona aserrín los resultados son desfavorables.

(Bolaños, 2016). En su tesis de grado **titulado:** Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna - Cajamarca. Aplicando una **metodología:** Descriptivo/ experimental. Investigación que tuvo como **objetivo:** Determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna en diferentes porcentajes, para dicho estudio se elaboraron 96 especímenes con 5%, 10% y 15% de adición de goma de tuna de los cuales se obtuvieron los siguientes **resultados**. De los ensayos a compresión se obtuvo que al adicionarle el 5% de tuna la resistencia respecto al patrón incrementa un 14%, con el 10% esta incrementa en 33% y al adicionarle el 15% de goma de tuna el incremento es del 43%. Finalmente se llega a la **conclusión** que la adición de goma de tuna en los adobes y en los porcentajes indicados, este le proporciona un incremento y mejora las propiedades mecánicas de la unidad hasta en un 43%. Cumpliendo así los requisitos que la norma técnica peruana establece.

Antecedentes internacionales

(Llunitasig y Siza, 2017). En su tesis de grado **titulado:** Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala, Ambato – Ecuador. Aplicando una **metodología:** Descriptivo/ experimental. Dicha Investigación tuvo como **objetivo:** Obtener la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con estiércol de vaca, sangre de toro, savia de penca de tuna y paja; determinar su comportamiento sísmico usando un modelo a escala. Para ello elaboraron muestras de adobes bajo la adición y las diferentes combinaciones de estabilizantes antes mencionados de los cuales fueron sometidos a ensayos en el laboratorio para determinar la resistencia. Se obtuvo los siguientes **resultados:** la combinación más resistente fue la elaborada con barro dormido estabilizado con sangre de toro y estiércol de vaca, y alcanzó una resistencia a compresión de 11.29 Kg/cm² la cual representa una mejora del 14,74%, respecto al patrón; por lo tanto, con este adobe se procedió a construir el modelo a escala para ser ensayado a condiciones dinámicas por sismo en la mesa vibratoria, el modelo adicionalmente llevo un refuerzo de malla de plástico en las paredes. Finalmente, después del ensayo se registró una aceleración en la estructura de 0.620 m/s² equivalente a un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli.

(Cárdenas y Sarmiento, 2017). En su tesis de grado **titulado**: El tapial alivianado, Cuenca – Ecuador. Aplicando una **metodología**: Descriptivo/ experimental. Dicha Investigación tuvo como **objetivo**: Dar a conocer el tapial alivianado como alternativa constructiva aplicable en edificaciones contemporáneas, el estudio está basado en la búsqueda de un tapial de menor densidad, mediante la utilización de materiales que redujeran la densidad tales como las fibras de cabuya, esferas de poliestireno expandido, aditivo sika Poro Plus y la colocación de tubos de policloruro de vinilo (PVC), para ello se prepararon especímenes con dimensiones distintas de acuerdo a la diversidad de normativas existentes en el mundo, luego de ser estos sometidos a los ensayos poder establecer las variaciones respecto a los resultados del tapial alivianado, en la evaluación de la resistencia a compresión los **resultados** encontrados fueron los siguientes: la mejor resistencia a compresión en el tapial normal encontrada es de 1.84 MPa, frente al 2.22 Mpa para el tapial alivianado. De la información consignada también se registra el cálculo del módulo de elasticidad para muretes de los que se obtuvieron $E = 6.21\text{Mpa}$ o 63.32 kg/cm^2 para un modelo de tapialera y $E = 4.10\text{ Mpa}$ o 41.80 kg/cm^2 para el modelo de acuerdo a la norma Peruana E.080 lo que indica la variación debido a las dimensiones en los especímenes de ensayo. Finalmente se **concluye** que la muestra con adición de fibra de cabuya y el uso de tubo de Pvc para incorporarle vacíos a la unidad, redujo la densidad y se logró el objetivo propuesto, además de ello mejorando la resistencia a compresión que alcanzó los 24.5 kg/cm^2

(Teixeira, 2015). En su tesis de grado **titulado**: Estudio de las propiedades de las fábricas históricas de adobe como soporte a intervenciones de rehabilitación, Madrid - España. Aplicando una **metodología**: Descriptivo/ experimental. Dicha Investigación tuvo como **objetivo** principal: Determinar experimentalmente las propiedades físico-mecánicas y los parámetros resistentes que caracterizan las estructuras históricas de fábricas de adobe de la región de Aveiro y sus materiales componentes, orientado este a permitir evaluar las condiciones de seguridad de las mismas y diseñar las medidas de actuación necesarias para prolongar la vida útil. Para la evaluación de las propiedades mecánicas como lo señala el objetivo, en etapa la de campo se realiza la selección de las fábricas tradicionales (adobes de tierra), considerando que las muestras tomadas reflejen la representatividad de la zona en investigación, luego estas son llevadas al laboratorio para ser preparadas y sometidas a ensayo, para la determinación de la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad se realizó el ensayo en muretes y para las resistencia de tracción indirecta, en especímenes cilíndricos de 6"x12", los **resultados** alcanzados fueron: la resistencia de compresión

máxima es 2.02 Mpa y la media máxima es 1.72 Mpa, el módulo de elasticidad máximo encontrado es $E = 340 \text{ MPa}$ y el medio máximo es $E = 283 \text{ Mpa}$; para la resistencia a tracción indirecta el mejor valor alcanzado es 0.52 Mpa y el valor medio máximo es 0.40 Mpa, fijando como **conclusiones** que la variabilidad numérica encontrado en los ensayos no permite fijar soluciones integrales que se pueda generalizar.

(Afanador, Carrascal y Bayona, 2013) en su artículo de investigación **titulado** Experimentación, comportamiento y modelación de la tapia pisada – Colombia. Basándose en la **metodología** descriptivo - explicativo /experimental se fijó como **objetivo** la determinación de las propiedades físico-mecánicas y el comportamiento de los elementos estructurales que constituyen una construcción en tapial, para ello se elaboraron especímenes de dimensiones 0.25m x 0.50m x 0.50m, luego estos fueron puestos a ensayos, de los que se obtuvo los **resultados** siguientes: la resistencia a compresión promedio es de 0.17 Mpa o 1.73 kg/cm² y para el módulo de elasticidad promedio un valor de 54.78 Mpa o 556.56 kg/cm², considerando la **conclusión** siguiente para dichas propiedades el tapial, por ser un elemento construido principalmente por tierra apisonada y algunos elementos como paja y madera, registran un comportamiento lineal y elástico.

(Rufino, Machado, y Días, 2013) En su artículo de investigación **titulado** Determination of stabilized soil mixtures based on local biomass resources used to improve the quality of housing built by the population in the territory of Uige, Angola. Basándose en la **metodología** explicativo /experimental teniendo como **objetivo** determinar y lograr mejorar las propiedades físicas y mecánicas a partir de la estabilización del suelo con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBA), cuescos de palma africana (CPA) y un ligero porcentaje variable de cal, dichos valores aplicados en 3 niveles de dosificación. Luego del secado se sometieron a ensayos los especímenes encontrando los **resultados** a continuación descritos: la mejor resistencia a compresión se halló para la dosificación de 3% de cal 5% de CBA y 5% de CPA con valor de aproximadamente de 2.7 Mpa o 27.53 kg/cm² y para la dosificación de 5% de cal 6% de CBA y 6% de CPA un valor próximo a 2.3 Mpa o 23.45 kg/cm², posteriormente expresando la siguiente **conclusión** que la incineración de fuentes de biomasa como el bagazo de caña y los cuescos de palma permite reciclar productos y a la vez mejoran propiedades del suelo.

Teorías relacionadas al tema

Características mecánicas

Las características mecánicas de un material se manifiestan bajo una acción de carga donde se simula las condiciones de servicio que permite predecir el desempeño y proporcionar información para un diseño (Martin, 2006, pág. 37).

Asimismo, la respuesta mecánica de un material hacia fuerzas externas es fundamental, debido a que los fallos en las estructuras ocurre cuando la funcionalidad del material se agota por razones de deformación excesiva que relaciona directamente a la resistencia de tracción o por fractura que puede ser dúctiles o frágiles, en ambos casos la fatiga de estas propiedades dan origen a agrietamientos en las estructuras durante una acción de cargas, (Komvopoulos, 2011).

Las características mecánicas de una estructura a base tierra pueden cambiar en relación a los componentes granulométricos del suelo, al nivel de compactación y al tipo de fibra que se le añade, así mismo si estos factores no son manejados adecuadamente los resultados serán de poco provecho. Por ello en muchos de estudios realizados concuerdan que las estructuras de tierra con buen control en los procesos, tienen una aceptable resistencia a soportar cargas verticales o de gravedad, pero contrariamente también presentan una debilidad muy significativa para absorber fuerzas laterales sísmicas que actúan perpendicularmente a su plano, generando fallas en los muros.

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión, en unidades de tierra es una de las propiedades que mejores resultados se ha encontrado. Sin embargo, los valores hallados no son motivo para generalizar y establecer un estándar, sino que una clara evidencia para evaluar la propiedad en cada tipo de suelo, ya que los componentes son distintos en cada muestra y más si éste contiene aditivos.

Las fibras tienen menor resistencia a compresión en relación a la tierra, pero a pesar de ello al combinarse y bajo acción de carga la fibra reduce las tensiones laterales, evitando una falla temprana e incrementando la resistencia a compresión (Zak, y otros, 2015, pág. 181)

(Bestraten, Hormias y Altemir, 2011, pág. 7), sostiene que la variación de la resistencia en las estructuras de tierra, se debe la tecnología, la densidad y los tipos de estabilizantes que

se les añadan. Además de indicar que estas estructuras se encuentran en gran parte sometido a esfuerzos de compresión debido a cargas de vigas y cubiertas y el propio peso de la estructura.

Tabla 1: Resistencia a compresión simple de estructuras de tierra

Material	Densidad (kg/m³)	Resistencia a compresión (N/mm²)
Adobe	1200 – 1500	0.53 – 72
Cob	1651	1
BTC: Bloque de tierra comprimido	1700 – 2000	1 – 5
BTC: Estabilizado biotierre	1787.5	10.8
Tapial	1900 – 2200	3 – 4

Fuente: Adaptado de (Bestraten, Hormias, & Altemir, 2011)

(ASTM C-39/C39M-18, 2018, pág. 2), la resistencia a la compresión como tal, relaciona la fuerza o carga aplicada sobre el área del testigo, la carga aplicada se incrementa de manera gradual hasta experimentar el fallo, cuando esto ocurra se ha registrado un valor de carga máxima soportada.

Según (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017, pág. 15): la resistencia a la compresión para unidades de tierra, se determina bajo los siguientes lineamientos.

- La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
- La resistencia última se determinará usando la siguiente expresión: $f_0 = 1.0 \text{ MPa}$ o de 10.2 kgf / cm^2
- En muestras prismáticas de tapial deben cumplir con que la resistencia última calculada, supere o se iguale al promedio de las cuatro mejores muestras (de 6 muestras).
- Si no existen muestras de tapial secas, se aconseja preparar las muestras en moldes de 0.1m x 0.1m x 0.15 m. con un mazo de 5 kg aplicándole 10 golpes.

Para determinar la resistencia a la compresión de un espécimen, se utilizará la siguiente expresión.

$$f_u = \frac{W}{A} \quad (Ec. 1)$$

Dónde:

fu: Resistencia a compresión en (Kg/cm²).

W: Carga máxima aplicada (Kg).

A: Promedio de las áreas brutas superior e inferior (cm²).

Módulo de Elasticidad

Cervera & Blanco (2001), todos los materiales durante la exposición a una carga experimentan deformación, luego que la carga es retirada, el material recupera su forma original. A esta tendencia se le denomina elasticidad, (pág. 16).

Según Teixeira (2015), el módulo de elasticidad de un material está relacionado con la cantidad de esfuerzo que soporta y la deformación que este sufre debido al esfuerzo, por lo que se torna un parámetro muy importante para un diseño estructural. Sin embargo, para unidades o estructuras a base de tierra que poseen diversas características en su composición, este parámetro no es una constante, es decir en el adobe o tapial, no tiene definido un rango elástico, como en otros materiales (el concreto y acero), donde existen zonas elásticas lineales preestablecidas, si no que van variando dependiendo del espécimen que se estudie. (pág. 28).

Para determinar el módulo de elasticidad de un material es importante aludir a dos variables que intervienen en cálculo. El esfuerzo y la deformación.

Esfuerzo

El esfuerzo es el cociente entre una carga aplicada y el área de la sección donde se aplica la carga, de lo que se deduce que, para esa misma carga, a mayor área menor es el esfuerzo.

De igual manera la norma (ASTM C-496, 2002, pág. 4) establece que, para determinar el módulo de elasticidad estático para elementos en cargas de compresión, el esfuerzo que debe tomarse para el cálculo corresponde al 40% de la carga última de ruptura.

La ecuación para determinar el esfuerzo está dada por:

$$\delta = \frac{P}{A} \quad (Ec. 2)$$

Dónde:

δ : Esfuerzo en kg/cm^2

P: Es la carga aplicada en kg

A: Área de la sección en cm^2

Deformación unitaria.

Es la variación de longitud que experimenta un cuerpo o material, cuando es sometido a una fuerza externa. Se establece esta relación al comparar la variación de la longitud, mientras es aplicada la carga y la longitud inicial del cuerpo.

La ecuación de la deformación resulta.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

ε : Deformación unitaria en mm/mm

ΔL : Es la variación de la longitud en mm

L: longitud inicial en mm

Para determinar el módulo de elasticidad de un material se realiza mediante la ecuación siguiente.

$$E = \frac{\delta}{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

E: módulo de elasticidad en kg/cm^2

ε : Deformación en mm

δ : Esfuerzo en kg/cm^2

Resistencia a la tracción indirecta

León, y otros (2015, pág. 1), uno de los problemas más frecuentes en la construcción con tierra son los elementos que están sometidos a esfuerzos de tracción. Sin embargo, la

incorporación de fibras estabilizantes reduce los efectos producidos por esfuerzos de tensión, (Corbin y Augarde, 2014, pág. 1)

Para (Mnisterio de Construccion, Vivienda y Saneamiento, 2015, pág. 3), generalmente la albañilería presenta poca resistencia a la tracción lo que hace que se produzca fallas de amarre de los muros en las esquinas, que va en forma descendente por la estructura, provocando un aislamiento entre los muros que conlleva a perder estabilidad lateral y originar la posibilidad de desplome del mismo, fuera de su plano.

(Vargas, 2016, pág. 4), la resistencia a la tracción indirecta se origina al aplicar una fuerza de compresión diametral, es decir la fuerza aplicada se distribuye a lo largo de la longitud de la muestra cilíndrica, con una velocidad que está dentro de un intervalo prescrito, hasta que se experimenta el fallo.

La relación entre el esfuerzo máximo de tracción en el plano central de una probeta de sección circular, es dada por la siguiente ecuación.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi x A} \quad (Ec.5)$$

Dónde:

σ_t : Es el esfuerzo de tracción en (Kg/cm²).

P: Es la máxima carga de rotura en (kg).

A: L x d en (cm²),

d: Es el diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

l: Es la longitud de la probeta (cm).

Requerimientos para los especímenes

Según (Ministerio de Vivienda Construccion y Saneamiento, 2017, pág. 15), Los especímenes para medir la resistencia a la tracción del tapial deben ser de las siguientes dimensiones 6” de diámetro y 12” de longitud. Para determinar la resistencia última se tendrá en cuenta el valor de 0.81 kg/cm², y en cuanto al secado dichos especímenes deben tener 28 días de secado además de presentar un promedio de entre 10 y 15% de humedad.

Tapial

Para (Mahantesh, Hanamasagar, y Girinivas, 2017) es el nombre tanto de una técnica, como de muros monolíticos construidos a base de tierra compactada en diversas capas dentro de encofrados temporales que en conjunto forman una vivienda. Este tipo de edificaciones tiene

alta representatividad en la serranía peruana y su importancia ocupa el segundo nivel después del adobe, ya que son más económicas debido a la rapidez en su construcción. Sin embargo, al utilizar la tierra sin ningún tipo de estabilizante que refuerce la estructura, lo convierte en una edificación vulnerable ante eventos sísmicos, (Mendoza, Torrealva y Tejada, 2016, pág. 110).

Así mismo, Martins y Borges, (2011) considera que el tapial es una técnica que consiste en la compresión de capas de tierra húmeda dentro de moldes denominados tapial o tapial, que usualmente son hechos de madera que y se van trasladando a medida que avanza la construcción. En algunos casos para mantener la verticalidad y el espesor de las paredes, se usan guías para desplazar los moldes (pág. 9).

Unidad de tapial

(Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017, pág. 18), las dimensiones para los bloques de tapial deben considerarse como se detalla: ancho mínimo: 0.40 m, altura máxima: 0.60 m y longitud máxima: 1.50 m.

El espesor del encofrado o molde debe considerarse un mínimo de 2 cm.

Los bloques de tapial se fabricarán, a través de capas de 15 cm y se compactarán hasta reducirse a 10 cm, acción que se repetirá hasta completar la altura indicada, bajo el procedimiento siguiente:

- La compactación se realizará con un piso hecho a base de madera con un peso de aproximadamente 10 kgf.
- Terminada la compactación de las capas del tapial, en la cara de la parte superior se debe rayar o picar toda la superficie y luego humedecerlo para continuar con la siguiente hilada.
- Las juntas de avance de una unidad con respecto a la otra, deben ser inclinada aproximando a formar un ángulo de 45°.

Selección del suelo para tapial

Es importante conocer los componentes de la tierra para construcción o simplemente suelo como otros autores lo denominan, puesto que no todos los suelos poseen las características requeridas como material de construcción.

La utilización de la tierra en la construcción trae consigo múltiples beneficios como el confort térmico, alta resistencia al fuego, sostenibilidad, así como la reducción de consumo de energía en proceso, (Mostafa y Uddin, 2016).

Así mismo, las características físicas básicas del suelo para ser usado en el tapial se considera la distribución granulométrica, la plasticidad y la compactación (Martins y Borges, 2011, pág. 49).

En tanto, para controlar la calidad en la construcción se recomienda que el suelo para ser usado en el tapial, debe estar comprendido dentro de los límites establecidos en la tabla 2.

Tabla 2: Porcentajes para los componentes del suelo

Componentes del suelo	Porcentajes (%)
Arena / Grava	De 55 a 70
Arcilla	De 10 a 20
Limo	De 15 a 25

Fuente: (Mendoza, Torrealva y Tejada, 2016,)

Los autores también recomiendan que el contenido de humedad antes de que el suelo sea compactado, fluctúe entre el 9% y 15%.

Fibra de caña de azúcar

Según (Almazán, y otros, 2013, págs. 8-9), el bagazo un subproducto que resulta de comprimir y estrujar los tallos de la caña, por procesos de molienda industriales o manuales, donde se extrae todo el jugo de la caña, y como resultado queda el bagazo en condiciones de humedad aproximadamente del 50% y con contenido de sacarosa de 4%. El bagazo contiene 2 facciones: el meollo o parénquima que tiene alta propiedad de absorción y la fibra cristalina, que contribuye a la rigidez de la planta.

Algunas fibras como tal, se obtienen como derivados de otras materias primas después de haber sido sometido a procesos de extracción, luego para poder darle uso es necesario someterlo a tratamientos de corte, lavado y secado.

Para la elaboración de adobes, es muy a menudo el uso de fibras de procedencia natural o vegetal, debido a que son propias de las zonas y el fácil acceso para los pobladores que ven en esta, una posibilidad para mejorar las características de sus estructuras.

La importancia de usar fibras en la construcción con tierra radica en que estas ayudan a reducir los agrietamientos y fisuras provocados por retracción durante el proceso de secado, así como también en la mejora de las propiedades de las estructuras. Como lo explica (Febres, 2010, pág. 28) las fibras al unirse con la tierra conforman redes tejidas que se adhieren entre sí, estas impiden el efecto de una carga o sollicitación; aun si la carga superara la capacidad de resistencia, los patrones de fisuras y agrietamiento son distintos entre sí.

Las fibras en su estado natural también poseen propiedades físicas y mecánicas que se deben tener en cuenta para su uso en la construcción.

Tabla 3: Propiedades mecánicas de la fibra de caña de azúcar

Tipo de fibra	Diámetro (in)	Longitud (in)	Densidad (sg)	Fuerza de tracción (psi)	Fuerza de unión (psi)
Bagazo de caña de azúcar	0.02	1.38	0.639	3570	36

Fuente: Adaptado de (American Concrete Institute ACI 544.1R - 96, 2002).

Longitud de la fibra

La longitud de las fibras naturales son variables en su estado inicial, existen microfibras y también macro fibras. Dependen de la fuente de donde es extraída, por lo que usarla en la construcción en su estado inicial, representan problemas durante la compactación ya que estas se pueden segregar y formar grumos que posteriormente afecten el desempeño de la estructura.

Por ello Araya, y otros, (2018, pág. 645), considera que el uso de fibras cuidadosamente seleccionadas en longitudes variables no muy grandes, genera incremento en la resistencia y mitigan los agrietamientos por secado.

Según Mendoza, Torrealva y Tejada, (2016, pág. 24) la longitud la fibra a utilizar en el tapial, por tradición no se ha tenido en cuenta, solo se han utilizado de acuerdo a las costumbres de cada zona. Por lo que el tamaño de las fibras recomendables para uso en la construcción con tierra debe fluctuar entre 5 cm y 10 cm de longitud, aunque esto no exime el uso de otras longitudes que se pretenda usar.

Dosificación

(Espinoza, 2015, pág. 31), para lograr una máxima eficiencia en el uso de fibras naturales como refuerzo se debe tener en cuenta las proporciones adecuadas que se deben incorporar,

esta incorporación debe permitirle a la masa ser trabajable. Para ello durante el experimento, es fundamental partir de una muestra o patrón al que no se le adicione la fibra, y este servirá de referencia para la manipulación de la dosificación en las demás muestras, hasta obtener la mezcla que cumpla con las características deseadas.

Se debe entender también que el exceso de fibra en un elemento no garantiza el incremento de las propiedades, más bien por el contrario, hay un punto límite entre la proporcionalidad del incremento de la propiedad respecto al incremento de dosificación de la fibra. Si se vulnera dicho límite, los resultados serán desfavorables si lo que se busca es alcanzar la máxima resistencia la hora que el elemento o la estructura soporte la mayor cantidad de carga posible.

Obtención de la fibra

En zonas rurales generalmente para moler la caña, no hay equipos industriales por lo que su producción se basa en la utilización de equipos construidos de forma artesanal para la molienda de la caña dentro de las cuales tenemos a los llamados “trapiches o paradas” que están conformado por 3 rodillos de madera unidos entre sí por engranajes, estos rodillos son accionados a través de una palanca de madera rotatoria accionada usualmente por la fuerza de animales domésticos, que a medida que va girando tritura o aplasta a la caña extrayéndole el zumo. Esta acción es repetida por 2 o 3 veces hasta que el bagazo quede estrujado por completo.

Tratamiento de la fibra

Investigaciones previas sobre la utilización de fibras de caña de azúcar como aditivo natural para mejorar las propiedades del concreto, concuerdan que es necesario aplicar un tratamiento para protegerlo del ataque de agentes que causen el deterioro y extender su duración. En muchos de los casos se ha usado compuestos químicos para retirar el azúcar presente en la fibra puesto que éste, retarda el proceso del fraguado del concreto, adicionalmente también se ha buscado proteger a la fibra de la humedad y la alcalinidad presente en el concreto, utilizando resinas de vegetales como las resinas de linaza, o como también el uso de cloruros e hidróxidos de cal, la cual han permitido obtener óptimos resultados.

Sin embargo, el tratamiento de la fibra y el azúcar presente en ésta, para el caso del tapial se limita al uso de productos químicos u otros para su tratamiento y solo se tendrá en cuenta la cantidad de impurezas para el lavado del bagazo en agua una vez salido del trapiche, con el fin de eliminar las impurezas ajenas a la fibra. Posteriormente se procederá al secado a través de un proceso natural es decir se dejará secar a temperatura ambiente hasta que el bagazo presente la menor cantidad de humedad posible, en cuanto al tiempo o los días de secado es relativo ya que mientras más caluroso sea el día, menor será el tiempo de secado.

Marco conceptual

Compactación. Proceso por el cual la tierra es moldeado o acomodado dentro del encofrado, ya sea usando de forma manual o utilizando equipos mecánicos, (Martins y Borges, 2011, pág. 58).

Fisura. Rajaduras presentes en paredes debido al exceso de carga que generalmente es producido por sismos y otros factores externos, las dimensiones de estas son variables pueden ser muy visibles como también poco perceptibles, (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017, pág. 5).

Fibra. Agente estabilizante que proviene de diversos orígenes como animales y plantas, que, en una masa, forman redes y modifican la forma agrietamientos y fisuras debido a cambios climáticos y otros factores externos, (Begum y Islam, 2013, pág. 47).

Resistencia de tracción indirecta. Ensayo que consiste en aplicar una carga de compresión lineal distribuida a lo largo del espécimen cilíndrico, hasta experimentar la falla, tal esfuerzo genera una tensión de forma horizontal y esfuerzo de compresión variable, (ASTM C- 496, 2003, pág. 1).

Tapial: Técnica con la cual se construyen viviendas con muros de gran espesor a base de tierra compactada dentro de moldes de madera, (Dabaieh, 2014, pág. 6).

Tierra: Es una mezcla de partículas minerales como arcilla, limo, arena y grava además de aire y agua, (Loccarini, 2017, pág. 10).

Problema general

¿Cómo varían las características mecánicas del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?

Problemas específicos

¿Cuál es el cambio de la resistencia a la compresión del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?

¿Cuánto cambia la resistencia a la tracción indirecta del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?

¿Qué variación presenta el módulo de elasticidad del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?

Justificación práctica

Esta investigación se enfocará en estudiar las características mecánicas del de tapial adicionado con fibras de caña, para ello se elaboraran 2 grupos de especímenes: el primero grupo de especímenes será elaborado solo a base de tierra como el tapial convencional y el segundo grupo de especímenes de tapial será el elaborado con contenido de fibra de caña de azúcar en sus diferentes dosificaciones; luego serán llevados al laboratorio para ser ensayados de acuerdo al tipo de estudio que requiere cada uno. Finalmente, con los informes de los ensayos de ambos grupos se harán la comparación numérica de los incrementos o disminución de las características mencionadas.

Justificación metodológica

Para esta investigación el procedimiento a seguir inicia con la identificación del lugar, y la vivienda muestra del cual se reproducirán los especímenes, luego identificar y seleccionar la fibra de la caña la cual se utilizará de acuerdo a la dosificación planteada. Una vez realizada esta etapa se procederá a elaborar los especímenes y luego ser sometidas a ensayos de laboratorio.

Luego de obtener los resultados del laboratorio, se procederá a los análisis de variación de las características mecánicas de resistencia a compresión, tracción indirecta y módulo de elasticidad del tapial, con la adición de fibra de caña, y el patrón sin adicionar fibra de caña.

Justificación ambiental

Se busca incentivar la utilización de fibras de bagazo de caña, ya que estos representan porcentajes mínimos de contaminación comparados con las fibras industriales, considerando que estas fibras son un subproducto o derivado de una actividad primaria como es la

molienda de la caña para fines de consumo, además este material en mucho de los casos es desaprovechado

Importancia

Esta investigación se realiza con el fin de encontrar una respuesta técnica, económica y viable a la construcción de edificaciones en tapial, y así poder contribuir a la mejora de las características mecánicas del tapial como unidad; y tener viviendas más resistentes a eventos sísmicos, vientos, lluvias y otras acciones propias de la naturaleza; además de garantizar y proteger la vida como derecho principal de sus habitantes. Por otro lado, se busca beneficiar a los moradores de la zona, incentivando el uso de materiales que están a su alcance y que representan bajísimo costo a comparación con los materiales convencionales, pudiendo edificar sus viviendas seguras y confortables como cualquier otra. Del mismo modo se busca dotar de conocimiento técnico a los maestros constructores o tapialeros, en el uso estabilizantes naturales con proporciones que den el mayor factor de seguridad en una construcción.

Delimitación conceptual

Para realizar esta investigación se elaborarán probetas o especímenes con los materiales (tierra y adición de fibra de caña) propuestos en la investigación y serán ensayados en el laboratorio que permitirán estudiar y analizar las características mecánicas del tapial.

Delimitación espacial

El estudio y los materiales que comprenden esta investigación se realizara en la extensión que comprende en el distrito de Bagua Grande, provincia de Utcubamba y departamento de Amazonas.

Delimitación temporal

Los datos y estudios que se tomaran en cuenta para esta investigación corresponden a una antigüedad de 20 años, puesto que el tapial como técnica constructiva no ha acaparado el estudio como otras técnicas y materiales que si lo han hecho.

Hipótesis general

Las características mecánicas del tapial varían significativamente, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

Hipótesis específicas

El cambio de la resistencia a la compresión del tapial, es considerable, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

El cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial es notable, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

La variación que presenta el módulo de elasticidad del tapial es proporcional, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

Objetivo general

Analizar la variación de las características mecánicas del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

Objetivos específicos

Determinar el cambio de la resistencia a la compresión del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

Calcular el cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

Cuantificar la variación del módulo de elasticidad del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.

II. MÉTODO

2.1. Método, tipo, nivel y diseño de investigación

Método: Científico

Para (Valderrama, 2015, pág. 73) Es el conjunto de procedimientos mediante los cuales se proponen problemas científicos y se someten a prueba las hipótesis y los instrumentos, además este es un elemento necesario para la ciencia, puesto que permite demostrar la validez de un argumento.

Dada esta consideración el método que se empleará en esta investigación es el *método científico*, puesto que nos permitirá probar y verificar nuestras hipótesis y dar solución al problema planteado basándose en fenómenos observables.

Tipo: Aplicada

Según (Behar, 2008, pág. 20): Su principal característica de esta investigación es aplicar los conocimientos adquiridos, con el fin de resolver y dar solución al problema presentado y no solo limitándose a generar teoría; además de contrastar la teoría con la realidad.

Bajo este planteamiento esta investigación será de tipo *aplicada*, puesto que lo que se persigue es analizar es las características mecánicas del tapial con adición de fibras, con el fin de mitigar los problemas presentados en la realidad problemática

Nivel de estudio: Explicativa

Según (Arias, 2006, pág. 26): El propósito de este nivel es responder al porqué de los hechos o de un fenómeno, mediante la relación de causa – efecto. Por consiguiente, estudios explicativos se encargan identificar las causas y los efectos generados a través de un proceso experimental, mediante las pruebas de hipótesis.

Por lo tanto, basándose en este criterio, esta investigación corresponde a un nivel *explicativo* ya que se busca establecer el efecto de la adición de fibras sobre las características mecánicas del tapial.

Diseño: Experimental

Según (Tamayo y Tamayo, 2004, pág. 47): Se da a través de un proceso experimental y se materializa cuando existe la manipulación libremente por parte del investigador de una de

las variables, con el objetivo de analizar su implicancia sobre la otra, posteriormente describir tal acontecimiento.

Considerando ello, en el desarrollo de este trabajo se tendrá un diseño *experimental*; ya que se manipulará los porcentajes de adición de la fibra de caña para medir las variaciones en las características mecánicas del tapial.

2.2. Operacionalización de variables

La variable dependiente, características mecánicas de tapial se subdividió en 3 dimensiones a su vez esta se dividió en 3 indicadores.

La variable dependiente se subdividirá en 3 dimensiones para estudiar sus efectos sobre la variable dependiente

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo A1.1

2.3. Población, muestreo y muestra

Población

Según (Palella & Martins, 2006, pág. 115) Es el conjunto de personas, cosas, objetos, etc. De tamaño finito o infinito que forman parte de una investigación y que normalmente es alcanzable.

Bajo esta consideración la población de esta investigación está conformada *por 8848 viviendas* existentes construidas a base tierra en distrito de Bagua Grande.

Muestreo: No probabilístico

(Jauset, 2007, pág. 141): Considera que este método se diferencia por elegir a sus elementos de forma intencional a criterio del propio investigador o entrevistador donde las muestras obtenidas son sesgadas y no es posible estimar el error muestral.

Para esta investigación se utilizará el muestreo *no probabilístico de tipo intencional*, puesto que la muestra será elegida a conveniencia o criterio propio en función al propósito la investigación; además se elegirá los presenten mejores características y condiciones, y así poder obtener resultados más confiables.

Muestra

(Niño, 2011, pág. 55), explica que es una porción representativa de la población o grupo, que se elige con el propósito de estudiar sus propiedades que los caracteriza a toda la población.

La muestra para esta investigación será *una vivienda de tapial* del cual hará una réplica de 64 especímenes, elegido de acuerdo con lo especificado en la norma E.080, artículo 8, ítem 8.1-C y 8.2-C, donde indica que como mínimo se deben ensayar 6 especímenes por cada tipo de ensayo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica: Observación directa

(Arias, 2012, pág. 69), es el análisis de un fenómeno que se produce en la naturaleza o el entorno, observados o captados de manera sistemática y controlada mediante el sentido de la vista, en función los objetivos planteados en la investigación.

La técnica a adoptar en esta investigación será la *observación directa*, pues nos sustentaremos de esta técnica para visualizar y analizar las variaciones que presente el tapial, debido a la adición de fibras.

Instrumento: Ficha de recopilación de datos

(Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, pág. 198): Comenta que es el medio donde se establece el plan y se registra la información con el propósito de responder a los problemas investigados.

La Ficha de recopilación para la investigación propuesta, está elaborado en función de las *dimensiones e indicadores* de cada variable en estudio.

El contenido de la ficha de recopilación de datos se precisa en el anexo A2.

Validez

(Bernal, 2006, págs. 214-215): Es la calidad de un instrumento que realiza aquello para la cual fue diseñado. Se trata de que la prueba o el instrumento que se utiliza mida realmente lo que el investigador necesita medir. El tipo de validez más directa es la validez de

contenido, la cual es el nivel de representatividad que el instrumento contiene acerca de la variable en estudio.

Tabla 4: Rangos y magnitud de validez

Rangos	Magnitud
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: Reproducido de (Ruiz, 2005)

Para validar el instrumento de recopilación de información de la investigación presente, se sometió a juicio de expertos que son profesionales conocedores del tema, los que determinaron la valoración siguiente:

Tabla 5: Validez por juicio de expertos

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Variable X1	1	0.67	0.67	0.78
Variable Y2	0.67	1	1	0.89
Índice de validez				0.84

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, el índice de validez obtenido, para la ficha de recopilación de datos del proyecto en mención según la tabla 4, da como resultado una validez de **magnitud muy alta**

Confiabilidad

(Landeau, 2007, pág. 81) Considera que es el nivel mostrado de cuan consistente es el instrumento en base a los resultados obtenidos, aplicados al objeto de estudio durante repetidas ocasiones.

Tabla 6: Rango y confiabilidad

Rango	Confiabilidad
0.81 - 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: (Palella & Martins, 2012, pág. 169)

Para esta la investigación **No aplica**, puesto que el tipo de instrumento no es cuestionario.

2.5. Procedimiento

Descripción de la zona de estudio

El distrito de Bagua Grande es uno de los siete distritos que comprenden la provincia de Utcubamba, situado a orillas del río Utcubamba y la carretera Fernando Belaunde Terry, al nor-orienté de la capital. Este distrito está constituido de zonas urbanas y zonas rurales dedicadas principalmente a la ganadería y producción agrícola.

Geográficamente el distrito de Bagua Grande, se ubica en las coordenadas 05°45'21" S y 78°26'34 O" a una altitud de aproximadamente de 450 m.s.n.m, en la provincia de Utcubamba, departamento Amazonas.

Características de la zona de estudio

Bagua Grande concentra su mayor índice de construcciones a base de tierra en la zona rural y periurbana del distrito, estas viviendas por lo general son de uno y dos pisos, con una geometría de tipo rectangular y dimensiones que varían entre 4.0 y 8.0 metros de longitud y 3.50 a 6.0 metros de ancho; del mismo modo los espesores de las paredes varían entre 0.40 metros para viviendas menos antiguas y 0.50 metros en viviendas que superan los 30 años de antigüedad. En el caso de las viviendas de dos pisos en el primer nivel los muros están unidos a través de vigas de madera distribuidos en espacios de entre 0.90 a 1.10 metros por el lado de menor longitud y sobre ello se apoya la tabla que en conjunto conforman una losa flexible, en el segundo nivel la característica es similar con la única diferencia que las vigas soporta la armadura de madera del techo, hecho que describe la función de los muros a transmitir cargas hacia la cimentación como un muro portante.

Selección de la tierra

El inicio de todas las etapas del presente proceso de investigación, consiste en la identificación de la tierra que se empleará para la preparación de los especímenes en estudio, lo que se comenzó por localizar el mismo banco de material del cual se utilizó para construir la vivienda muestra, lo que garantiza mayor fiabilidad a la hora de elegir el material, dado que las condiciones en que se encuentra la vivienda después de haber pasado varios años de construida, aún se mantiene en condiciones habitables.

Una vez localizado el banco se procede a la extracción del material, mediante uso de herramientas manuales, teniendo en cuenta la separación de las impurezas o algunas rocas

que superen en exceso el tamaño requerido, posteriormente acopiando en un lugar aislado de posibles contaminantes.

Recolección, lavado, secado y corte de la fibra

Para la obtención de la fibra de caña, se hizo la solicitud a la asociación de productores de azúcar doméstico del C.P. Ñunya Jalca, de lo cual se accedió al recojo del bagazo de caña de azúcar, teniendo en cuenta el estado semiseco se procede a embolsar y trasladar el material a la zona del depósito de material para el tratamiento necesario.

Para garantizar la pureza de la fibra de caña se somete al lavado manual del bagazo en agua pura y limpia, para eliminar la posibilidad de la presencia de algún contaminante ajeno al bagazo, sin uso de detergente o agente químico ya que por recomendaciones de investigaciones anteriores. Luego del lavado del bagazo, es trasladado a zona de aire libre para el secado del mismo a condiciones ambiente durante 2 días, hasta tener evidencia que el material está completamente seco y listo para el desagregado en la fibra. Una vez secado el bagazo, se procede al corte del mismo en las dimensiones propuestas, el primer corte se realiza en longitudes en el intervalo de 0cm a 5cm, 6 cm a 10 cm y 11 cm a 15 cm respectivamente, posterior a ello, se procede a desmenuzar hasta obtener la fibra de caña.

El propósito del corte en tres longitudes distintas, obedece a la necesidad de que, al mezclarse con el suelo, se entrelace de manera más homogénea y por ende tenga mejor adherencia y resistencia durante la exposición a los esfuerzos.

Trabajos de laboratorio

Granulometría por tamizado - ASTM D-422

Para la caracterización del suelo y conocer los tamaños de partículas que este contiene, se ha realizado el ensayo de granulometría por tamizado, bajo el procedimiento de la norma ASTM D-422, de los cuales los resultados se evidencian en el anexo A3.1.

De la muestra analizada se ha determinado que el 3.8% corresponde a grava, el 31.9% arenas y el 64.2% a limos y arcillas. Evidenciando así un suelo con alto contenido de finos.

Clasificación del suelo – NTP 339.134

La clasificación del suelo se ha realizado mediante el método SUCS, de acuerdo a los lineamientos especificados en las normas NTP 339.134 - 339.129, y las normas ASTM D-2487 – D4318, de los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

Suelo de tipo **ML**: Limos inorgánicos de baja plasticidad

Los resultados para los límites de consistencia, fueron los siguientes:

Tabla 7: Límites de consistencia

Límites de consistencia	
Límite líquido	42
Límite plástico	27
Índice de plasticidad	15

Fuente: Informe de suelos – LEMS UNI

Determinación del cambio de la resistencia a la compresión del tapial – Norma E.080

Para la evaluación de la resistencia a compresión del tapial se han reproducido especímenes de tipo prismas con dimensiones de 10x10x15cm, en concordancia de la norma E.080: Anexo R.M N° 121-2017-vivienda, y de la norma NTP. 339-034. La totalidad de los especímenes en estudio están divididos en cuatro grupos de los cuales, el primer grupo corresponde al tapial sin adición de fibra y los tres grupos restantes de especímenes con adición de fibra de caña de azúcar en volumen de 10%, 15% y 20 % respectivamente, con la finalidad de evaluar la variación de las características mecánicas. Posteriormente y después de 28 días de secado los especímenes han sido ensayos en el laboratorio para determinar las cargas que cada elemento a ha soportado, los resultados del ensayo se evidencian en el anexo A3.2.

Cálculo de resistencia a la compresión

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se utiliza la ecuación *Ec.1* descrita en Ítems anteriores

Tapial sin contenido de fibra - TR FCA C-0

La nominación de este grupo compuesto por seis especímenes, hace referencia al tapial convencional o sin contenido de fibra de caña en la masa de tierra.

Tabla 8: Cálculo de resistencia a compresión del tapial sin adición de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			A=Área promedio (cm ²)	W=Carga máxima en kg	Fu=W/A Fu = (kg/cm ²)
		Longitud (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)			
1	TR FCA C-0	10.20	10.10	14.70	103.02	1375	13.35
2	TR FCA C-0	10.10	10.10	14.80	102.01	1003	9.84
3	TR FCA C-0	10.30	10.20	14.70	105.06	1001	9.53
4	TR FCA C-0	10.20	10.50	14.80	107.10	1253	11.70
5	TR FCA C-0	10.20	10.70	14.80	109.14	1109	10.17
6	TR FCA C-0	10.30	10.40	14.70	107.12	1183	11.05
Resistencia a compresión promedio (fu)							10.94
Desviación estándar (S)							1.43
Resistencia última (f'u)							9.51
Coficiente de variación (C.V)							13.07%

Fuente: Elaboración propia

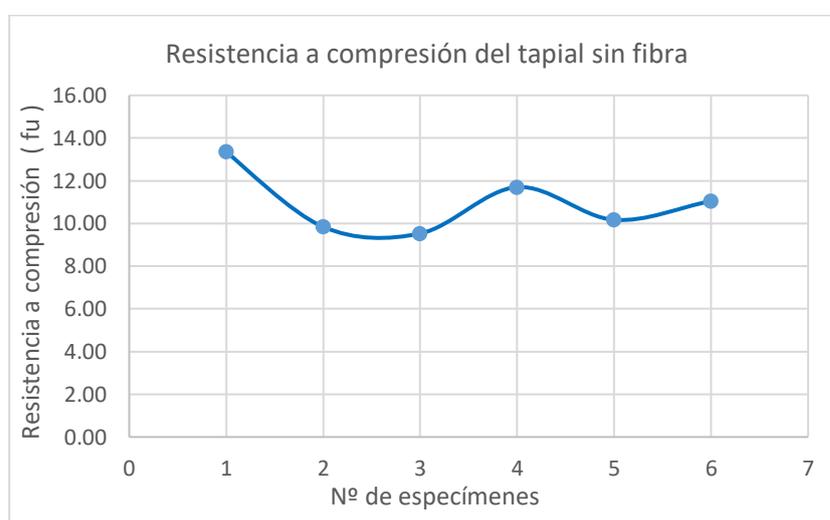


Figura 3: Resistencia a compresión del tapial sin contenido de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 10% de fibra - TR FCA C-10

A continuación, se detalla el cálculo de la resistencia compresión para el grupo de seis especímenes de tapial que contiene 10% de fibra de caña de azúcar en la masa de tierra.

Tabla 9: Cálculo de resistencia a compresión del tapial con 10 % de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			A=Área promedio (cm ²)	W=Carga máxima en kg	F _u =W/A F _u = (kg/cm ²)
		Longitud (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)			
1	TR FCA C-10	10.20	10.10	14.60	103.02	1307	12.69
2	TR FCA C-10	10.30	10.40	14.80	107.12	1439	13.43
3	TR FCA C-10	10.50	10.30	14.80	108.15	1441	13.32
4	TR FCA C-10	10.20	10.10	14.80	103.02	1273	12.36
5	TR FCA C-10	10.30	10.20	14.60	105.06	1251	11.91
6	TR FCA C-10	10.10	10.10	14.70	102.01	1371	13.44
Resistencia a compresión promedio (f_u)							12.86
Desviación estándar (S)							0.65
Resistencia última (f' u)							12.21
Coefficiente de variación (C.V)							5.05%

Fuente: Elaboración propia

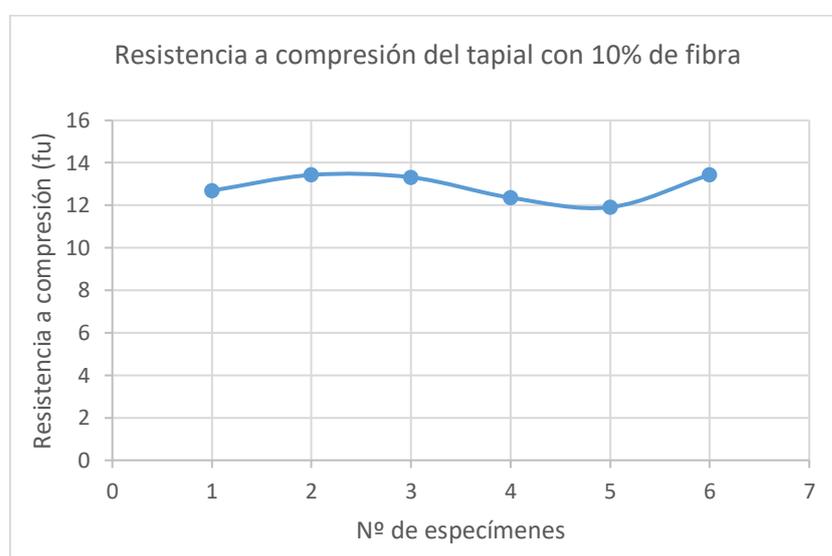


Figura 4: Resistencia a compresión del tapial con adición del 10% de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 15% de fibra - TR FCA C-15

En adelante se muestra el cálculo de la resistencia compresión para el grupo de seis especímenes de tapial que contiene 15% de fibra de caña de azúcar en la masa de tierra.

Tabla 10: Cálculo de resistencia a compresión del tapial con 15% de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			A=Área promedio (cm ²)	W=Carga máxima en kg	F _u =W/A F _u = (kg/cm ²)
		Longitud (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)			
1	TR FCA C-15	10.20	10.10	14.70	103.02	1470	14.27
2	TR FCA C-15	10.30	10.20	14.60	105.06	1691	16.10
3	TR FCA C-15	10.20	10.50	14.80	107.10	1423	13.29
4	TR FCA C-15	10.20	10.10	14.80	103.02	1861	18.07
5	TR FCA C-15	10.10	10.10	14.80	102.01	1711	16.78
6	TR FCA C-15	10.20	10.20	14.70	104.04	1783	17.14
Resistencia a compresión promedio (f_u)							15.95
Desviación estándar (S)							1.82
Resistencia última (f'_u)							14.13
Coefficiente de variación (C.V)							11.41%

Fuente: elaboración propia

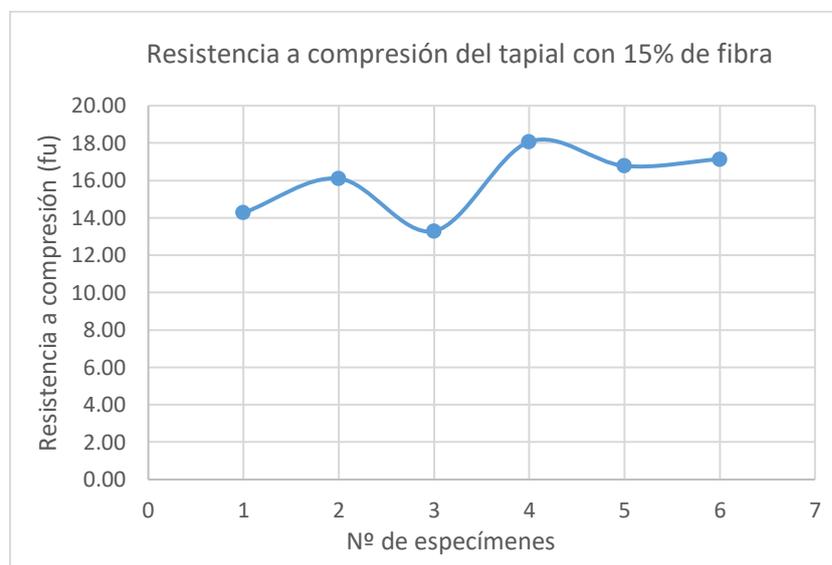


Figura 5: Resistencia a compresión del tapial con el 15% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 20 % de fibra - TR FCA C-20

A continuación, se describe el cálculo de la resistencia compresión para el grupo conformado por seis especímenes del tapial que contiene 20% de fibra de caña de azúcar en la masa de tierra.

Tabla 11: Cálculo de resistencia a compresión, con adición del 20% de fibra

Nº de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			A=Área promedio (cm ²)	W=Carga máxima en kg	F _u =W/A F _u = (kg/cm ²)
		Longitud (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)			
1	TR FCA C-20	10.10	10.20	14.70	103.02	1111.00	10.79
2	TR FCA C-20	10.30	10.10	14.80	104.03	784.00	7.54
3	TR FCA C-20	10.20	10.10	14.80	103.02	1145.00	11.12
4	TR FCA C-20	10.30	10.20	14.70	105.06	994.00	9.47
5	TR FCA C-20	10.30	10.10	14.70	104.03	981.00	9.43
6	TR FCA C-20	10.10	10.10	14.80	102.01	875.00	8.58
Resistencia a compresión promedio (f_u)							9.49
Desviación estándar (S)							1.35
Resistencia última (f'_u)							8.14
Coefficiente de variación (C.V)							14.23%

Fuente: elaboración propia

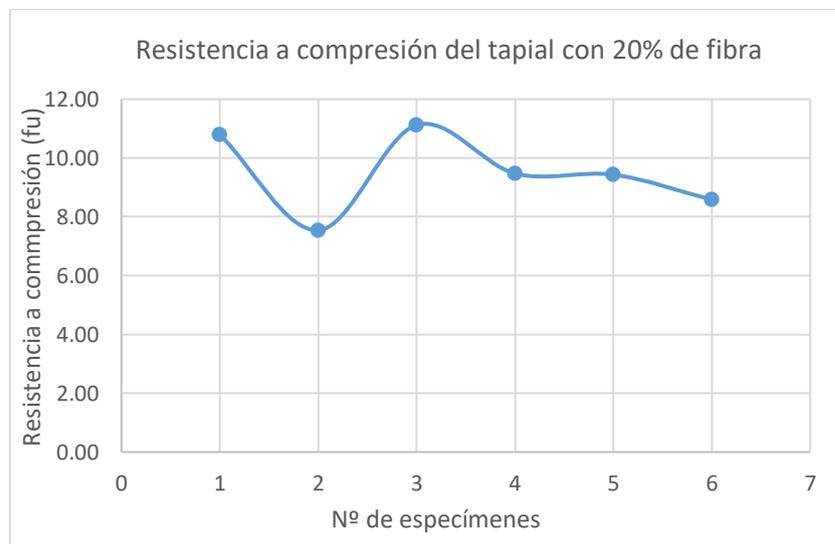


Figura 6: Resistencia a compresión del tapial con el 20 % de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial - Norma E 0.80

Para el cálculo del cambio resistencia a la tracción indirecta se ha reproducido especímenes cilíndricos con dimensiones de 15.24 cm de diámetro y 30.48 cm de altura, de acuerdo a lo indicado en la norma de tierra E 0.80: Anexo R.M N° 121-2017-vivienda en colaboración de la norma NTP. 339-084 para concreto. La cantidad de especímenes elaborados se ha dividido en 4 grupos; el primer grupo corresponde a especímenes sin adición de fibra de caña de azúcar y los tres grupos restantes se les ha adicionado fibra en porcentajes de 10%, 15% y 20% de fibra, con la finalidad de estudiar la variación que estos presenten debido a la

incorporación de la fibra. Después de 28 días secados, los especímenes fueron sometidos a ensayo y los resultados se muestran en el anexo A3.3.

Cálculo de resistencia a la tracción indirecta

Para efectuar los cálculos de resistencia a tracción indirecta del tapial se realizará mediante el uso de la ecuación *Ec.4* descrita en los ítems anteriores.

Tapial sin contenido de fibra - TR FCA TI-0

En adelante se muestra el cálculo de valor de la resistencia a tracción indirecta para el grupo de seis especímenes de tapial convencional.

Tabla 12: Cálculo de resistencia a tracción indirecta sin adición de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			P=Carga máxima (kg)	$\sigma t = \frac{2P}{\pi A}$ (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Longitud (cm)	A=Área (cm ²)		
1	TR FCA TI-0	14.68	29.40	431.60	1128.00	1.67
2	TR FCA TI-0	14.72	29.80	438.66	749.00	1.09
3	TR FCA TI-0	14.73	29.70	437.49	1015.00	1.48
4	TR FCA TI-0	14.72	29.60	435.72	1124.00	1.65
5	TR FCA TI-0	14.65	29.30	429.25	1370.00	2.04
6	TR FCA TI-0	14.68	29.60	434.53	1132.00	1.66
Esfuerzo de tracción (σ)						1.60
Desviación estándar (S)						0.31
Resistencia última (σ_u)						1.29
Coefficiente de variación (C.V)						19.38%

Fuente: elaboración propia

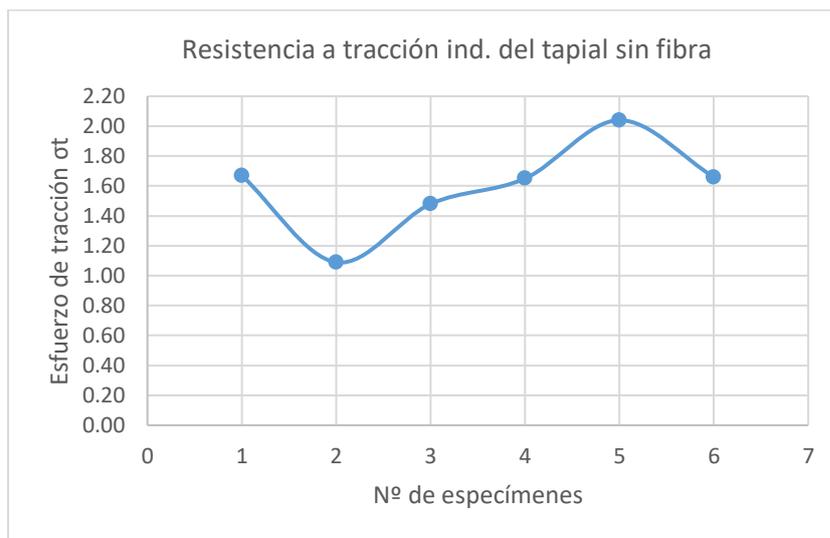


Figura 7: Esfuerzo a tracción del tapial sin de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 10% de fibra - TR FCA TI-10

A continuación, se presenta el cálculo de la resistencia a tracción de la resistencia a tracción indirecta del tapial con contenido de 10% de fibra en la masa de tierra.

Tabla 13: Cálculo de resistencia a tracción indirecta del tapial con 10% de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			P=Carga máxima (kg)	$\sigma_t = \frac{2P}{\pi A}$ (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Longitud (cm)	A=Área (cm ²)		
1	TR FCA TI-10	14.74	29.4	433.36	1174	1.72
2	TR FCA TI-10	14.75	29.8	439.55	1258	1.82
3	TR FCA TI-10	14.8	29.6	438.08	1042	1.51
4	TR FCA TI-10	14.72	29.5	434.24	1074	1.58
5	TR FCA TI-10	14.75	29.6	436.60	1139	1.66
6	TR FCA TI-10	14.88	29.8	443.43	1174	1.69
Esfuerzo de tracción (σ_t)						1.67
Desviación estándar (S)						0.11
Resistencia última (σ_u)						1.56
Coefficiente de variación (C.V)						6.59%

Fuente: elaboración propia

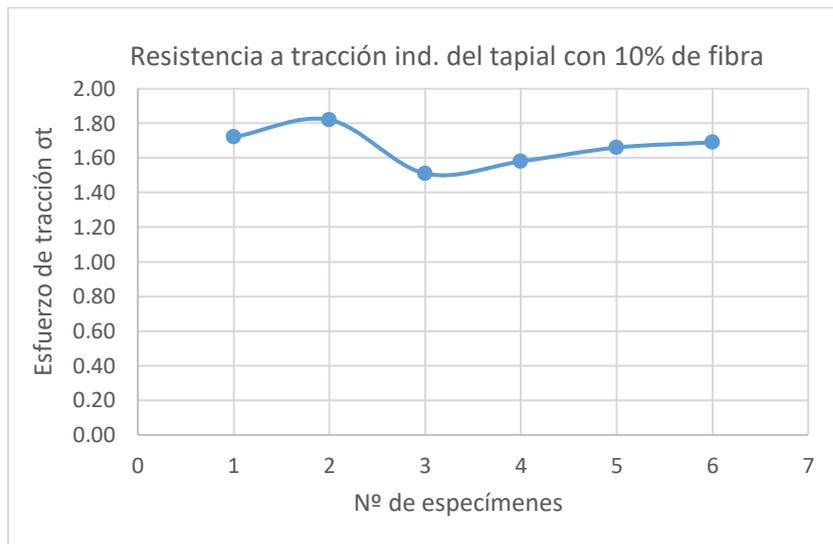


Figura 8: Esfuerzo a tracción del tapial con 10% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 15% de fibra - TR FCA TI-15

Los cálculos mostrados a continuación corresponden a los seis especímenes del tapial con contenido de 15% de fibra de caña de azúcar en la masa de tierra.

Tabla 14: Cálculo de resistencia a tracción indirecta del tapial con 15% de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			P=Carga máxima (kg)	$\sigma t = \frac{2P}{\pi A}$ (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Longitud (cm)	A=Área (cm ²)		
1	TR FCA TI-15	14.75	29.50	435.13	1370.00	2.01
2	TR FCA TI-15	14.68	30.00	440.40	1136.00	1.65
3	TR FCA TI-15	14.75	29.80	439.55	1242.00	1.80
4	TR FCA TI-15	14.79	29.60	437.79	1053.00	1.54
5	TR FCA TI-15	14.72	29.70	437.19	1220.00	1.78
6	TR FCA TI-15	14.75	29.60	436.60	1976.00	2.89
Esfuerzo de tracción (σ)						1.95
Desviación estándar (S)						0.49
Resistencia última (σ_u)						1.46
Coefficiente de variación (C.V)						25.13%

Fuente: elaboración propia

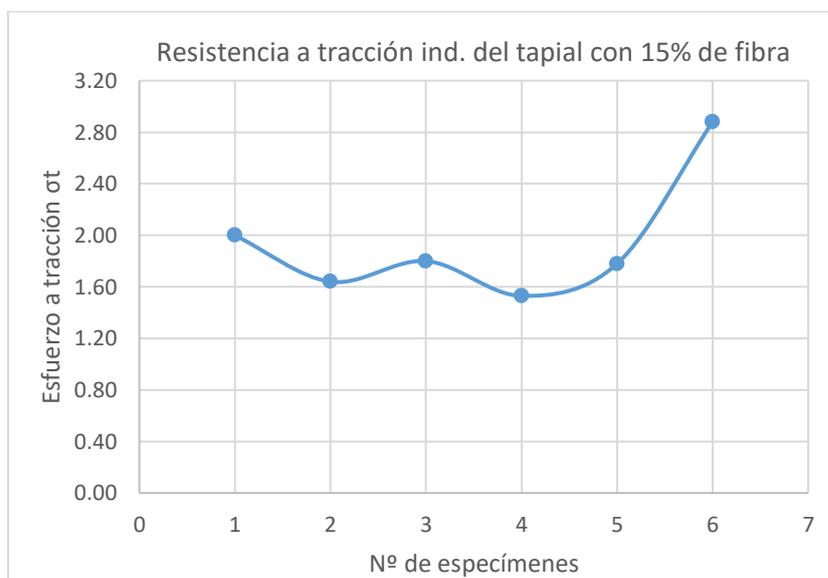


Figura 9: Resistencia a tracción indirecta del tapial con 15 % de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Tapial con 20% de fibra - TR FCA TI-20

Los valores mostrados en adelante corresponden a los seis especímenes de tapial con contenido de 20% de fibra de caña de azúcar en la masa de tierra.

Tabla 15: Cálculo de resistencia a tracción indirecta con 20% de adición de fibra

N.º de muestra	Identificación de las muestras	Dimensiones			P=Carga máxima (kg)	$\sigma_t = \frac{2P}{\pi A}$ (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Longitud (cm)	A=Área (cm ²)		
1	TR FCA TI-20	14.75	29.70	438.08	1176.00	1.71
2	TR FCA TI-20	14.73	29.60	435.86	1172.00	1.72
3	TR FCA TI-20	14.77	29.80	440.00	1440.00	2.09
4	TR FCA TI-20	14.73	29.60	435.86	1287.00	1.88
5	TR FCA TI-20	14.70	29.80	438.06	1515.00	2.21
6	TR FCA TI-20	14.73	29.50	434.39	1217.00	1.79
Esfuerzo de tracción (σ_t)						1.90
Desviación estándar (S)						0.21
Resistencia última (σ_u)						1.69
Coefficiente de variación (C.V)						11.05%

Fuente: elaboración propia

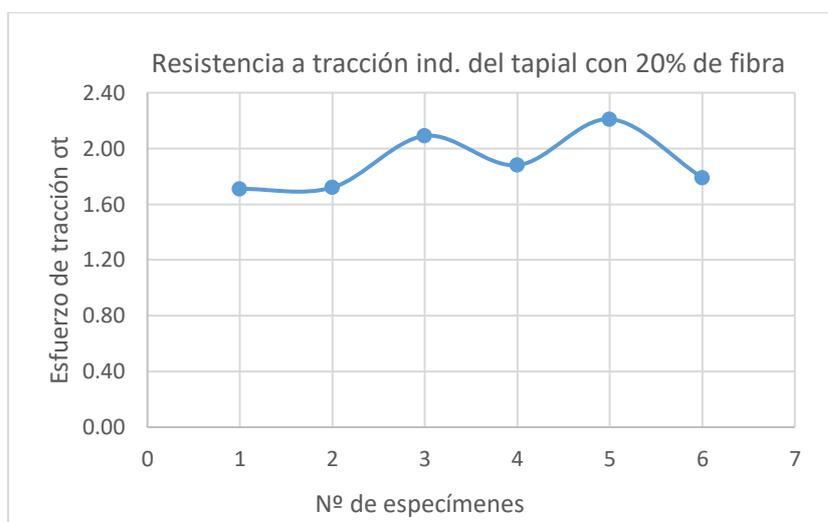


Figura 10: Resistencia a tracción indirecta del tapial con 20 % de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de la variación del módulo de elasticidad del tapial – Norma ASTM C-469

Para cuantificar la variación del módulo de elasticidad en el tapial, se ha reproducido especímenes prismáticos de 10.00 cm de lado y 15.00 cm de altura, expresando que para

ensayos en elementos de tierra las normas nacionales no hacen precisión del tipo y dimensiones del elemento a estudiar, por ello se ha adoptado como referencia la norma de concreto ASTM C.496, para los procedimientos de ensayo. La cantidad de especímenes elaborados se ha dividido en 4 grupos; el primer grupo corresponde a especímenes sin adición de fibra de caña de azúcar y los tres grupos restantes se les ha adicionado fibra en porcentajes de 10%, 15% y 20% de fibra con el fin de estudiar la variación que estos presenten debido a la incorporación de la fibra. Después de 28 días secados, los especímenes fueron sometidos a ensayo en maquina universal swil roell.

Cálculo del módulo de elasticidad

Para determinar el módulo de elasticidad del tapial, se procede a realizar los cálculos mediante el uso de las ecuaciones 4 y 5 descritos en los ítems anteriores, dichos cálculos se encuentran desarrollados en las memorias de cálculos contenidas en el anexo A4, para cada espécimen de acuerdo a los grupos antes mencionados; con valores de carga y deformación registradas para cada espécimen.

Tapial sin contenido de fibra - TR FCA ME-0

A continuación, se resume las curvas de esfuerzo vs deformación de los cuatro especímenes de tapial convencional.

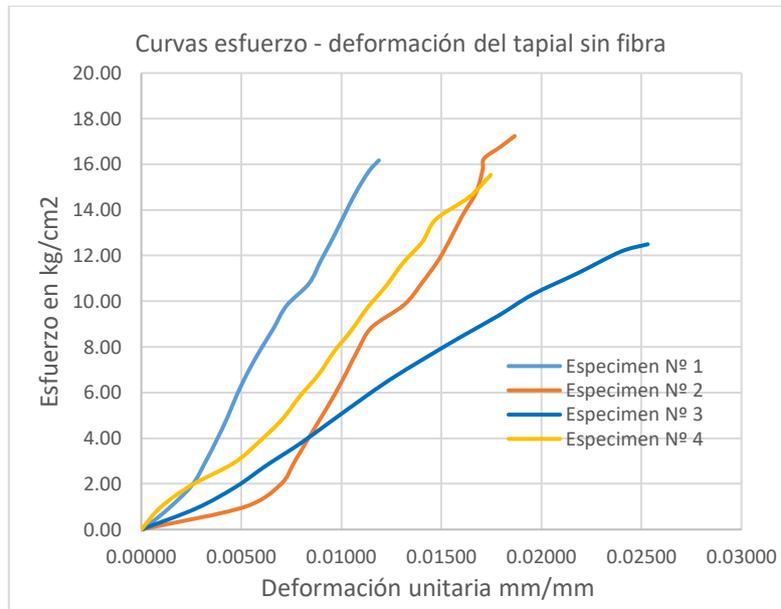


Figura 11: Curva de esfuerzo- deformación del tapial sin fibra

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los datos mostrados a continuación corresponden a la evaluación del promedio de los valores de esfuerzo y la deformación para los cuatro especímenes.

Tabla 16: Esfuerzos y deformaciones unitarias promedio para el tapial sin contenido de fibra.

Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.390417	0.00258	0.97
200	0.633601	0.00419	1.94
300	0.821951	0.00649	2.90
400	0.981081	0.02453	3.87
500	1.126175	0.00745	4.84
600	1.257173	0.00831	5.81
700	1.394813	0.00922	6.77
800	1.534425	0.01015	7.74
900	1.688933	0.01117	8.71
1000	1.876113	0.01241	9.68
1100	2.054624	0.01359	10.65
1200	2.224228	0.01471	11.61
1300	2.389858	0.01581	12.58
1400	2.509562	0.01660	13.55

Fuente: Elaboración propia

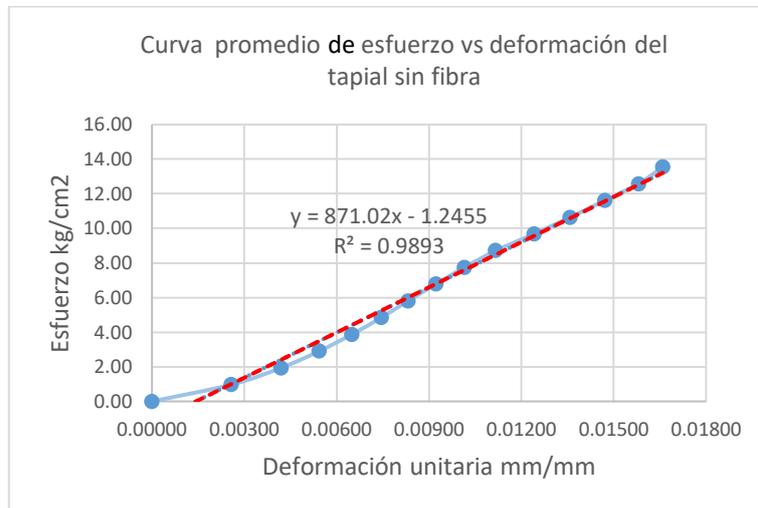


Figura 12: Curva esfuerzo-deformación del tapial sin adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, considerando lo mencionado en el ítem 1.3.1.1 – B el valor del módulo de elasticidad del tapial se encuentra cuando $\sigma = 6.14 \text{ kg/cm}^2$ y $\varepsilon = 0.0086229 \text{ mm/mm}$ y el valor resulta $E = 712.64 \text{ kg/cm}^2$

Tapial con 10% de contenido de fibra - TR FCA ME-10

La gráfica a continuación mostrada, corresponde a las curvas de esfuerzo vs deformación de los cuatro especímenes de tapial con contenido de 10% de fibra en la masa de tierra.

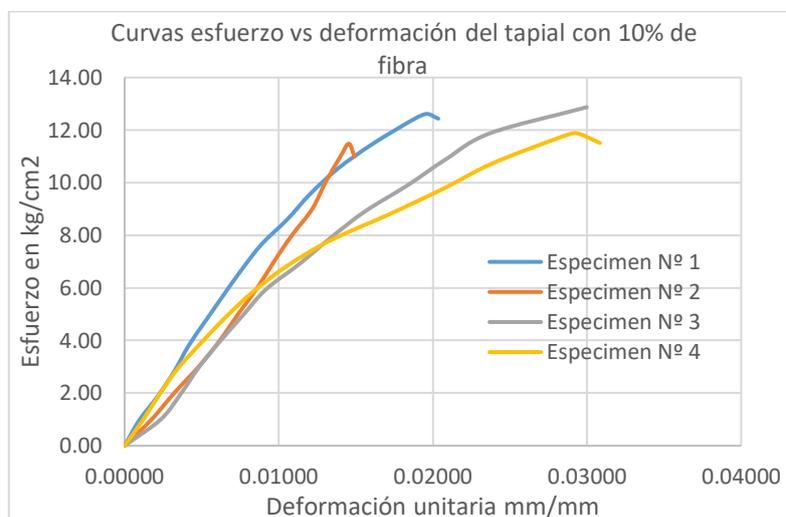


Figura 13: Curvas esfuerzo-deformación del tapial con 10% de fibra

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los valores consignados a continuación, corresponden a la curva de esfuerzo vs deformación promedio de los cuatro especímenes estudiados.

Tabla 17: Esfuerzos y deformaciones unitarias para tapial con 10% de fibra

Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.239331	0.00157	0.98
200	0.435633	0.00285	1.96
300	0.627441	0.00411	2.94
400	0.826442	0.00541	3.92
500	1.033555	0.00676	4.90
600	1.251436	0.00819	5.88
700	1.507896	0.00987	6.86
800	1.787401	0.01170	7.84
900	2.131597	0.01395	8.82
1000	2.462415	0.01612	9.80
1100	2.788296	0.01825	10.78

Fuente: Elaboración propia

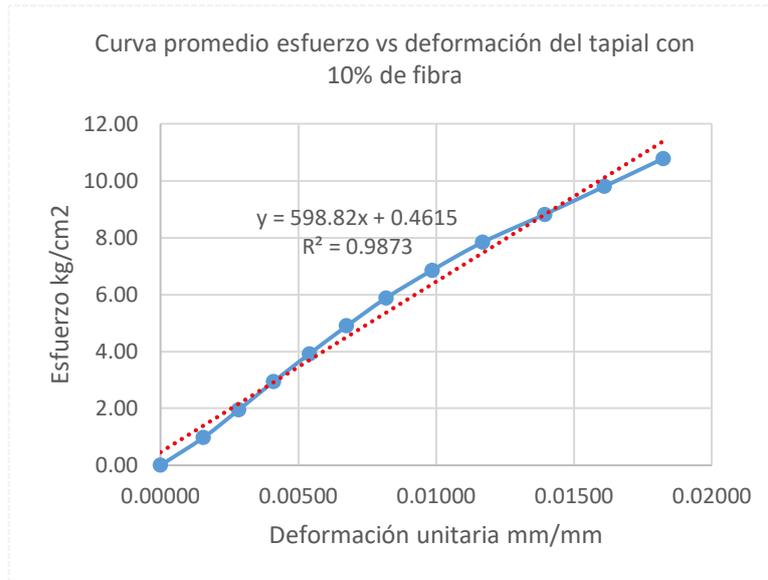


Figura 14: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 10% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, considerando la teoría expresada en el ítem 1.3.1.1 – B el valor del módulo de elasticidad del tapial se encuentra cuando $\sigma = 4.88 \text{ kg/cm}^2$ y $\varepsilon = 0.0067324 \text{ mm/mm}$ y el valor resulta $E = 724.84 \text{ kg/cm}^2$

Tapial con 15% de contenido de fibra - TR FCA ME-15

Las curvas que en adelante se muestran corresponden a los cuatro especímenes de tapial con contenido de fibra de 15%

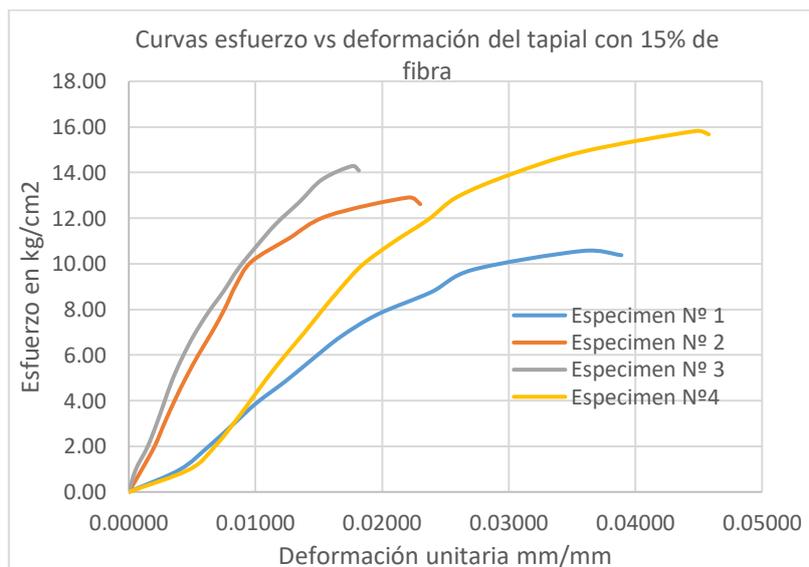


Figura 15: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 15% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en adelante se describe los valores que corresponden al esfuerzo y deformación promedio de los cuatro especímenes de tapial.

Tabla 18: Esfuerzos y deformaciones para el tapial con 15% de fibra

Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.400104	0.00262	1.00
200	0.633696	0.00414	1.99
300	0.821025	0.00537	2.99
400	1.001765	0.00655	3.98
500	1.200363	0.00785	4.98
600	1.405382	0.00919	5.97
700	1.625463	0.01063	6.97
800	1.872353	0.01225	7.96
900	2.174983	0.01422	8.96
1000	2.454348	0.01605	9.95
1100	3.048879	0.01994	10.95

Fuente: Elaboración propia

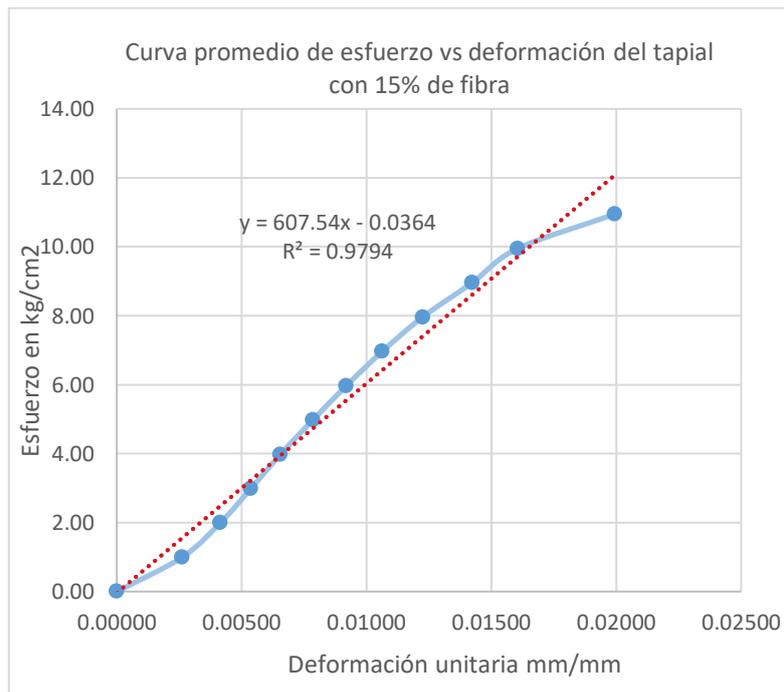


Figura 16: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 15% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el valor del módulo de elasticidad del tapial se encuentra cuando $\sigma = 5.36 \text{ kg/cm}^2$ y $\varepsilon = 0.008364 \text{ mm/mm}$ y el valor resulta $E = 640.55 \text{ kg/cm}^2$

Tapial con 20% de contenido de fibra - TR FCA ME-20

La figura mostrada a continuación, representa las curvas de esfuerzo vs deformación de los cuatro especímenes de tapial con contenido de 20% de fibra de caña.

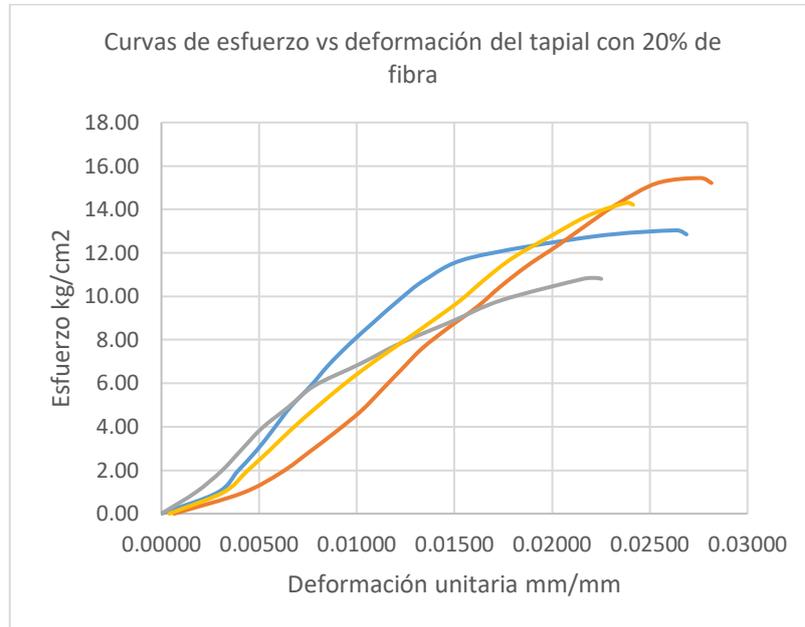


Figura 17: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 20% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

De igual manera en la tabla y figura subsiguiente, se muestran los valores promedio de esfuerzo y deformación para los cuatro especímenes antes graficados.

Tabla 19: Esfuerzos y deformaciones del tapial con 20% de fibra

Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.452681	0.00299	0.97
200	0.662937	0.00438	1.95
300	0.839142	0.00554	2.92
400	1.005878	0.00664	3.89
500	1.185372	0.00782	4.87
600	1.364033	0.00900	5.84
700	1.578893	0.01042	6.81
800	1.800749	0.01189	7.79
900	2.054376	0.01356	8.76
1000	2.310466	0.01525	9.73
1100	2.616692	0.01727	10.71

Fuente: Elaboración propia

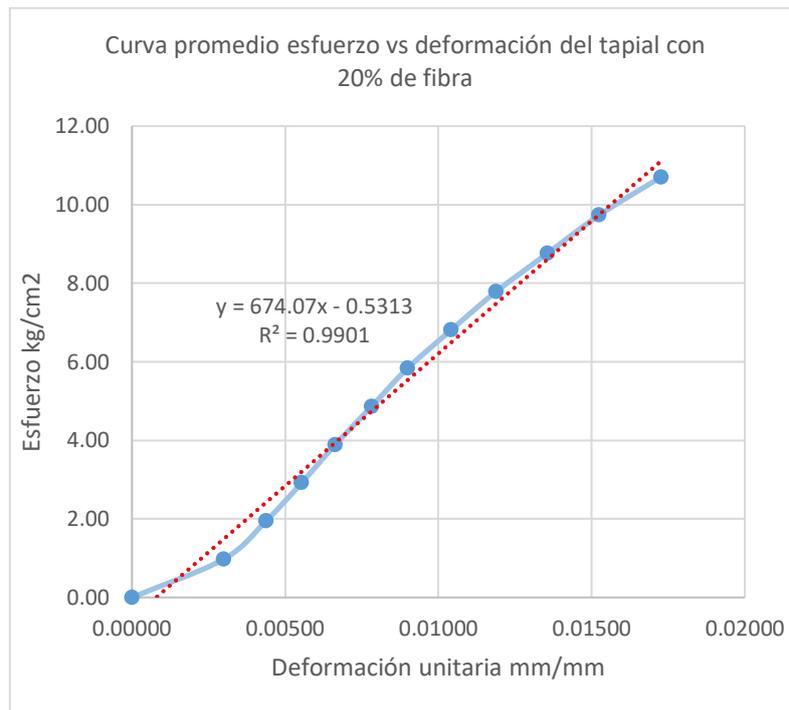


Figura 18: Curva esfuerzo-deformación del tapial con 20% de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el valor del módulo de elasticidad para el tapial con 20% de contenido de fibra se encuentra cuando $\sigma = 5.36 \text{ kg/cm}^2$ y $\varepsilon = 0.008416 \text{ mm/mm}$ y el valor calculado resulta $E = 637.26 \text{ kg/cm}^2$.

Aplicación del tapial con fibras en una vivienda y análisis sísmico mediante el programa Sap2000 v.21

Para efectuar el análisis de la vivienda típica se ha considerado los nuevos valores del módulo de elasticidad del tapial, debido al contenido de fibra de caña, asimismo se ha realizado el análisis sísmico estático con los cálculos y procedimientos que establece la norma E.080 y la norma E.030. Las características de altura, longitud y espesor de muros de la vivienda, corresponden a un prototipo de vivienda convencional que se encuentran consignados en el anexo 7.

Los cálculos del análisis sísmico se evidencian en el anexo A4.1.

2.6. Método de análisis

Se empleará la estadística descriptiva para el análisis de parámetros de tendencia central y parámetros de tendencia variacional, que se muestren a través de los gráficos de valores de cada propiedad en estudio, estos serán procesados con Excel, finalmente para el caso aplicativo del análisis sísmico de la vivienda típica se realizará mediante el programa Sap2000 v.21.

2.7. Aspectos éticos

Para desarrollar el trabajo de investigación presentado, el investigador mantendrá el fiel compromiso de respetar la propiedad intelectual y la genuinidad de la información, además de mostrar los resultados con veracidad.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación del cambio de la resistencia a la compresión del tapial

En este acápite se muestra los resultados obtenidos de la resistencia a compresión del tapial después de los 28 días de secado, para los cuatro grupos de especímenes con las dosificaciones indicadas en líneas anteriores.

Tabla 20: Resistencia a compresión del tapial convencional y con 10%, 15% y 20% de adición de fibra

Resistencia a compresión (kg/cm²) en función del % de adición de fibra				
Nº de muestra	Convencional	10%	15%	20%
1	13.35	12.69	14.27	10.79
2	9.84	13.43	16.10	7.54
3	9.53	13.32	13.29	11.12
4	11.70	12.36	18.07	9.47
5	10.17	11.91	16.78	9.43
6	11.05	13.44	17.14	8.58
R. a compresión promedio (fu)	10.94	12.86	15.95	9.49
Desviación estándar (S)	1.43	0.65	1.82	1.35
Resistencia última (f'u)	9.51	12.21	14.13	8.14
Coefficiente de variación (C.V)	13.07%	5.05%	11.41%	14.23%

Fuente: Elaboración propia

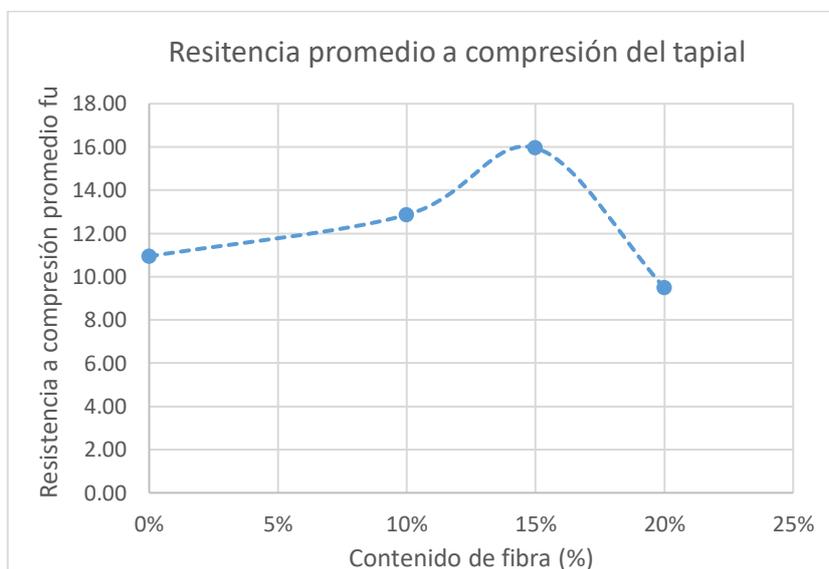


Figura 19: Resistencia a compresión promedio del tapial respecto al contenido de fibra

Fuente: Elaboración propia

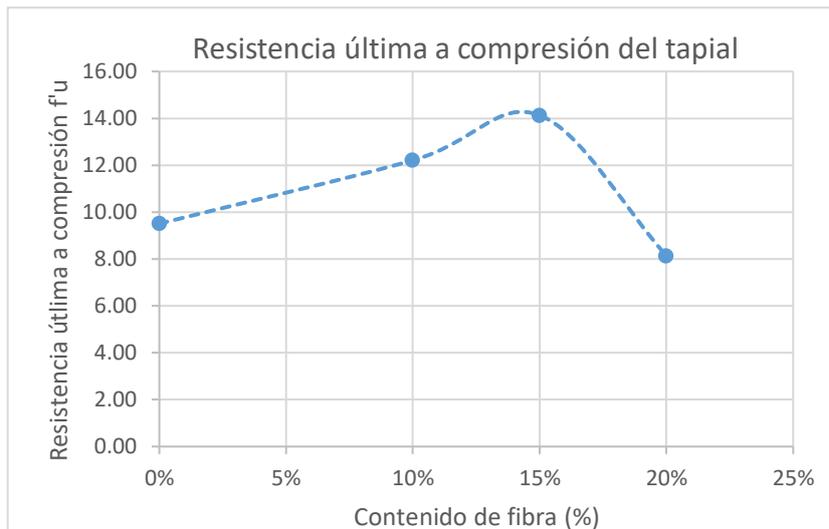


Figura 20: Curva de resistencia a compresión última del tapial en función al contenido de fibra

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El cambio que presenta la resistencia promedio del tapial es favorable; tal como se muestra en la figura 19, donde se expresa una tendencia parcial a incrementar la resistencia a medida que se le incorpora mayor porcentaje de fibra de caña de azúcar. Para el tapial sin adición de fibras el promedio de la resistencia es $10.94 \pm 1.43 \text{ kg/cm}^2$, para el tapial con contenido de fibra de 10% se registra una resistencia a compresión promedio de $12.86 \pm 0.65 \text{ kg/cm}^2$, para el tapial con contenido de fibra en 15% el valor promedio de resistencia a compresión es de $15.95 \pm 1.82 \text{ kg/cm}^2$ y $9.49 \pm 1.55 \text{ kg/cm}^2$ para el tapial con contenido de fibra del 20%.

De la figura 20 la resistencia a compresión última ($f'u$) del tapial sin contenido de fibra no supera el valor mínimo establecido en la norma E-0.80 de 10.20 kg/cm^2 , por el contrario, los tapiales con contenido de fibra en 10% y 15% registran una resistencia última a compresión que excede dicho valor de la norma en 2.01 y 3.93 kg/cm^2 respectivamente y en 2.70 y 4.62 kg/cm^2 respecto al tapial sin fibra. Particular es el caso del tapial con 20% de fibra, la resistencia última a compresión es menor respecto al valor de la norma y respecto al tapial sin contenido de fibra, registrando una resistencia ultima a compresión de 8.14 kg/cm^2 .

En resumen, del proceso experimental el mejor valor de resistencia a compresión última calculado es para el contenido del 15% de fibra, valor que supera en 48.58% respecto al tapial típico y 38.53% respecto al valor de la norma E-0.80 y se expresa que la incorporación

de fibra de caña de azúcar al tapial en valores controlados, incrementa la resistencia a compresión del tapial, indicando que la fibra mezclada con la tierra conforma una masa de excelente cohesión y adherencia que le permite al tapial soportar mayor cantidad de carga a compresión, antes de experimentar la ruptura; incluso la forma del agrietamiento es sinuoso y no lineal, expresando que la fibra modifica la forma de falla de fisuración y agrietamiento.

3.2. Cálculo del cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial -Norma E 0.80

En este apartado se detalla los resultados obtenidos de la resistencia a la tracción indirecta del tapial después de los 28 días de secado, para los cuatro grupos de muestras con los porcentajes de fibras descritos en la investigación.

Tabla 21: Resistencia a tracción indirecta del tapial convencional y con 10%, 15% y 20% de fibra

Esfuerzo a tracción(kg/cm²) en función del % de adición de fibra				
Nº de muestra	0%	10%	15%	20%
1	1.67	1.73	2.01	1.71
2	1.09	1.83	1.65	1.72
3	1.48	1.52	1.80	2.09
4	1.65	1.58	1.54	1.88
5	2.04	1.67	1.78	2.21
6	1.66	1.69	2.89	1.79
Esfuerzo de tracción (σ_t)	1.60	1.67	1.95	1.90
Desviación estándar (S)	0.31	0.11	0.49	0.21
Resistencia última (σ_{tu})	1.29	1.56	1.46	1.69
Coefficiente de variación (C.V)	19.38%	6.59%	25.13%	11.05%

Fuente: Elaboración propia

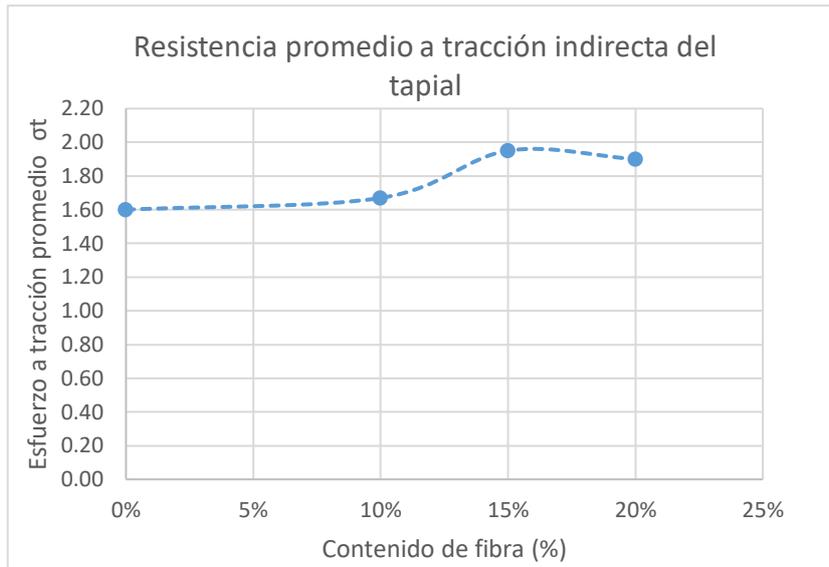


Figura 21: Resistencia promedio a tracción indirecta del tapial respecto al contenido de fibra

Fuente: Elaboración propia

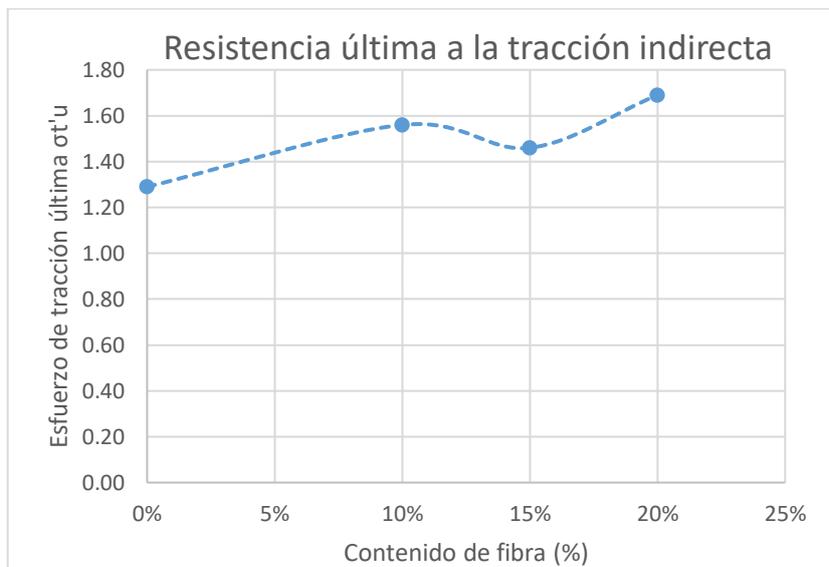


Figura 22: Resistencia última a tracción indirecta del tapial con los diversos porcentajes de adición de fibra

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La resistencia a tracción indirecta del tapial con adición de fibra de caña de azúcar presenta una tendencia lineal positiva y favorable según la figura 22 y la tabla 21, los valores obtenidos para el tapial sin contenido de fibra de caña se registra un valor promedio

de $1.60 \pm 0.31 \text{ kg/cm}^2$; para el contenido de 10 % de fibra de caña, la resistencia a tracción promedio del tapial es $1.67 \pm 0.11 \text{ kg/cm}^2$; para el contenido de 15 % de fibra la resistencia a tracción promedio del tapial registra el mejor valor de $1.95 \pm 0.49 \text{ kg/cm}^2$ y $1.90 \pm 0.21 \text{ kg/cm}^2$ para el tapial con 20% de fibra.

Así mismo los valores de resistencia última tracción indirecta ($f'u$) del tapial sin adición de fibra y los de contenido de 10% y 20% de fibra presentan incremento proporcional de 1.29 kg/cm^2 , 1.56 kg/cm^2 y 1.69 kg/cm^2 respectivamente, a excepción del contenido del 15% que registra la resistencia última a tracción indirecta de 1.46 kg/cm^2 que ligeramente expresa decrecimiento respecto al contenido de fibra del 10%, tal como se evidencia en la figura 23. Por consiguiente, los valores del cambio de resistencia última a tracción indirecta del tapial de 10, 15, y 20% de fibra respecto al tapial sin fibra son 0.27 kg/cm^2 , 0.17 kg/cm^2 , 0.40 kg/cm^2 respectivamente.

En resumen, para el tapial de 10, 15 y 20% de contenido de fibra, la resistencia a tracción última excede significativamente al valor de 0.81 kg/cm^2 descrito en la normativa de construcción con tierra reforzada (E-0.80-2017) en porcentajes de 92.59%, 80.25%, y 108.64% y de manera similar también al tapial sin contenido de fibra, en porcentajes de 4.37%, 21.88% y 18.75% respectivamente.

3.3. Cuantificación de la variación del módulo de elasticidad del tapial

En esta sección se expresa los resultados encontrados a través de los gráficos de esfuerzo vs deformación del tapial en compresión, para los porcentajes de 10%, 15% y 20 % de adición de fibra; lo que permite obtener los valores del módulo de elasticidad en cada grupo de especímenes evaluados.

Tabla 22: Módulo de elasticidad del tapial

Grupo Muestras	Módulo de elasticidad (kg/cm^2)
Sin fibra	712.64
10 % de fibra	724.84
15 % de fibra	640.55
20 % de fibra	637.26

Fuente: Elaboración propia

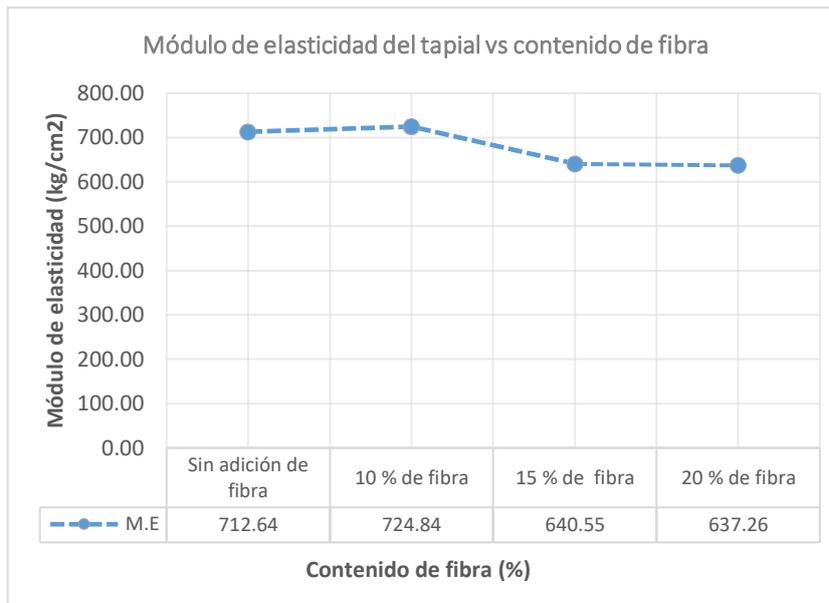


Figura 23: Módulo de elasticidad del tapial con de adición de fibra de caña

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El módulo de elasticidad de acuerdo a la figura 23, muestra una variación proporcional parcial de disminución; es decir a medida que se le ha adicionado mayor cantidad de fibra de caña, menor es el valor del módulo de elasticidad, ello evidencia que la fibra reduce la rigidez al tapial, esta tendencia se registra para la incorporación de fibra de 15% y 20%, la cual los módulos resultan 640.55 kg/cm^2 y 637.26 kg/cm^2 , ya que con el 10% de fibra el valor presenta un ligero incremento respecto al tapial convencional en un porcentaje de 1.71%.

La deformación unitaria máxima que el tapial experimenta, ocurre cuando el esfuerzo alcanza los 5.36 kg/cm^2 , mostrado en la figura 18, donde la deformación alcanza un valor de 0.008416 mm/mm .

3.4. Análisis de la variación de las características mecánicas del tapial con fibras de caña de azúcar

Después de haber evaluado cada una de las características mecánicas del tapial en base a los resultados obtenidos para el tapial con contenido de fibra de caña de azúcar en porcentajes de 10 %, 15 % y 20% respecto al tapial sin adición de fibras de caña; las características del tapial registran variaciones significativas que son favorables, indicando que la incorporación de fibra mejora la resistencia del tapial cuando este es sometido a acción de cargas.

Resistencia a compresión

Tabla 23: Variación la resistencia a compresión del tapial

Contenido de fibra	Valor calculado	Variación de la resistencia a compresión			
		Respecto al tapial sin fibra		Respecto a la norma E.080-2017 - (10.2 kg/cm ²)	
		$\Delta f'u$	$\Delta f'u$ (%)	$f'u$ de E.080 - $f'u$	Δ (%)
Sin fibra	9.51			-0.69	-6.70%
10%	12.21	2.70	28.40%	2.01	19.70%
15%	14.13	4.62	48.60%	3.93	38.50%
20%	8.14	1.37	-14.40%	2.06	-20.20%

Fuente: Elaboración propia

Para la resistencia última a compresión del tapial con adición de fibra registra variaciones de 1.37 kg/cm² a 4.62 kg/cm² respecto al tapial normal y respecto a la norma E-0.80-2017, las variaciones presentadas es de 0.69 kg/cm² a 3.93 kg/cm², también se indica que el máximo valor de variación corresponde al tapial con 15% de fibra y representa el 48.50% respecto al tapial convencional y 40.08% respecto a la norma indicada.

Resistencia a tracción indirecta

Tabla 24: Variación la resistencia a tracción indirecta del tapial

Contenido de fibra	Valor calculado	Variación del esfuerzo a tracción (kg/cm ²)			
		Respecto al tapial sin fibra		Respecto a la norma E.080-2017 - (0.81 kg/cm ²)	
		$\Delta R \sigma_{tu}$	$\Delta \sigma_{tu}$ (%)	σ_{tu} de E.080 - σ_{tu}	$\Delta \sigma_{tu}$ (%)
	1.29			0.48	59.30%
10%	1.56	0.27	20.90%	0.75	95.60%
15%	1.46	0.17	13.30%	0.65	80.20%
20%	1.69	0.40	31.00%	0.88	108.60%

Fuente: Elaboración propia

La resistencia última a tracción indirecta del tapial según la tabla 24, registra variaciones significativas entre valores de 0.17 kg/cm² a 0.40 kg/cm² respecto al tapial sin contenido de fibra y que en porcentaje representa 13.20% y 31.00%, sin embargo respecto a la norma E-0.80 -2017, las variaciones registradas son altamente significativas los valores fluctúan entre 0.48 kg/cm² a 0.88 kg/cm², y representan el 59.30% y 108.60% respectivamente. Del proceso experimental expresa que la incorporación de la fibra provoca un crecimiento

proporcional en la resistencia a tracción indirecta del tapial para contenido de fibras hasta 15%, y cuando el contenido de este supere dicho valor, la resistencia tiende a disminuir aun siendo favorable.

Módulo de elasticidad

Tabla 25: Variación del módulo de elasticidad del tapial

Grupo Muestras	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Variación del módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Δ de E, respecto al convencional
Sin adición de fibra	712.64	0	
10 % de fibra	724.84	12.20	1.7%
15 % de fibra	640.55	-72.09	-10.12%
20 % de fibra	637.26	-75.38	-10.58%

Fuente: Elaboración propia

La variación del módulo de elasticidad con adición de fibra, respecto al sin adición registra una tendencia de decrecimiento de ligera significancia ese decrecimiento en los valores, significa que para el tapial sin adición de fibra registra mayor rigidez y el tapial con contenidos de fibra en 15 % y 20% tiene menor rigidez, pero de lo evidenciado en el ensayo, con mejor respuesta de deformación sin agrietarse ante la solicitud de una carga.

Las variaciones presentadas del tapial con contenido de fibra en referencia al tapial convencional son de 12.20 kg/cm² de incremento para el tapial con contenido del 10%; y 72.09 kg/cm² y 75.38 kg/cm² de disminución para los contenidos de fibra de 15% y 20% respectivamente.

Desplazamientos en eje X y eje Y en vivienda de tapial de un piso

Tabla 26: Desplazamientos respecto al módulo de elasticidad

Tapial	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Desplazamientos en mm	
		Eje X	Eje Y
Sin fibra	712.64	1.63	2.06
10 % de fibra	724.84	1.60	2.03
15 % de fibra	640.55	1.81	2.30
20 % de fibra	637.26	1.82	2.31

Fuente: Elaboración propia

Los desplazamientos hallados después de realizar el análisis sísmico de la vivienda con los diferentes módulos de elasticidad en función del porcentaje de fibra de caña de azúcar, se obtuvieron que la vivienda se desplaza 1.60 mm en el eje X y 2.03 mm en el eje Y, cuando se le incorpora un 10% de fibra de caña. Así mismo para los demás contenidos de fibra los desplazamientos se incrementan ligeramente. Sin embargo, es evidente que mientras el material pierde rigidez disminuyendo su módulo de elasticidad, mayor desplazamiento sufrirá bajo la aplicación de dicha fuerza.

IV. DISCUSIÓN

Discusión 1

Los resultados encontrados para la resistencia última a compresión del tapial típico y con contenidos de fibras de 10%, 15% y 20% registran resistencias de 9.51 kg/cm², 12.21 kg/cm², 14.13 kg/cm² y 8.14 kg/cm² respectivamente, presentando mejora sustancial de 48.58% respecto al tapial típico para un contenido del 15% y de manera similar un 38.53% de mejora en relación a la normativa de tierra reforzada E-0.80-2017 según la figura III-18.

Al respecto Mantilla (2018, págs. 35-40) en la tesis citada en los antecedentes nacionales encontró valores con tendencias similares para adobes tipo tradicionales y adobes con adición de virutas, siendo el mejor valor promedio de la resistencia a compresión 30.35 kg/cm² para un contenido de 3% de viruta y 22.22 kg/cm² para el adobe tradicional; comparando el valor del tapial tradicional y el adobe tradicional se registra una variación de 12.71 kg/cm², esta variación se explica por el tipo de suelo ya que los componentes de cada suelo son distintos; sin embargo el mejor valor obtenido por Mantilla y lo encontrado en la presente investigación, ambos porcentajes son similares y presentan mejora sustancial de 36% y 48.58% respecto a muestras típicas.

Así mismo Cárdenas y Sarmiento (2017, págs. 132-142) en la tesis citado en los antecedentes internacionales, encontraron valores coincidentes para la resistencia a compresión promedio del tapial tradicional de 1.84 Mpa o 18.76 kg/cm² y 2.22 Mpa o 22.63 kg/cm² para tapial reforzado con fibra de cabuya y pvc, estos valores guardan aceptable proximidad con los encontrados en nuestra tesis, mostrando en ambos casos que la incorporación de fibra, en porcentajes cuidadosamente controlados al material, mejora la resistencia.

Como se puede observar los resultados encontrados en esta investigación, respecto a la resistencia a compresión en elementos de tierra, son análogos a los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye que el objetivo fue alcanzado.

Discusión 2

Los valores hallados para la resistencia última tracción indirecta ($f'u$) del tapial sin adición de fibra y los de contenido de 10 y 20% de fibra presentan incremento proporcional de 1.29, 1.56 y 1.69 kg/cm² respectivamente, a excepción del contenido del 15% que registra la resistencia última a tracción indirecta de 1.46 kg/cm² según la figura III-20, que ligeramente expresa decrecimiento y se ubica en la zona inferior respecto a la línea de tendencia, pero

aun supera el valor del tapial convencional. Sin excepción todos los valores superan los 0.81 kg/cm² establecido en la norma E-0.80. El mejor valor encontrado excede en 108.64% al valor de la norma y en 31% al tapial convencional y corresponde al tapial con contenido del 20% de fibra.

Al respecto Aburto & Bravo (2018, págs. 97-100), en la tesis citada en los antecedentes nacionales encontró valores con tendencias similares para adobes tipo tradicionales y adobes con adición cenizas de bagazo de caña, siendo el mejor valor promedio de la resistencia a compresión 1.05 kg/cm² para un contenido de 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 0.86 kg/cm² para el adobe tradicional; estos valores guardan cercana similitud con los encontrados en esta investigación, mostrando en ambos casos que la incorporación de fibra y/o derivados, en porcentajes cuidadosamente controlados al material, mejora la resistencia.

Así mismo Texeira (2015, págs. 71-73) en la tesis citado en los antecedentes internacionales, encontró que la resistencia a tracción indirecta del adobe tradicional de 0.52 Mpa o 5.30 kg/cm² valores que en relación a los encontrados en esta investigación para el tapial convencional no muestran cercanía debido a la diferencia en los tipos de suelos de cada investigación que poseen componentes diferentes.

Como se evidencia los resultados encontrados en esta investigación, respecto a la resistencia a tracción indirecta en elementos de tierra, guardan similitud a los resultados de los antecedentes; por consiguiente, se concluye que el objetivo ha sido alcanzado.

Discusión 3

Los resultados encontrados para el módulo de elasticidad en el tapial muestran una variación proporcional de disminución parcial obteniéndose un valor de 712.64 kg/cm² para el tapial convencional, 640.55 kg/cm² y 637.26 kg/cm² para los contenidos de fibra de 15% y 20%; en cuanto al contenido de fibra del 10 % el valor es de 724.84 kg/cm² significando un 1.71% de incremento respecto al tapial convencional, respecto a la deformación unitaria máxima hallada de 0.008416 mm/mm ocurre cuando el valor del esfuerzo es igual a 5.36 kg/cm² según la figura 3-21.

Al respecto Mantilla (2018, págs. 35-40) en la tesis citada en los antecedentes nacionales encontró valores con similares tendencias para adobes tradicionales obteniendo el valor de 734.09 kg/cm², 1377.45 kg/cm² para contenido de fibra de 2%, 1290.29 kg/cm² para contenido de 3% y 885.64 kg/cm² para contenido de 5% de fibra de caucho; evidencia que

describe la similitud entre ambas investigaciones en el decrecimiento de dicha propiedad a medida que se le incorpora mayor cantidad de fibra.

Así mismo Afanador, Carrascal & Bayona (2013, págs. 52-53) en el artículo citado en los antecedentes internacionales, encontró los valores promedio para el módulo de elasticidad del tapial tradicional de 556.56 kg/cm² valores que en referencia a los encontrados en esta investigación guardan tendencias de cercana similitud, sin embargo la ligera variación presentada se puede atribuir al modelo del prototipo ensayado, ya que los autores citados utilizan un murete de mayores dimensiones comparado al de esta investigación.

Mencionado lo anterior y verificando la similitud en la tendencia de los resultados expuestos en el módulo de elasticidad, se concluye que el objetivo ha sido conseguido.

Discusión 4

Los resultados hallados para las características mecánicas del tapial con contenidos de fibra de caña de azúcar en porcentajes de 10 %, 15 % y 20% respecto al tapial sin adición de fibras de caña; tal como se indica en las discusiones anteriores se resume que han registrado variaciones favorables, lo que indica que la incorporación de fibra mejora la resistencia del tapial bajo acción de cargas.

Al respecto los autores citados en los antecedentes nacionales encontraron que la incorporación de aditivos naturales como fibras o zumos de plantas oriundas, en dosificaciones estrictamente controladas, conllevan a incrementar las propiedades físicas y mecánicas en los especímenes y por ende en las estructuras de tierra.

De igual manera los autores citados en los antecedentes internacionales, demostraron que las propiedades mecánicas en los diferentes especímenes evaluados, registran tendencias de crecimiento hasta ciertos valores de contenido de aditivos, también se hallaron resultados desfavorables a causa del exceso de aditivos en las masas de tierra.

En consecuencia, los resultados de esta investigación encuentran cercana similitud en referencia los autores antes mencionados para las propiedades mecánicas evaluadas, por lo que se afirma que el objetivo ha sido alcanzado.

V. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Se concluye que la resistencia última a compresión del tapial cambia considerablemente con una tendencia lineal de crecimiento favorable para contenidos de fibra de hasta 15%, estos los valores obtenidos satisfacen y superan los del tapial convencional y lo indicado en la norma de construcción con tierra reforzada E-0.80-2017, sin embargo para valores superiores la resistencia disminuye drásticamente en relación al valor del tapial convencional y a lo establecido en la norma antes mencionada, por consiguiente el mejor porcentaje para incrementar la resistencia a compresión en el tapial es el 15%.

Conclusión 2

Se concluye que la resistencia a tracción indirecta del tapial cambia de manera beneficiosa y proporcional al incorporarle fibra de caña hasta un porcentaje de 20%, los valores encontrados se condicen y superan lo establecido en la norma E-0.80-2017, así mismo los contenidos de fibra agregados en el tapial permite mejorar la propiedad respecto al tapial convencional, por lo que el mejor porcentaje que incrementa la resistencia a tracción del tapial es el 20%.

Conclusión 3

Se concluye que el módulo de elasticidad del tapial presenta ligera variación de decrecimiento para contenidos de fibra de 15% y 20% respecto al convencional, obteniéndose valores de 640.55 kg/cm^2 637.26 kg/cm^2 y 712.64 kg/cm^2 para el convencional, y para el contenido de 10% se presenta ligera variación de crecimiento respecto al mismo con un valor de 724.84 kg/cm^2

Conclusión 4

Se concluye que la incorporación de fibra de caña de azúcar en el tapial mejora considerablemente las características mecánicas de compresión, tracción y módulo de elasticidad proporcionando valores de hasta en 48.5% superiores en relación al tapial convencional. Asimismo, los desplazamientos encontrados debido a la variación de los módulos de elasticidad son relativamente mínimos y aceptables y se puede decir que no inciden drásticamente en la respuesta de la estructura durante una acción sísmica.

Conclusión 5

Basado en la variación favorable que presentan las características mecánicas del tapial se concluye que la fibra aporta resistencia al tapial de tal manera que cuando este es sometido a cargas, las fibras entrelazadas con la masa de tierra ofrecen mayor oposición a la ruptura, provocando así que se necesite mayor carga para alcanzar la rotura, incluso cambiando la forma de fisura y grieta en el tapial; ya que en las muestras evaluadas bajo acción de cargas no registran falla de rotura total sino falla por aplastamiento, característica que no se evidencia en el tapial convencional.

VI. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Se recomienda realizar un estudio de mayor amplitud en el tamaño muestral y en la dosificación de fibras, dato que permitirá establecer tendencias representativas del comportamiento que provoca las fibras en el tapial, permitiendo establecer un límite máximo de contenido de fibras que mejoren la resistencia a compresión.

Recomendación 2

Se recomienda realizar estudios con dosificaciones de aditivos naturales superiores al 20% para establecer si la resistencia a tracción del tapial aún sigue en crecimiento y hasta que porcentaje mantiene la tendencia, dado que en el presente estudio se ha registrado una tendencia lineal de crecimiento.

Recomendación 3

Para medir el módulo de elasticidad en especímenes elaborados a base de tierra, se recomienda establecer un prototipo estándar e incorporar a la normativa nacional, que permita obtener el valor de dicha propiedad que pueda ser representativo y único y a partir de ello establecer posibles variaciones.

Recomendación 4

Se recomienda realizar investigaciones futuras con otros tipos de aditivos naturales incorporados al tapial, con el fin obtener mejores resultados en la resistencia; que permita dotar de mejor capacidad para trabajar como muros portantes. También se recomienda el análisis sísmico de viviendas típicas bajo los diferentes casos y evaluar sus desplazamientos.

Recomendación 5

Se recomienda la utilización de fibras de caña de azúcar en porcentajes de 10% y 15% respecto al volumen ya que ayudan a incrementar las características mecánicas del material, considerando que las fibras naturales son asequibles económicamente y abundantes en zonas donde se erigen las edificaciones además de ser recursos renovables que no contaminan el medio ambiente. Así mismo, se recomienda ahondar las investigaciones que permitan conservar edificaciones y tecnologías ancestrales.

REFERENCIAS

ASTM C- 496. Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. 2003.

ABURTO Meléndez, Jonathan y Bravo Rodríguez, Edinson. Evaluación y comparación técnica de las propiedades del adobe, típico convencional y el reforzado con cenizas del bagazo de caña de azúcar para la construcción de viviendas en el CC. PP de Tambar - Moro. Nuevo Chimbote, 2018.

AFANADOR García, Nelson, Carrascal Delgado, Mayerly y Bayona Chinchilla, Marvin J. Experimentación, comportamiento y modelación de la tapia pisada. Colombia: Vol. 22, 35, pp. 47-59, 2013.

ALMAZAN del Olmo, Oscar, [et al.]. El bagazo de la caña de azúcar: Conocimiento y potencial. Habana: ICIDCA, 2013

AMERICAN Concrete Institute ACI 544.1R - 96. Report on Fiber Reinforced Concrete. USA, Comité ACI 544, 2002.

ARAYA, G, [et al.]. Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixes damage-mechanical behavior. Construction and Building Materials. pp 645-655, 2018.

ARIAS Odón, Fidias Gerardo. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 5ta. Caracas - Venezuela: Episteme,c.a, 2006.

ARIAS Odón, Fidias G. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6ta. Carcas - Venezuela: Episteme, 2012.

ISBN: 9800785299

ASTM C-39/C39M-18. Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. 2018.

ASTM C-496. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. 2002.

BEGUM, K y Islam, M.A. Natural Fiber as a substitute to Synthetic Fiber in Polymer Composites. Research Journal of Engineering Sciences.: A Review. Vol. 2, pp. 46-53. 2013.

BERNAL Torres, Cesar Augusto. Metodología para la investigación, para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2da. México: Pearson educación de México, S.A de C.V, 2006.

BEHAR, Daniel S. Metodología de la Investigación. Editorial Shalom 2008, 2008.

ISBN: 9789597837

BESTRATEN, S., Hormias, E. y Altemir, A. Construcción con tierra en el siglo XXI. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona - España, 2011.

BOLAÑOS Rodríguez, Juan. Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. Cajamarca, Universidad Privada del Norte. 2016. Tesis de pregrado.

CARDENAS Álvarez, Andrés A y Sarmiento Avilés, Julio I. El Tapial Alivianado. Cuenca, 2017.

CARHUANAMBO Villanueva, Jhenifer Thajana. Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016 (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, 2016.

CERVERA Ruiz, Miguel y Blanco Díaz, Elena. Mecánica de estructuras libro 1: Resistencia de Materiales. Catalunya: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL, 2001.

CHUQUI Paucar, Wilfredo y Challco Ruelas, Ronald A. Evaluación de las propiedades mecánicas de muros tipo tapial para viviendas económicas con presencia de hiladas de mortero de cemento – arena, en la A.P.V Ayuda Mutua, 2017. Cusco, 2018.

CISMID. Informe preliminar: El terremoto de Moyobamba del 25 de setiembre del 2005. Lima: 2005.pp. 16.

CORBIN, Andrew y Augarde, Charles. Fracture energy of stabilised rammed earth. 20th European Conference on Fracture (ECF20). 2014.

DABAIEH, Marwa. Building with Rammed Earth. 2014.

ESPINOZA Carbajal, Marlon Jonathan. Comportamiento mecanico del concreto reforzado con fobra de bagazo de caña de azucar. Ecuador: s.n., 2015. Tesis de maestría.

FEBRES Torres, Byron Roberto. Vivienda de interés social de dos plantas en base a tapial como una alternativa para el barrio "Mirador" situada en la parroquia de Malacatos, Ciudad de Loja: Materiales y Estructuras. Ecuador, 2010. Tesis de maestría.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. Metodología de la investigación. 6ta Edición. Mc Graw Hill Education, 2014.
ISBN: 9781456223960

INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. En más de 3 millones de viviendas predominan paredes de materiales vulnerables a movimientos telúricos. 2014. [fecha de consulta: 26 de setiembre del 2018].

Disponible en:<https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-mas-de-3-millones-de-viviendas-predominan-paredes-de-materiales-vulnerables-a-movimientos-teluricos-7583/imprimir/>

JAUSET Berrocal, Jordi A. Estadística para periodistas, publicitarios y comunicadores. Aplicaciones de los porcentajes y diseño e interpretación de encuestas. 110 ejercicios y cuestiones prácticas. Barcelona. EDITORIAL UOC, 2007.

KOMVOPOULOS, Kyriakos. Mechanical Testing of Engineering Materials. [ed.] Cognella. 2011.

LANDEAU Hendric, Rebeca. Elaboración de trabajos de investigación. 1ra Edición. Caracas- Venezuela: Editorial Alfa, 2007.

LEON Narloch, Piotr, [et al.]. Flexural tensile strength of construction elements made out of cement stabilized rammed earth. XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). 2015. Vol. 111, pp. 589 – 595.

LOCCARINI, Federica. Behaviour of rammed earth structures: sustainable materials and strengthening techniques. Senigallia, Italia, 2017.

LLUMITASIG Chicaiza, Sandra Mercedes y Siza Salazar, Ana Lissette. Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador, 2017. Tesis de pregrado.

MANTILLA Calderón, Jhon Cristian. Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, 2018.

MAHANTESH, Dr, Hanamasagar, M y Girinivas, Keshavaraj. Experimental Study on Compression and Shear Strength of Stabilized Rammed Earth. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. September de 2017. Vol. 5, p.2321-9653.

MARTIN, John. Material for Engineering. 3ra. 2006. pp256.

MARTINS Neves, Celia María y Borges Faria, Obede. Técnicas de construcción con tierra. Brasil, 2011.

MENDOZA García, Alan, Torrealva Dávila, Daniel y Tejada Schmidt, Urbano. Uso del tapial en la construcción. Lima: Sencido, 2016.

MINISTERIO de Vivienda Construcción y Saneamiento. Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, 2017.

MINISTERIO de Construcción, Vivienda y Saneamiento. Norma Técnica E.080: Adobe. Lima, 2015.

MOSTAFA, Marwan y Uddin, Nasim. Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. Case Studies in Construction Materials. 2016. Vol. 5, pp. 53-63. [fecha de consulta: 24 de abril del 2019]
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509516300420>

NIÑO, Víctor M. Metodología de la Investigación Diseño y ejecución. 1ra ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2011.

ISBN: 9789588675947

PALELLA, Santa y Martins, Feliberto. Metodología de la investigación cuantitativa. 2da ed. Caracas: FEDUPEL, 2006.

ISBN: 9802734454

PALELLA, Santa y Martins, Feliberto. Metodología de la Investigación Cuantitativa. 3ra. Caracas - Venezuela: FEDUPEL, 2012.

PROTERRA y Fundasal. Arquitectura Patrimonio y Sustentabilidad en regiones sísmicas. El Salvador, 2014.

RUFINO, Jorge, Machado, Iván y Díaz, Yosvany. Determination of stabilized soil mixtures based on local biomass resources used to improve the quality of housing built by the population in the territory of Uige, Angola. Revista ingeniería de construcción. 2013. Vol. 28, 1, pp. 63-80.

TAMAYO y Tamayo, Mario. El proceso de la Investigación Científica: Incluye evaluación y administración de proyectos de investigación. 4ta ed. México: Editorial LIMUSA SA., 2004.

TEIXEIRA Martins, Hermano Tiago. Estudio de las propiedades de las fábricas históricas de adobe como soporte a intervenciones de rehabilitación. Madrid, 2015.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 1ra ed. Lima: San Marcos E.I.R.L, 2015.
ISBN: 9786123028787

VARGAS Neumann, Julio. Norma de Tierra: Ensayos de Tracción Indirecta. Lima, 2016.

YAMIN Lacouture, Luis E., [et al.]. Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Colombia, 2007.pp. 286-303.

ZAK, Philip, [et al.]. The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials. Construction and Building Materials. 2015, pp179-188.

ANEXOS

A1: Matriz de consistencia.

Título “Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.”

Autor: Oscar Quispe Guerrero

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u> ¿Cómo varían las características mecánicas del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?</p> <p><u>PROBL. ESPECÍFICOS</u> ¿Cuál es el cambio de la resistencia a la compresión del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018? ¿Cuánto cambia la resistencia a la tracción indirecta del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018? ¿Qué variación presenta el módulo de elasticidad del tapial, al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u> Analizar la variación de las características mecánicas del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.</p> <p><u>OBJET. ESPECÍFICOS</u> Determinar el cambio de la resistencia a la compresión del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018. Calcular el cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018. Cuantificar la variación del módulo de elasticidad del tapial, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL</u> Las características mecánicas del tapial varían significativamente al adicionarle fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.</p> <p><u>HIPÓT. ESPECÍFICAS</u> El cambio de la resistencia a la compresión del tapial es considerable, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018. El cambio de la resistencia a la tracción indirecta del tapial es notable, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018. La variación que presenta el módulo de elasticidad del tapial es proporcional, al adicionarle fibra de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.</p>	<p>V1: Características mecánicas de tapial</p> <p>V2: Fibras de caña de azúcar</p>	<p>D1: Resistencia a la compresión</p> <p>D2: Resistencia a la tracción indirecta</p> <p>D3: Módulo de elasticidad</p> <p>D1: tratamiento de la fibra</p> <p>D2: Longitud de la fibra</p> <p>D3: Dosificación</p>	<p>I1. Longitud I2. Espesor I3. Carga máxima</p> <p>I1. Diámetro I2. Longitud I3. Carga máxima</p> <p>I1. Altura I2. Esfuerzo (Fu) I3. Deformación</p> <p>I1. Lavado de fibra I2. Tipo de secado I3. Tiempo de secado</p> <p>I1. Corto (0 a 5 cm) I2. Mediano (6 a 10 cm) I3. Extenso (11 a 15cm)</p> <p>I1. 10 % respecto al volumen I2. 15 % respecto al volumen I3. 20 % respecto al volumen</p>	<p>Método: Científico (Valderrama, 2015, pág. 73) procedimientos mediante los cuales se proponen problemas científicos y se someten a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo.</p> <p>TIPO: Aplicada Según (Behar, 2008, pág. 20) esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías.</p> <p>NIVEL DE ESTUDIO: Explicativa (Arias, 2006, pág. 26): Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento causa – efecto.</p> <p>DISEÑO: Experimental Para (Tamayo y Tamayo, 2004, pág. 47): se presenta mediante la manipulación deliberadamente de una variable.</p> <p>Población: Según (Palella & Martins, 2006, pág. 115) 8848 viviendas</p> <p>Muestreo: No probabilístico (Jauset, 2007, pág. 141): Elige a sus elementos de forma intencional a criterio del propio.</p> <p>Muestra (Niño, 2011, pág. 55) una vivienda de tapial</p> <p>Técnica: Observación directa (Arias, 2012, pág. 69) Es el análisis de un fenómeno que se produce en la naturaleza o el entorno, observados o captados de manera sistemática.</p> <p>Instrumento: Ficha de recopilación de datos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 198): es el medio donde se establece el plan.</p>

A1.1. Operacionalización de variables

Título “Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.”

Autor: Oscar Quispe Guerrero

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE VALORACIÓN
Variable X1 Características mecánicas de tapial	Las características mecánicas de un material se manifiestan bajo una acción de carga donde se simula las condiciones de servicio que permite predecir el desempeño y proporcionar información para un diseño (Martin, 2006, pág. 37).	La variable características mecánicas del tapial se estudiará de acuerdo a sus dimensiones de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta y módulo de elasticidad que a su vez están dividido en 3 indicadores.	D1: Resistencia a la compresión	I1. Longitud I2. Espesor I3. Carga máxima	Ficha de recopilación de datos	Razón
			D2: Resistencia a la tracción indirecta	I1. Diámetro I2. Longitud I3. Carga máxima		
			D3: Módulo de elasticidad	I1. Altura I2. Esfuerzo (Fu) I3. Deformación		
Variable Y2 Fibras de caña de azúcar	Según (Almazán del Olmo, y otros, 2013 págs. 8-9), el bagazo un subproducto que resulta de comprimir y estrujar los tallos de la caña, por procesos de molienda industriales o manuales.	La variable fibras de caña de azúcar se estudiará de acuerdo sus dimensiones de tratamiento de la fibra, longitud de fibra y dosificación, dimensiones que a su vez han sido dividido en indicadores	D1: Tratamiento de la fibra	I1. Lavado de fibra I2. Tipo de secado I3. Tiempo de secado	Ficha de recopilación de datos	Razón
			D2: Longitud de la fibra	I1. Corto (0 a 5 cm) I2. Mediano (6 a 10) I3. Extenso (11 a 15cm)		
			D3: Dosificación	I1. 10 % respecto al volumen I2. 15 % respecto al volumen I3. 20 % respecto al volumen		

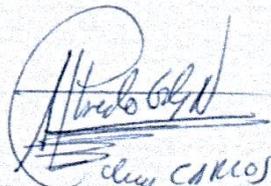
A2. Ficha de recopilación de datos

2.1: Validación de experto

Proyecto: "Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018."

Autor: Oscar Quispe Guerrero

I INFORMACIÓN GENERAL					Calificación de expertos				
UBICACIÓN									
DISTRITO	Bagua Grande	Altitud	446 msnm						
PROVINCIA	Utcubamba	Latitud	05°45'21"						
REGIÓN	Amazonas	Longitud	78°26'34"	EXP.1	EXP.2	EXP.3			
II RESISTENCIA A COMPRESIÓN					1				
Longitud (cm)		Espesor (cm)		Carga máxima (kg)					
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen						
III RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA					1				
Diámetro (cm ²)		Longitud (cm)		Carga máxima (kg)					
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen						
IV MÓDULO DE ELASTICIDAD					1				
Altura (cm)		Esfuerzo (kg/cm ²)		Deformación (mm)					
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen						
V TRATAMIENTO DE LA FIBRA					0				
Lavado de la fibra		Tipo de secado		Tiempo de secado (d)					
VI LONGITUD DE LA FIBRA					1				
0 cm a 5 cm		6 cm a 10 cm		11 cm a 15cm					
VII DOSIFICACIÓN					1				
10 % respecto al volumen		15% respecto al volumen		20% respecto al volumen					
Apellidos y nombres	CORTIJO NARVAEZ CARLOS				V1=	V1=	V1=		
Profesión	Ingeniero CIVIL				V2=	V2=	V2=		
Registro CIP	52444				V1=		V2=		
E-mail	charlescn@hotmail.com				Promedio=				
Teléfono	974 689 142								


 Ingeniero CARLOS CORTIJO
 CIP 52444.

A2.2: Validación de experto 2

Proyecto: "Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018."

Autor: Oscar Quispe Guerrero

I INFORMACIÓN GENERAL					Calificación de expertos			
UBICACIÓN								
DISTRITO	Bagua Grande	Altitud	446 msnm					
PROVINCIA	Uteubamba	Latitud	05°45'21"					
REGIÓN	Amazonas	Longitud	78°26'34"	EXP.1	EXP.2	EXP.3		
II RESISTENCIA A COMPRESIÓN						L		
Longitud (cm)		Espesor (cm)		Carga máxima (kg)				
Fecha de elaboración del espécimen		Fecha de rotura del espécimen						
III RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA						0		
Diámetro (cm ²)		Longitud (cm)		Carga máxima (kg)				
Fecha de elaboración del espécimen		Fecha de rotura del espécimen						
IV MÓDULO DE ELASTICIDAD						L		
Altura (cm)		Esfuerzo (kg/cm ²)		Deformación (mm)				
Fecha de elaboración del espécimen		Fecha de rotura del espécimen						
V TRATAMIENTO DE LA FIBRA						L		
Lavado de la fibra		Tipo de secado		Tiempo de secado (d)				
VI LONGITUD DE LA FIBRA						L		
0 cm a 5 cm		6 cm a 10 cm		11 cm a 15cm				
VII DOSIFICACIÓN						L		
10 % respecto al volumen		15% respecto al volumen		20% respecto al volumen				
Apellidos y nombres	CORZO BUNGA AGUSTIN				V1=	V1=	V1=	
Profesión	ING CIVIL				V2=	V2=	V2=	
Registro CIP	50070				V1=	V2=		
E-mail	CORZO@1150@gmail.com				Promedio=			
Teléfono	971 114978							

Oscar Quispe Guerrero
C.I.P. 50070

A2.3: Validación de experto 3

Proyecto: "Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018."

Autor: Oscar Quispe Guerrero

I INFORMACIÓN GENERAL					Calificación de expertos		
UBICACIÓN							
DISTRITO	Bagua Grande	Altitud	446 msnm				
PROVINCIA	Utcubamba	Latitud	05°45'21"				
REGIÓN	Amazonas	Longitud	78°26'34"	EXP.1	EXP.2	EXP.3	
II RESISTENCIA A COMPRESIÓN							1
Longitud (cm)		Espesor (cm)		Carga máxima (kg)			
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen				
III RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA							1
Diámetro (cm ²)		Longitud (cm)		Carga máxima (kg)			
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen				
IV MÓDULO DE ELASTICIDAD							0
Altura (cm)		Esfuerzo (kg/cm ²)		Deformación (mm)			
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen				
V TRATAMIENTO DE LA FIBRA							1
Lavado de la fibra		Tipo de secado		Tiempo de secado (d)			
VI LONGITUD DE LA FIBRA							1
0 cm a 5 cm		6 cm a 10 cm		11 cm a 15cm			
VII DOSIFICACIÓN							1
10 % respecto al volumen		15% respecto al volumen		20% respecto al volumen			
Apellidos y nombres	VILLEGAS MORALES Carlos				V1=	V1=	V1=
Profesión	Ar. CIVIL				V2=	V2=	V2=
Registro CIP	109061				V1=	V2=	
E-mail	Carlos.Villegas.M@up.edu				Promedio=		
Teléfono	959419680						


CIP. 109061

A2.4: Coeficiente de validez

Proyecto: “Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018.”

Autor: Oscar Quispe Guerrero

I INFORMACIÓN GENERAL		Calificación de expertos				
UBICACIÓN						
DISTRITO	Bagua Grande				Altitud	446 msnm
PROVINCIA	Utcubamba				Latitud	05°45'21”
REGIÓN	Amazonas	Longitud	78°26'34”	EXP.1	EXP.2	EXP.3
II RESISTENCIA A COMPRESIÓN				1	1	1
Longitud (cm)		Espesor (cm)		Carga máxima (kg)		
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen			
III RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA				1	0	1
Diámetro (cm ²)		Longitud (cm)		Carga máxima (kg)		
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen			
IV MÓDULO DE ELASTICIDAD				1	1	0
Altura (cm)		Esfuerzo (kg/cm ²)		Deformación (mm)		
Fecha de elaboración del espécimen			Fecha de rotura del espécimen			
V TRATAMIENTO DE LA FIBRA				0	1	1
Lavado de la fibra		Tipo de secado		Tiempo de secado (d)		
VI LONGITUD DE LA FIBRA				1	1	1
0 cm a 5 cm		6 cm a 10 cm		11 cm a 15cm		
VII DOSIFICACIÓN				1	1	1
10 % respecto al volumen		15% respecto al volumen		20% respecto al volumen		
Apellidos y nombres				V1=3/3	V1=2/3	V1=2/3
Profesión				V2=2/3	V2=3/3	V2=3/3
Registro CIP				V1=0.78	V2=0.89	
E-mail				Promedio= 0.84		
Teléfono						

A3: Certificados de laboratorio

A3.1: Granulometría y clasificación de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004188

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 386

SOLICITANTE : OSCAR QUISPE GUERRERO
 PROYECTO : CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE TAPIAL, ELABORADOS CON FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR - DISTRITO BAGUA GRANDE, REGIÓN AMAZONAS EN EL 2018
 UBICACIÓN : MZ. "Q", LOTE 23, ASOC. VIV. VALLE HERMOSO EL MIRADOR II - CARABAYLLO
 FECHA : 06 DE MAYO 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Única

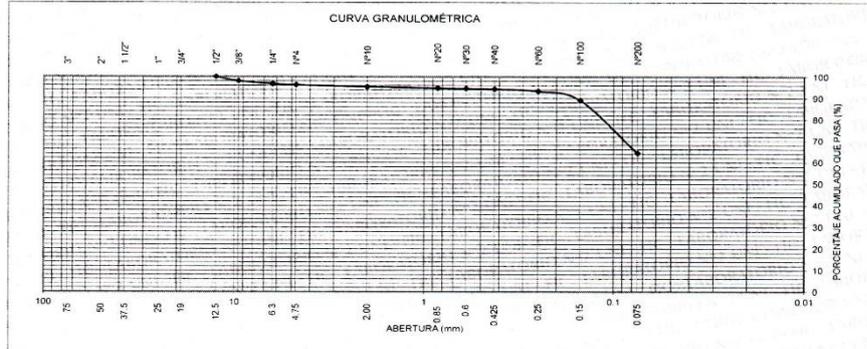
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial Retenido	(% Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	100.0
3/8"	9.500	2.0	2.0	98.0
1/4"	6.300	1.2	3.2	96.8
N°4	4.750	0.6	3.8	96.2
N°10	2.000	0.8	4.6	95.4
N°20	0.850	0.7	5.3	94.7
N°30	0.600	0.2	5.5	94.5
N°40	0.425	0.2	5.7	94.3
N°60	0.250	1.0	6.8	93.2
N°100	0.150	4.2	11.0	89.0
N°200	0.075	24.8	35.8	64.2
FONDO		64.2		

% Grava	: 3.8
% Arena	: 31.9
% Finos	: 64.2

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Limite Líquido	: 42
Limite Plástico	: 27
Indice Plástico	: 15

Clasificación SUCS ASTM D2487 : ML



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por: Téc. W. Obitas H.
 Revisado por: Ing. D. Basurto R. / Ing. B. Ramirez P.



[Signature]
 Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842
 e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

A3.2: Ensayos de compresión en cubos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Página 1 de 2

INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
: OSCAR QUISPE GUERRERO
: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL TAPIAL ELABORADOS CON FIBRAS DE CAÑA DE AZUCAR, DISTRITO BAGUA GRANDE, REGIÓN AMAZONAS EN EL 2018

Ubicación : BAGUA GRANDE

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión

Expediente N° : 19-2009

Recibo N° : 65853

Fecha de emisión : 10/06/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 24 prismas de adobe.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK.
Certificado de Calibración LFP-274-2018
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015 y E-080 de Adobe.
Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,375	13
2	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	102.0	1,003	10
3	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	105.1	1,001	10
4	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	107.1	1,253	12
5	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	109.1	1,109	10
6	TR FCA C-0	16/04/2019	30/05/2019	107.1	1,183	11
7	TR FCA C-10	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,307	13
8	TR FCA C-10	16/04/2019	30/05/2019	107.1	1,439	13
9	TR FCA C-10	16/04/2019	30/05/2019	108.2	1,441	13
10	TR FCA C-10	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,273	12

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. E.G.V.



Ms. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Expediente N° : 19-2009

Página 2 de 2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
11	TR FCA C- 10	16/04/2019	30/05/2019	105.1	1,251	12
12	TR FCA C- 10	16/04/2019	30/05/2019	102.0	1,371	13
13	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,470	14
14	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	105.1	1,691	16
15	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	108.2	1,423	13
16	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,861	18
17	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	102.0	1,711	17
18	TR FCA C- 15	16/04/2019	30/05/2019	104.0	1,783	17
19	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,111	11
20	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	104.0	784	8
21	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	103.0	1,145	11
22	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	105.1	994	9
23	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	104.0	981	9
24	TR FCA C- 20	16/04/2019	30/05/2019	102.0	875	9

5. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Ms. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI



A3.3: Ensayo de tracción indirecta en especímenes cilíndricos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Pag. 1 de 2

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : OSCAR QUISPE GUERRERO
 Obra : CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL TAPIAL ELABORADOS CON FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR, DISTRITO BAGUA GRANDE, REGIÓN AMAZONAS EN EL 2018
 Ubicación : BAGUA GRANDE
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral
 Expediente N° : 19-2009
 Recibo N° : 65853
 Fecha de emisión : 10/06/2019

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 12 probetas cilíndricas de adobe.
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK.
 Certificado de Calibración LFP-274-2018
 3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084:2012 y R.N.E. E-080 de Adobe.
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm²)
1	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.4	1128	1.7
2	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.8	749	1.1
3	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.7	1015	1.5
4	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.6	1124	1.6
5	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.3	1370	2.0
6	TRFCA TI - 0	17.04.19	30.05.19	14.7	29.6	1132	1.7
7	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.7	29.4	1174	1.7
8	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.8	29.8	1258	1.8
9	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.8	29.6	1042	1.5
10	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.8	29.5	1074	1.6
11	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.8	29.6	1139	1.7
12	TRFCA TI - 10	17.04.19	30.05.19	14.8	29.8	1174	1.7

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Ms. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

EXPEDIENTE N° : 19-2009

Pag. 2 de 2

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm ²)
13	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.8	29.5	1370	2.0
14	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.7	30.0	1136	1.6
15	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.8	29.8	1242	1.8
16	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.8	29.6	1053	1.5
17	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.7	29.7	1220	1.8
18	TRFCA TI - 15	17.04.19	30.05.19	14.7	29.6	1976	2.9
19	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.8	29.7	1176	1.7
20	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.7	29.6	1172	1.7
21	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.7	29.8	1440	2.1
22	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.7	29.7	1287	1.9
23	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.7	29.8	1515	2.2
24	TRFCA TI - 20	17.04.19	30.05.19	14.7	29.5	1217	1.8

5. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Ms. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



A4: Memorias de cálculos

A continuación, se presenta las memorias de cálculo de los valores de esfuerzo - deformación del tapial. Los ensayos han sido realizados en el Laboratorio N.º 1 de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, estos han sido ensayados en la máquina zwich roell, con certificado de calibración LFP-399-2018, a través del software de dicha máquina se registró las cargas y deformaciones en la data del cual se ha analizado y se ha tomado los valores requeridos para dichos cálculos.

Cálculo del módulo de elasticidad para el tapial sin contenido de fibra

Espécimen N.º 1
 Dimensiones 10.15 X 10.05
 Área cm² 102.01
 Altura cm 15.06

Carga (kg)	Deformación(mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.012927	0.00009	0.00
100	0.216685	0.00144	0.98
200	0.384096	0.00255	1.96
300	0.481057	0.00319	2.94
400	0.567358	0.00377	3.92
500	0.647593	0.00430	4.90
600	0.718187	0.00477	5.88
700	0.799281	0.00531	6.86
800	0.893165	0.00593	7.84
900	0.996192	0.00661	8.82
1000	1.092493	0.00725	9.80
1100	1.262671	0.00838	10.78
1200	1.350164	0.00897	11.76
1300	1.440054	0.00956	12.74
1400	1.524138	0.01012	13.72
1500	1.608940	0.01068	14.70
1600	1.711823	0.01137	15.69
1650	1.788339	0.01187	16.18

Espécimen N.º 2
 Dimensiones 10.15 X 10.00
 Área cm² 101.50
 Altura cm 15.10

Carga (kg)	Deformación(mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.776931	0.00515	0.99
200	1.050446	0.00696	1.97
300	1.155235	0.00765	2.96
400	1.255342	0.00831	3.94
500	1.358591	0.00900	4.93
600	1.458836	0.00966	5.91
700	1.549947	0.01026	6.90
800	1.635842	0.01083	7.88
900	1.740577	0.01153	8.87
1000	1.985147	0.01315	9.85
1100	2.122539	0.01406	10.84
1200	2.245214	0.01487	11.82
1300	2.339663	0.01549	12.81
1400	2.427216	0.01607	13.79
1500	2.528166	0.01674	14.78
1600	2.576224	0.01706	15.76
1650	2.587167	0.01713	16.26
1700	2.706749	0.01793	16.75
1750	2.818188	0.01866	17.24

Espécimen N.º 3
 Dimensiones 10.40 X 10.27
 Área cm² 106.81
 Altura cm 15.32

Carga (kg)	Deformación(mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.424452	0.00277	0.94
200	0.724561	0.00473	1.87
300	0.957916	0.00625	2.81
400	1.210789	0.00790	3.75
500	1.438304	0.00939	4.68
600	1.665308	0.01087	5.62
700	1.900535	0.01241	6.55
800	2.166789	0.01414	7.49
900	2.442936	0.01595	8.43
1000	2.732427	0.01784	9.36
1100	2.996872	0.01956	10.30
1200	3.343370	0.02182	11.24
1300	3.670293	0.02396	12.17
1335	3.877902	0.02531	12.50

Espécimen N.º 4
 Dimensiones 10.30 X 10.00
 Área cm² 103.00
 Altura cm 15.00

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.143600	0.00096	0.97
200	0.375299	0.00250	1.94
300	0.693595	0.00462	2.91
400	0.890836	0.00594	3.88
500	1.060210	0.00707	4.85
600	1.186362	0.00791	5.83
700	1.329487	0.00886	6.80
800	1.441902	0.00961	7.77
900	1.576025	0.01051	8.74
1000	1.694386	0.01130	9.71
1100	1.836413	0.01224	10.68
1200	1.958163	0.01305	11.65
1300	2.109423	0.01406	12.62
1400	2.208992	0.01473	13.59
1500	2.458067	0.01639	14.56
1600	2.620218	0.01747	15.53

Cálculo del módulo de elasticidad para tapial con contenido de fibra del 10%

Espécimen	N.º 1
Dimensiones	10.18 X 10.27
Área cm ²	104.55
Altura cm	15.28

Carga kg	Deformación	Deformación unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.143873	0.00094	0.96
200	0.334419	0.00219	1.91
300	0.498704	0.00326	2.87
400	0.638367	0.00418	3.83
500	0.809832	0.00530	4.78
600	0.983143	0.00643	5.74
700	1.161151	0.00760	6.70
800	1.356770	0.00888	7.65
900	1.614172	0.01056	8.61
1000	1.838419	0.01203	9.56
1100	2.109480	0.01381	10.52
1200	2.460782	0.01610	11.48
1300	2.876454	0.01882	12.43
1319	2.995764	0.01961	12.62
1300	3.109853	0.02035	12.43

Espécimen	N.º 2
Dimensiones	9.90 x 10.11
Área cm ²	100.09
Altura cm	15.37

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.269752	0.00176	1.00
200	0.493798	0.00321	2.00
300	0.737196	0.00480	3.00
400	0.948844	0.00617	4.00
500	1.131129	0.00736	5.00
600	1.321926	0.00860	5.99
700	1.488645	0.00969	6.99
800	1.667041	0.01085	7.99
900	1.869630	0.01216	8.99
1000	2.000418	0.01302	9.99
1100	2.151540	0.01400	10.99
1149	2.235483	0.01454	11.48
1100	2.292174	0.01491	10.99

Espécimen N.º 3
 Dimensiones 10.00 X 10.10
 Área cm² 101.00
 Altura cm 15.50

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.361460	0.00233	0.99
200	0.567184	0.00366	1.98
300	0.745835	0.00481	2.97
400	0.958661	0.00618	3.96
500	1.188797	0.00767	4.95
600	1.421091	0.00917	5.94
700	1.765477	0.01139	6.93
800	2.077101	0.01340	7.92
900	2.418848	0.01561	8.91
1000	2.845687	0.01836	9.90
1100	3.231389	0.02085	10.89
1200	3.676716	0.02372	11.88
1300	4.648014	0.02999	12.87

Espécimen N.º 4
 Dimensiones 10.15 X 10.10
 Área cm² 102.52
 Altura cm 15.35

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.182239	0.00119	0.98
200	0.347132	0.00226	1.95
300	0.528029	0.00344	2.93
400	0.759895	0.00495	3.90
500	1.004462	0.00654	4.88
600	1.279584	0.00834	5.85
700	1.616309	0.01053	6.83
800	2.048692	0.01335	7.80
900	2.623739	0.01709	8.78
1000	3.165136	0.02062	9.75
1100	3.660776	0.02385	10.73
1200	4.324466	0.02817	11.71
1218	4.498707	0.02931	11.88
1180	4.734181	0.03084	11.51

Cálculo del módulo de elasticidad para tapial con contenido de fibra del 15%

Espécimen N.º 1
 Dimensiones 10.21 X 10.06
 Área cm² 102.71
 Altura cm 15.43

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.618521	0.00401	0.97
200	0.957140	0.00620	1.95
300	1.258003	0.00815	2.92
400	1.554123	0.01007	3.89
500	1.913982	0.01240	4.87
600	2.243672	0.01454	5.84
700	2.585189	0.01675	6.82
800	3.033740	0.01966	7.79
900	3.685969	0.02389	8.76
1000	4.186815	0.02713	9.74
1085	5.526145	0.03581	10.56
1066	6.000935	0.03889	10.38

Espécimen N.º 2
 Dimensiones 9.90 X 10.01
 Área cm² 99.10
 Altura cm 15.21

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.160371	0.00105	1.01
200	0.312080	0.00205	2.02
300	0.429230	0.00282	3.03
400	0.554394	0.00364	4.04
500	0.691304	0.00455	5.05
600	0.842361	0.00554	6.05
700	1.008471	0.00663	7.06
800	1.157309	0.00761	8.07
900	1.288478	0.00847	9.08
1000	1.472016	0.00968	10.09
1100	1.917161	0.01260	11.10
1200	2.391764	0.01572	12.11
1279	3.358882	0.02208	12.91
1250	3.500063	0.02301	12.61

Espécimen N.º 3
 Dimensiones 10.07X 10.15
 Área cm² 102.21
 Altura cm 15.50

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.084889	0.00055	0.98
200	0.226551	0.00146	1.96
300	0.335196	0.00216	2.94
400	0.432316	0.00279	3.91
500	0.530225	0.00342	4.89
600	0.651683	0.00420	5.87
700	0.793416	0.00512	6.85
800	0.964310	0.00622	7.83
900	1.161443	0.00749	8.81
1000	1.338975	0.00864	9.78
1100	1.560173	0.01007	10.76
1200	1.797738	0.01160	11.74
1300	2.090969	0.01349	12.72
1400	2.366300	0.01527	13.70
1460	2.732475	0.01763	14.28
1440	2.815237	0.01816	14.09

Espécimen N.º 4
 Dimensiones 9.95 X 10.10
 Área cm² 100.50
 Altura cm 15.29

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.736635	0.00482	1.00
200	1.039014	0.00680	1.99
300	1.261671	0.00825	2.99
400	1.466228	0.00959	3.98
500	1.665942	0.01090	4.98
600	1.883810	0.01232	5.97
700	2.114777	0.01383	6.97
800	2.334052	0.01527	7.96
900	2.564041	0.01677	8.96
1000	2.819585	0.01844	9.95
1100	3.192036	0.02088	10.95
1200	3.615393	0.02365	11.94
1300	3.967921	0.02595	12.94
1400	4.618484	0.03021	13.93
1500	5.492569	0.03592	14.93
1590	6.849781	0.04480	15.82
1575	7.000370	0.04578	15.67

Cálculo del módulo de elasticidad para tapial con contenido de fibra del 20%

Espécimen N.º 1
 Dimensiones 10.10 X 10.10
 Área cm² 102.01
 Altura cm 15.10

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.436054	0.00289	0.98
200	0.589963	0.00391	1.96
300	0.740986	0.00491	2.94
400	0.869713	0.00576	3.92
500	0.996573	0.00660	4.90
600	1.154468	0.00765	5.88
700	1.295307	0.00858	6.86
800	1.460116	0.00967	7.84
900	1.643059	0.01088	8.82
1000	1.830872	0.01212	9.80
1100	2.042947	0.01353	10.78
1200	2.379509	0.01576	11.76
1300	3.325316	0.02202	12.74
1330	3.979668	0.02636	13.04
1311	4.058535	0.02688	12.85

Espécimen N.º 2
 Dimensiones 10.40 X 10.11
 Área cm² 105.14
 Altura cm 15.07

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.097773	0.00065	0.00
100	0.624501	0.00414	0.95
200	0.926229	0.00615	1.90
300	1.144271	0.00759	2.85
400	1.352584	0.00898	3.80
500	1.545646	0.01026	4.76
600	1.701412	0.01129	5.71
700	1.855277	0.01231	6.66
800	2.012158	0.01335	7.61
900	2.214942	0.01470	8.56
1000	2.434594	0.01616	9.51
1100	2.618013	0.01737	10.46
1200	2.823610	0.01874	11.41
1300	3.062690	0.02032	12.36
1400	3.287038	0.02181	13.32
1500	3.521090	0.02336	14.27
1600	3.827394	0.02540	15.22
1624	4.157588	0.02759	15.45
1600	4.243084	0.02816	15.22

Espécimen N.º 3
 Dimensiones 10.00 x 10.18
 Área cm² 101.80
 Altura cm 15.23

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.000000	0.00000	0.00
100	0.267798	0.00176	0.98
200	0.468839	0.00308	1.96
300	0.624943	0.00410	2.95
400	0.782570	0.00514	3.93
500	0.991308	0.00651	4.91
600	1.194429	0.00784	5.89
700	1.542395	0.01013	6.88
800	1.868307	0.01227	7.86
900	2.262363	0.01485	8.84
1000	2.651760	0.01741	9.82
1100	3.288929	0.02160	10.81
1104	3.388113	0.02225	10.84
1100	3.428905	0.02251	10.81

Espécimen N.º 4
 Dimensiones 10.00 X 10.210
 Área cm² 102.00
 Altura cm 15.20

Carga kg	Deformación (mm)	Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0	0.060699	0.00040	0.00
100	0.482371	0.00317	0.98
200	0.666718	0.00439	1.96
300	0.846369	0.00557	2.94
400	1.018644	0.00670	3.92
500	1.207960	0.00795	4.90
600	1.405823	0.00925	5.88
700	1.622592	0.01067	6.86
800	1.862413	0.01225	7.84
900	2.097139	0.01380	8.82
1000	2.324638	0.01529	9.80
1100	2.516880	0.01656	10.78
1200	2.731968	0.01797	11.76
1300	3.021355	0.01988	12.75
1400	3.324974	0.02187	13.73
1459	3.616835	0.02379	14.30
1450	3.670128	0.02415	14.22

A4.1 Análisis sísmico estático de vivienda de tapial de un piso

1. Cálculo de la fuerza sísmica horizontal

$$F = S \cdot U \cdot C \cdot P$$

$$S = 1.40$$

$$U = 1.00$$

$$C = 0.15$$

$$P = 48785.80$$

$$\mathbf{F = 10245 \text{ kgf}}$$

2. Centro de masas

$$C_x = 2.45 \text{ m}$$

$$C_y = 3.67 \text{ m}$$

3. Excentricidad accidental

$$E_x = 0.375 \text{ m}$$

$$E_y = 0.215 \text{ m}$$

4. Análisis y resultado del programa

Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Desplazamientos en mm	
	U _x	U _y
712.64	1.63	2.06
724.84	1.60	2.03
640.55	1.81	2.30
637.26	1.82	2.31

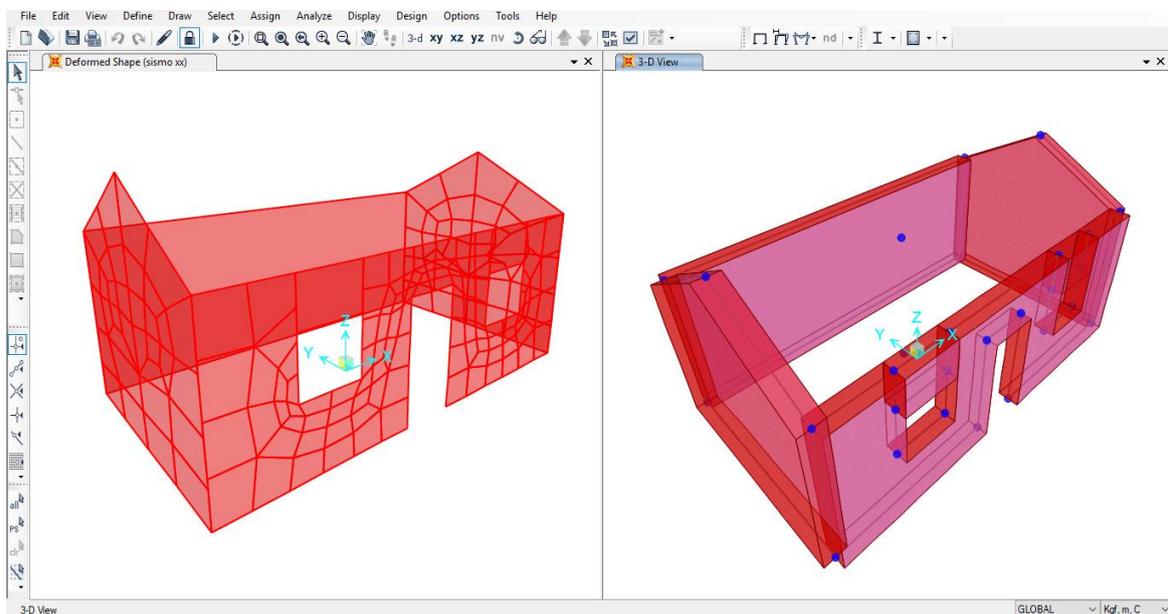


Figura A4.1: Modelado y análisis de vivienda típica de un piso

A6: Registro fotográfico



Figura A6.1: Preparación de los especímenes de tapial

Fuente: Propia



Figura A6.2: Proceso de secado de especímenes

Fuente: Propia



Figura A6.3: Ensayo de compresión del tapial

Fuente: Propia



Figura A6.4: Ensayo de tracción indirecta

Fuente: Propia



Figura A6.5: Ensayo de módulo de elasticidad en equipo zwich roell con sensor LVDT

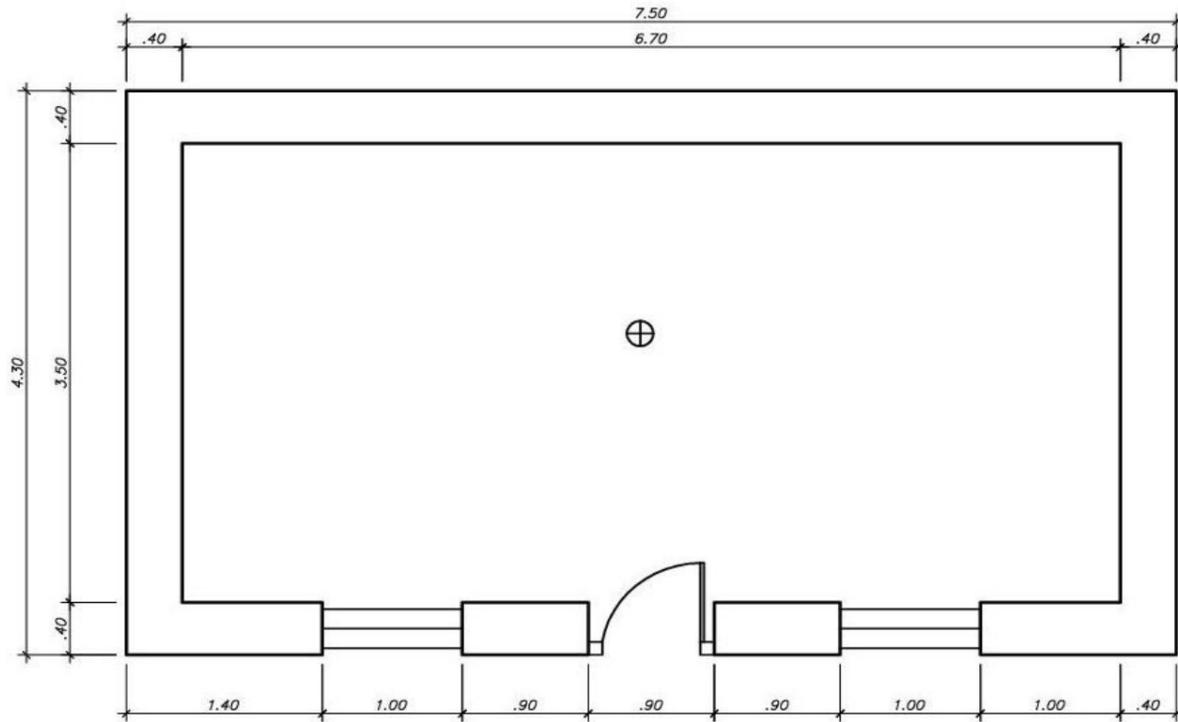
Fuente: Propia



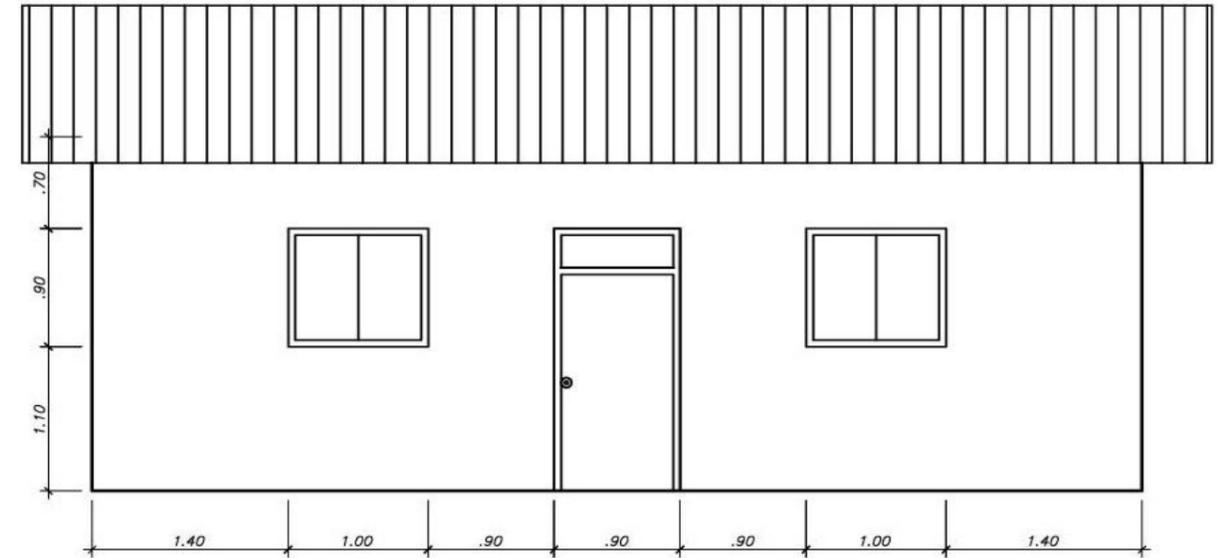
Figura A6.6: Acoplamiento del sensor de deformación LVDT

Fuente: Propia

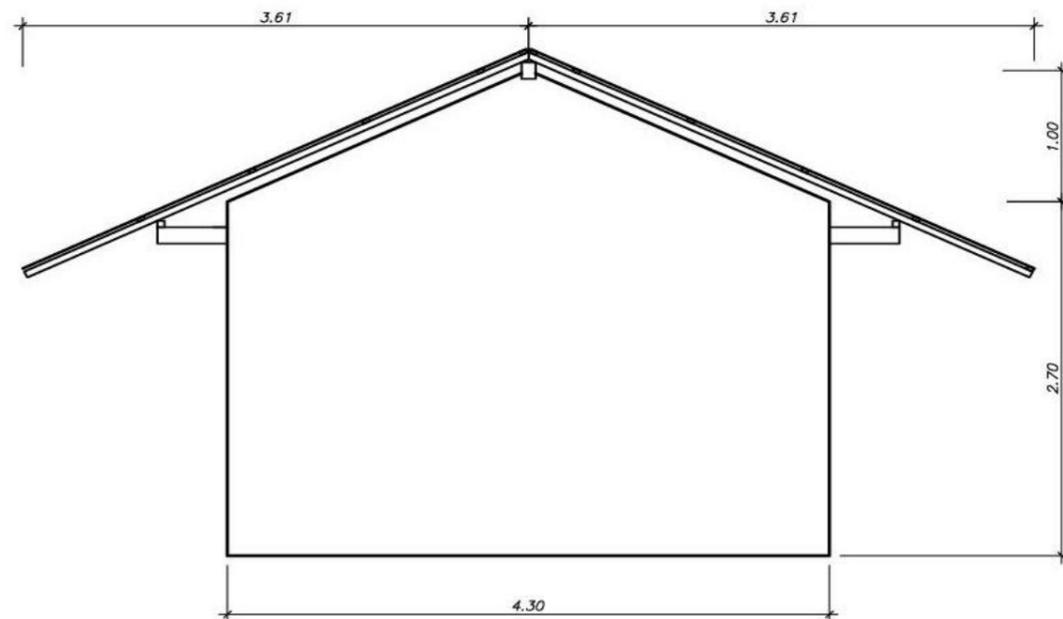
ANEXO 7: VIVIENDA TÍPICA DE TAPIAL DE UN PISO



VISTA EN PLANTA



ELEVACIÓN PRINCIPAL



ELEVACIÓN LATERAL

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Universidad Privada César Vallejo - Lima Norte	
PROYECTO		Características mecánicas de tapial elaborados con fibras de caña de azúcar, distrito de Bagua Grande, región Amazonas en el 2018	
UBICACIÓN		Bagua Grande - Utcubamba - Amazonas	LÁMINA
ALUMNO		Oscar Quispe Guerrero - 7000464952	E-01
ESCALA	PLANO	FECHA	
1/50	Vivienda unifamiliar	Julio 2019	