



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Colima  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

# MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD.

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA

PRESENTA:  
ARQ. PEDRO CIPRIANO MAGAÑA MENDOZA

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ARQ. JOSÉ RICARDO MORENO PEÑA

CO-DIRECTOR:  
MTRO. ARQ. JOSÉ FIDEL NAVARRO ARELLANO

VILLA DE ÁLVAREZ, COLIMA. AGOSTO 2021.





OFICIO DE IMPRESIÓN



EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Colima División de Estudios de Posgrado e Investigación

Villa de Álvarez, Col., 24/Agosto/2021 Oficio No. DEPI 1.2.1.1/187/2021

PEDRO CIPRIANO MAGAÑA MENDOZA PASANTE DE LA MAESTRÍA EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA PRESENTE

La División de Estudios de Posgrado e Investigación de acuerdo al procedimiento para la obtención del Título de Maestría de los Institutos Tecnológicos y habiendo cumplido todas las indicaciones que la comisión revisora hizo a su trabajo profesional:

"MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD "

Por la opción de tesis, que para obtener el grado de MAESTRO EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA será presentado por Usted, tiene a bien concederle la AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN de la tesis citada.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial y afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica "Estudiar para prever y prever para actuar"

Handwritten signature of Peter Chung Alonso

PETER CHUNG ALONSO JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA INSTITUTO TECNOLÓGICO De Colima División de Estudios de Posgrado e Investigación

c.c.p. Archivo PCA/cas



Av. Tecnológico No. 1, Colonia Liberación. C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima. Tel. 312-312-6393, 312-314-0933, 312-312-9920 Ext. 113 y 213 email: posgrado@colima.tecnm.mx www.colima.tecnm.mx



" MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD "





## PRÓLOGO

La investigación sobre las construcciones de adobe, la riqueza cultural que este tipo de edificaciones brindan a nuestros centros poblacionales y por la identidad arquitectónica que pueden llegar a aportar, se realizó principalmente por interés personal generando conocimiento que apoye al respeto, buscando mejorar e incluso retomar este sistema constructivo que poco a poco ha perdido presencia dentro de la industria de la construcción; así mismo, se ha tratado de regionalizar las mezclas empleadas para su elaboración, por medio de la utilización de materiales existentes en la zona costera de la cual forma parte el estado de Colima.



## AGRADECIMIENTOS

En la vida siempre habrá que ser agradecido con las personas que te apoyaron o motivaron para alcanzar tus objetivos, con quienes comparten sus conocimientos, además de su tiempo para lograr avanzar y comprender aún mejor los temas que estés analizando, así como con las personas que te brindan su cariño y compañía; ya que todo esto se va entrelazando de manera inclusiva para lograr alcanzar las metas propuestas; por tanto y en ese orden:

En primer lugar mis agradecimientos van dirigidos hacia mi madre, que fue la persona quien me motivo para que continuara con mis estudios de posgrado; siempre fue una persona interesada en que yo me preparara cada día más; desgraciadamente a escasos dos meses de haber ingresado a la Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana (MASGU) ella perdió la vida contra una enfermedad que poco a poco la fue apagando; más sin embargo, ella siempre se mostró positiva en que yo continuara estudiando y por eso es que principalmente mi agradecimiento va dirigido hacia ella donde quiera que se encuentre, este logro más en mi vida como todos los anteriores, va por ti y gracias a ti mamá!

A mi padre por haberme inculcado la importancia del estudio, desde mi formación académica primaria siendo mi profesor durante los seis años de formación; por siempre apoyarme económicamente para poder lograr todas mis metas académicas y por siempre sentirse orgulloso de cada uno de mis logros, este también será uno de ellos.

Académicamente agradezco a todo el personal docente que, de una manera u otra, fueron parte importante de esta etapa más de mi formación; principalmente agradezco al Dr. Arq. José Ricardo Moreno Peña quien fue mi director de tesis, con quien de manera estrecha estuvimos trabajando para lograr obtener los mejores resultados, especialmente agradecer por su gran vocación como profesor, por siempre estar dispuesto a apoyar sin importar el día y la hora en la que necesité ayuda, un gusto poder compartir este proceso al lado de una persona tan profesional como usted; de igual manera al coordinador académico el Mtro. Arq. Peter Chung





Alonso, quien siempre estuvo durante la toma de las decisiones más fuertes, apoyando con su conocimiento para que todo el proceso se realizara de la mejor manera posible, dándonos las mejores opciones y consejos que nos beneficiaran a los estudiantes.

A mi pareja por siempre estar apoyando mi proceso de formación académica, por compartir conmigo mis preocupaciones y por siempre alentarme a seguir adelante; por su interés en que cumpla con todas mis metas y sueños en la vida, exigiéndome siempre dar lo mejor de mí.

Por último, agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme considerado como candidato para recibir el apoyo de esta organización, lo cual fue de gran ayuda para llevar a cabo mis estudios de maestría; por su destacada labor a nivel nacional apoyando e impulsando la investigación científica, logrando con ello el avance progresivo hacia un México mejor.



## RESUMEN

La siguiente investigación analiza la construcción con tierra cruda, específicamente la del adobe; a partir del diagnóstico logrado y en busca de innovar en este rubro, se genera una propuesta a través de sus agregados en los que se integre cal y fibra de coco; con la finalidad de determinar su comportamiento ante los esfuerzos de compresión y de temperatura.

Se contempla la manera en la que se realizaron las probetas estudiadas, así como las características y especificaciones de cada una de ellas, el diseño y dimensionamiento del molde para la elaboración de las probetas; el desarrollo de las pruebas de laboratorio referente a la compresión, así como térmicas, de absorción y retención de humedad.

El modelo experimental con el cual se determinó la elaboración de las diferentes mezclas fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), contempla el porcentaje de agregados de cal y fibra de coco en 5 tratamientos, cada uno de ellos a su vez tiene un porcentaje de integración, que generan cuatro unidades experimentales en cada uno de ellos.

En los resultados obtenidos se registraron valores por arriba de lo establecido por las normatividades internacionales NTE E-080 peruana, así como las pruebas térmicas realizadas con el KD2-Pro con resultados que mejoran los alcanzados por la prueba testigo de adobe tradicional de la región.

**Palabras clave:** Adobe, tierra, fibra de coco, óxido de calcio, arquitectura sostenible.



## ABSTRACT

The following investigation analyzes the construction with raw earth, specifically that of adobe; From the diagnosis achieved and in search of innovation in this area, a proposal is generated through its aggregates in which they are integrated and coconut fiber; in order to determine its behavior in the face of compression and temperature stresses.

The way in which the studied specimens were made is contemplated, as well as the characteristics and specifications of each one of them, the design and sizing of the mold for the preparation of the specimens; the development of laboratory tests regarding compression, as well as thermal, moisture absorption and retention.

The experimental model with which the elaboration of the different mixtures was determined was the Completely Random Design (DCA), it contemplates the percentage of lime and coconut fiber aggregates in 5 treatments, each of them in turn has a percentage of integration, which generate four experimental units in each of them.

In the results obtained, values above that established by the international regulations NTE E-080 peruvian were registered, as well as the thermal tests carried out with the KD2-Pro with which they improve the results achieved by the traditional adobe witness test of the region.

**Keywords:** Adobe, earth, coconut fiber, calcium oxide, sustainable architecture.



## ÍNDICE DE GENERAL.

<b>1.- GENERALIDADES.....</b>	<b>15</b>
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.3.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.3.1.- General.....	19
1.3.2.- Específicas.....	19
1.4.- HIPÓTESIS.....	19
1.5.- OBJETIVOS.....	19
1.5.1.- Objetivo General.....	19
1.5.2.- Objetivos Particulares.....	19
1.6.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METODOLÓGICO.....	20
1.7.- ALCANCES Y LIMITACIONES.....	20
<b>2.- ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>22</b>
2.1.- ANTECEDENTES.....	22
2.2.- DOCUMENTACIÓN EXISTENTE.....	29
2.3.- NORMATIVIDAD.....	44
<b>3.- METODOLOGÍA APLICADA.....</b>	<b>51</b>
3.1.- ENFOQUE Y TIPO DE ESTUDIO.....	51
3.2.- ÁREA DEL ESTUDIO.....	52
3.3.- CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.....	54
3.4.- DISEÑO DE LA MUESTRA.....	57
3.5.- POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
3.6.- MATERIAL, HERRAMIENTA Y EQUIPO.....	60
3.7.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65



3.7.1.- Las Probetas.....	65
3.7.2.- Pruebas de Laboratorio.....	74
3.8.- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	85
<b>4.- RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>86</b>
4.1.- RESULTADOS.....	86
4.2.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
<b>5.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>121</b>
<b>7.- ANEXOS.....</b>	<b>129</b>
Anexo 1.- Fichas de Prueba de Compresión.....	129
Anexo 2.- Fichas de Prueba de Comportamiento Térmico.....	180



## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.	Viviendas en México por material de construcción de sus muros.....	28
Tabla 2.	Equivalencias.....	
Tabla 3.	Tesis de investigación de mezclas de adobe.....	33
Tabla 4.	Artículos de universidades y revistas sobre adobe.....	42
Tabla 5.	Normatividad internacional para construcción con tierra. ....	45
Tabla 6.	Normatividad nacional para mampostería. ....	48
Tabla 7.	Composición ideal del suelo para elaborar adobes. ....	54
Tabla 8.	Características químicas de la fibra de coco. ....	55
Tabla 9.	Diseño experimental de la mezcla por porcentajes. ....	57
Tabla 10.	Relación de peso.....	58
Tabla 11.	Diseño experimental de la mezcla por peso en gramos. ....	59
Tabla 12.	Capacidades de medición.....	62
Tabla 13.	Equivalencias de unidades. ....	64
Tabla 14.	Conversión de unidades. ....	65
Tabla 15.	Resultados de la prueba de compresión. ....	86
Tabla 16.	Resultados de la prueba de compresión. ....	88
Tabla 17.	Resultados de la prueba de absorción de humedad.....	90
Tabla 18.	Resultados de retención de humedad a la sombra.....	91
Tabla 19.	Resultados de retención de humedad a la sombra.....	92



## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.	Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo. ....	24
Figura 2.	Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo. ....	26
Figura 3.	Resultados a la compresión.....	36
Figura 4.	Ensayos a compresión con fibra de vidrio. ....	39
Figura 5.	Extracción de fibras de bambú. ....	40
Figura 6.	Ubicación de ladrillera. ....	52
Figura 7.	Tierra cernida y lista para emplearse.....	53
Figura 8.	Fibra de coco compactada en el molde. ....	58
Figura 9.	Abundamiento de la fibra de coco. ....	58
Figura 10.	Probeta A2, con 40% de fibra de coco. ....	60
Figura 11.	Molde de una sola pieza.....	66
Figura 12.	Probeta de molde de una sola pieza. ....	66
Figura 13.	Prototipo de molde desarmable. ....	67
Figura 14.	Molde seccionado.....	68
Figura 15.	Molde curado.....	68
Figura 16.	Pesaje de materiales. ....	69
Figura 17.	Mezcla de materiales en seco. ....	70
Figura 18.	Elaboración de la probeta.....	71
Figura 19.	Vaciado de la mezcla en los moldes.....	72
Figura 20.	Desmolde de probetas.....	73
Figura 21.	Secado de probetas al sol. ....	74
Figura 22.	Total de probetas ensayadas a compresión. ....	75
Figura 23.	Preparación de probeta para ensayo a compresión. ....	76
Figura 24.	Probeta ensayada.....	76





Figura 25.	Valores de medición de la prensa universal. ....	77
Figura 26.	Probeta perforada al centro. ....	78
Figura 27.	Relleno de huecos con vaselina. ....	79
Figura 28.	Ensayo térmico en probeta. ....	80
Figura 29.	Llenado de recipiente. ....	81
Figura 30.	Inicio del proceso de hidratación por inmersión. ....	81
Figura 31.	Pesaje de probeta post hidratación. ....	82
Figura 32.	Rejilla plástica. ....	83
Figura 33.	Secado de probetas a la sombra. ....	84
Figura 34.	Secado de probetas a exposición solar. ....	84
Figura 35.	Probeta “E3” fracturada al momento de perforar. ....	88
Figura 36.	Probeta “E3” fracturada al momento de perforar. ....	88
Figura 37.	Resistencia a la compresión. ....	93
Figura 38.	Comportamiento del tratamiento “A” a la compresión. ....	94
Figura 39.	Probeta “A2” sin ensayar. ....	95
Figura 40.	Probeta “A2” ensayada. ....	95
Figura 41.	Comportamiento del tratamiento “B” a la compresión. ....	96
Figura 42.	Probeta B1 ensayada. ....	96
Figura 43.	Comportamiento del tratamiento “C” a compresión. ....	97
Figura 44.	Probeta C1 ensayada. ....	98
Figura 45.	Comportamiento del tratamiento “D” a la compresión. ....	98
Figura 46.	Probeta “D1” ensayada. ....	99
Figura 47.	Comportamiento del tratamiento “E” a la compresión. ....	99
Figura 48.	Probeta “E3” ensayada. ....	100
Figura 49.	Resultados de calor específico. ....	101



Figura 50.	Resultados de conductividad térmica. ....	101
Figura 51.	Resultados de resistividad térmica. ....	102
Figura 52.	Resultados de difusividad térmica. ....	103
Figura 53.	Comparativa de pesos en seco e hidratado.....	104
Figura 54.	Absorción de humedad de las probetas “A”.....	105
Figura 55.	Absorción de humedad de las probetas “B”.....	105
Figura 56.	Absorción de humedad de las probetas “C”.....	106
Figura 57.	Absorción de humedad de las probetas “D”.....	107
Figura 58.	Absorción de humedad de las probetas “E”.....	107
Figura 59.	Retención de humedad tratamiento “A”.....	108
Figura 60.	Retención de humedad tratamiento “B”.....	109
Figura 61.	Retención de humedad tratamiento “C”.....	110
Figura 62.	Retención de humedad tratamiento “D”.....	111
Figura 63.	Retención de humedad tratamiento “E”.....	112
Figura 64.	Probetas a 2 horas de inmersión. ....	116
Figura 65.	Probeta “A1” después de la prueba de inmersión.....	117
Figura 66.	Probetas después de la prueba de inmersión.....	117



## 1. GENERALIDADES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el tema del calentamiento global, consecuencia de los grandes daños que ha causado la humanidad a la naturaleza con el desarrollo de nuestros centros de población, ha puesto en gran riesgo el equilibrio ecológico; lo que ha desarrollado una gran cantidad de fenómenos naturales atípicos en las distintas regiones del planeta.

Por ello y no es de extrañarse que todos los esfuerzos y enfoques actuales vayan encaminados a abonar hacia la recuperación del equilibrio ecológico del planeta; aunque lo cierto es que la mayoría de alternativas no son encaminadas al desarrollo sustentable, ya que en su mayoría son costosas o no impactan a gran escala en la sociedad; por tanto si tenemos una alternativa que no incluya los tres ejes de la sustentabilidad: económico, social y ambiental, se estará hablando de una alternativa no sustentable y como consecuencia tendríamos una alternativa que apoyaría de manera parcial a la solución del problema.

En el ámbito de la arquitectura y específicamente de la construcción sostenible. área donde se plantea desarrollar el proyecto, el principal interés es analizar alternativas que retomen técnicas y materiales de los sistemas constructivos de la arquitectura vernácula regional que se han dejado de usar, por la industrialización del sector que provee de materiales al ramo de la construcción, desarrollando una alternativa constructiva con un material ecológico, accesible a las personas de la región, que facilite la autoconstrucción y pueda bajar los costos del proceso constructivo, abonando siempre a la dignificación de la vivienda popular, que es por medio de este tipo de construcción donde se tiene el impacto a la mayor parte de la población.

La arquitectura como el hábitat principal donde nos desarrollamos día a día, debe ser el principal espacio donde debemos de buscar un desarrollo sustentable, generando sistemas constructivos de bajo costo, que contemplen materiales ecológicos, técnicas básicas de construcción, y que sean una opción accesible a la



mayor parte de la población; ya que, de los desarrolladores arquitectónicos, depende la eficiencia de los espacios que todos habitamos.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.

La arquitectura ha tenido un gran desarrollo a través del tiempo, las primeras construcciones en los asentamientos de los seres humanos eran construcciones muy rudimentarias, con materiales existentes en la zona los cuales eran utilizados con un escaso proceso de manufactura o tratamiento de dichos materiales; hasta llegar a la actualidad, en el cual se pueden erigir rascacielos en un corto lapso de tiempo por medio del empleo de tecnología, maquinaria, mano de obra y materiales constructivos, los cuales pueden provenir de cualquier parte del mundo y haber pasado por un proceso de fabricación, obtención o transportación, que ocasionó emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, así como la utilización de recursos materiales no renovables, que hacen que esta actividad de explotación vaya a llegar a un punto de quiebre.

La industria de la construcción y el empleo del cemento en la mayor parte de las edificaciones, provoca una gran demanda de este material que solamente es superado por el agua como recurso más consumido por la humanidad; de acuerdo con el informe Making Concrete Change del Instituto Británico Chatham House<sup>2</sup>, dictamina que este material constructivo es el responsable del 8% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial; por tal motivo no resulta extraño que sea uno de los principales focos de atención por parte de investigadores y medioambientalistas, los cuales han llevado el tema hasta las mesas de foros planteando en ellos la reducción de la demanda y utilización del concreto en la industria constructiva.

*"Si inventásemos el concreto hoy, nadie pensaría que es una buena idea, es un líquido, se necesitan camiones especiales para transportarlo y tarda dos semanas en endurecerse. Y ni siquiera funciona si no le pones acero "*  
(Ramage, 2019).

Distintos investigadores y especialistas en el tema de la contaminación ambiental, han determinado que el calentamiento global, el cambio climático y la



misma contaminación, han sido un reflejo del desarrollo de nuestros centros de población, los cuales han crecido de manera descontrolada, afectando el medio ambiente no solo por eso, sino por la gran cantidad de demanda de productos y servicios, lo que ha generado una industrialización en todos los sectores, los cuales deben de ser capaces de abastecer de manera eficaz dicha demanda; todos estos procesos de industrialización de materiales en las distintos sectores industriales, son los responsables de la mayor parte de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Uno de los más destacados y controversiales es el Inglés James Ephraim Lovelock, científico independiente, meteorólogo, escritor, inventor, químico atmosférico, ambientalista, en una de sus obras más representativas "*La Teoría de Gaia*" (Lovelock, 2007) expresa que el planeta es un organismo autorregulado, explica que la tierra es un organismo vivo, cuyo sistema se ha mantenido en equilibrio a través de los años y que todo el daño que le estamos haciendo está originando los distintos cambios a medida de defensa, que a la humanidad no le quedará otro camino que aceptar y vivir las consecuencias de sus actos.

*Nuestro planeta se ha mantenido sano y en forma para la vida, al igual que un animal, durante la mayor parte de los más de tres mil millones de años de su existencia. Fue una mala suerte que empezáramos a contaminar en un momento en que el sol está demasiado caliente para la comodidad. Le hemos dado fiebre a Gaia y pronto su condición empeorará a un estado de coma. Ella ha estado allí antes y se recuperó, pero tomó más de 100,000 años. Somos responsables y sufriremos las consecuencias: a medida que avance el siglo, la temperatura aumentará 8 grados centígrados en las regiones templadas y 5 grados en los trópicos (Lovelock, 2006).*

El riesgo inminente de que el futuro sea incierto y estemos orillados a un cambio inmediato en todos nuestros sectores lo sugiere Johan Rockstrom, Profesor de la Universidad de Estocolmo, quien a través de sus trabajos explica que los seres humanos aún tenemos opción para revertir el daño que hemos causado al medio ambiente, generando un desarrollo encaminado hacia el respeto de los límites de



nuestro planeta; haciendo referencia a que tal desarrollo debe ser guiado por el mismo medio ambiente, con eso se garantizaría la disminución de las transgresiones del ser humano hacia el planeta y el medio ambiente (Rockstrom, 2009).

Para el caso de la construcción y las afectaciones al medio que tiene el uso de materiales no renovables como el cemento; comenzando con la investigación de materiales que sean más amigables con él, los cuales tengan una baja huella de carbono, es decir que estos no necesiten de procesos industrializados para su obtención, fabricación, traslado y utilización en las edificaciones; de igual manera hacer una retrospectiva a los procesos y técnicas constructivas de la antigüedad, las cuales estaban en mayor equilibrio con el medio ambiente y el aspecto físico natural donde se situaban; con todo esto podemos determinar que la construcción con tierra cruda es una de las alternativas más favorables, ya que integra de manera perfecta los ejes de la sustentabilidad.

La arquitectura de tierra cruda, es una de las pocas que garantiza el reintegro de los materiales de manera casi inmediata al medio ambiente, una vez que los inmuebles ya cumplieron con su vida útil; e incluso el mismo material empleado para su construcción en un inicio, años más tarde puede ser reutilizado para la construcción ya sea de una nueva edificación o bien de la remodelación de la misma, logrando conservar sus mismas propiedades y características de su proceso inicial. Dentro de este tipo de arquitectura existe la utilización de diversas técnicas constructivas y materiales, tal es el caso del muro tapial, el adobe en bloques, como junta constructiva, aplanado y piso, la técnica a emplear está estrechamente relacionada con el contexto en el que se desarrollen, ya que con este tipo de arquitectura lo que se pretende es aprovechar al máximo los recursos naturales existentes en la zona.



## 1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

### 1.3.1 General.

¿Cuáles serían las características que deberían desarrollarse en un tipo de adobe mejorado con óxido de calcio y fibra de coco, para que este cumpla e incluso mejore las características físico mecánicas y de conductividad térmica respecto del adobe tradicional?

### 1.3.2 Específicas.

¿Cuál sería la proporción ideal de agregados que debe de tener el adobe mejorado, para lograr mantener o mejorar las condiciones mecánicas del adobe tradicional?

El adobe mejorado, ¿seguiría conservando la capacidad de baja conductividad térmica del adobe tradicional?

¿Lograría considerarse el adobe mejorado, como una alternativa constructiva sustentable dentro del mercado de la industria de la construcción?

## 1.4 HIPÓTESIS.

Dado que, en las mezclas del adobe tradicional, se carece de elementos que ayuden a aglutinar sus componentes de manera eficiente y el uso de fibras vegetales es casual, al agregar óxido de calcio y fibra de coco de forma específica, se logrará mejorar las características mecánicas y térmicas de las mezclas en relación a la del adobe tradicional.

## 1.5 OBJETIVOS:

### 1.5.1 Objetivo General.

Proponer diferentes proporciones de agregados de óxido de calcio, fibra de coco y arcilla, para determinar la resistencia mecánica y térmica de las mezclas; respecto a la mezcla tradicional del adobe.

### 1.5.2 Objetivos Particulares.

- Determinar las características de los materiales que se van a emplear en la mezcla (óxido de calcio, fibra de coco y tierra).





- Diseñar el experimento que nos permita identificar y cuantificar las causas y efectos de las variables vinculadas a las mezclas.
- Realizar los especímenes de prueba de acuerdo a los resultados del diseño experimental.
- Evaluar por medio de pruebas de laboratorio la resistencia físico–mecánica y térmica de los especímenes.
- Realizar el análisis y discusión de los resultados obtenidos de la experimentación.
- Presentar las conclusiones y recomendaciones.

## 1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METODOLÓGICO.

Se desarrolló el diseño de las mezclas utilizadas, así como del molde empleado en la elaboración de las probetas, además se determinó la manera en la que los materiales se trabajaron e integraron dentro de la mezcla.

Se tuvieron dos variables para el desarrollo de la investigación las cuales fueron en cuanto a los agregados aglutinantes, por una parte, la cal (óxido de calcio) como elemento conglomerante y por otro lado el aglomerante fue la fibra de coco, mismas que se integraron a la mezcla en distintos porcentajes resultados de un diseño de mezcla elaborado completamente al azar, del cual se derivaron un total de 21 mezclas distintas.

Con la finalidad de poder evaluar las características físicas y mecánicas de las probetas, se realizaron los ensayos de las mismas mediante pruebas de compresión, comportamiento térmico, capacidad de absorción y retención de humedad.

## 1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES.

La presente investigación se pretende que sea de injerencia mundial, para apoyar con el desarrollo de más tecnología e investigación, así como de materiales ecológicos sostenibles que brinden una alternativa de autoconstrucción adaptable



al medio natural donde se realicen, la cual sea para beneficio de los usuarios y en general de la humanidad.

Las limitantes presentadas, fueron en cuanto al material agregado de fibra de coco, que es un material presente en la región costa y no en todos los lugares es un material de fácil acceso, existente y con la cantidad de obtención como la que se tiene dentro del estado de Colima, donde se obtiene en grandes cantidades como material de desecho de distintos sectores productivos.



## 2. ESTADO DEL ARTE.

### 2.1 ANTECEDENTES.

#### El adobe como técnica constructiva.

El adobe es una de las técnicas de construcción más antiguas y populares del mundo, los bloques de adobe se utilizan desde hace miles de años, en todo el mundo encontramos construcciones hechas con tierra. Se calcula que la mitad de la humanidad vive en hábitats contruidos con tierra en todos los continentes habitados de acuerdo al Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE, 2019). Se tiene registro de esta técnica constructiva a más de 10 mil años, es decir 8 mil años A.C. la cual surgió como la manera en la que la sociedad utilizaba materiales locales que existían en las diversas zonas y climas del planeta que habitaban, así como de su misma mano de obra, apoyándose entre sí para lograr la autoconstrucción de su vivienda.

Hassan Fathy (1899 – 1989) fue un notable arquitecto egipcio pionero en el uso de esta tecnología, que es aún hoy considerada apropiada en Egipto, él restableció el uso del adobe empleando métodos de diseño y materiales antiguos integrando la situación económica rural del país con el amplio conocimiento de la arquitectura antigua y técnicas de diseños de ciudades, con ello entrenó los habitantes locales para que construyeran sus propias casas y nos dejó al mundo su gran legado; su arquitectura es común mente llamada “arquitectura de pobre” y su frase más representativa es “Build your architecture from what is beneath your feet” (Fathy, 1899 – 1989), que en español se traduce como “Construye tu arquitectura desde lo que está debajo de tus pies”.

Para la generación de alternativas ecológicas más amigables y que la construcción de la vivienda vaya enfocada hacia la generación de espacios habitables confortables, con alternativas constructivas viables y enfocadas a dar respuesta ante al contexto de la zona de emplazamiento; definitivamente es la utilización de la arquitectura en tierra cruda, como el adobe; como ya se analizó con anterioridad este material milenario, se ha utilizado a lo largo de la historia por



muchas culturas y en nuestro país desde los habitantes prehispánicos lo han empleado para la construcción de sus viviendas, generándose espacios arquitectónicos con condiciones de inmejorable confort térmico, sustentabilidad y es uno de los materiales que más conecta a los mexicanos con la riqueza cultural.

*Las construcciones de tierra como medio para el encuentro con la naturaleza; la tierra como material de arquitectura vernácula; la tierra como posibilidad de nuevos – viejos espacios, parámetros y texturas; una técnica asimilable y cercana que el usuario puede reparar, ampliar, mejorar; una técnica constructiva facilitadora de la arquitectura orgánica y crecedora conforme con las necesidades familiares; respetuosa con el mismo ambiente al que se reincorporará tras su destrucción; ... conjunto de valores que sintetizaríamos como, la tierra material de tradición. (Salas, 1995).*

En las últimas décadas se han desarrollado importantes innovaciones en la construcción en tierra, la cual ha sufrido una incorporación tecnológica importante que las hacen tan validas y eficientes como la técnica más moderna de construcción, los estudios e investigaciones realizadas sobre estas técnicas han arrojado aportaciones importantísimas para la industria de la construcción, uno de los ejemplos de mayor importancia han sido los grandes estudios que se han desarrollado en Perú, sobre el comportamiento de los materiales de tierra en áreas sísmicas y la creación de normas para la construcción con estos materiales en estas zonas, los cuales se encuentran integrados en el estado del arte; con ello se ha desarrollado un cambio en la perspectiva social sobre estos materiales, debido a que antes era imposible pensar construir con tierra en zonas costeras o en zonas con una gran cantidad de precipitación pluvial, pero hoy en día gracias a estos estudios se ha podido determinar las características constructivas que debemos cumplir para utilizar materiales de tierra en dicho tipo de zonas.

### **Patrimonio tangible de la arquitectura de tierra.**

La arquitectura de tierra se extiende por regiones de climas y culturas muy diversas. El material tierra se adapta a las diferentes regiones gracias a una gran

diversidad de técnicas para su puesta en obra y a los conocimientos prácticos que poseen y transmiten las diferentes sociedades que construyen con ella.

Podemos encontrar conjuntos históricos, monumentos, centros urbanos, templos o paisajes culturales en los que la arquitectura de tierra es protagonista. Para dar muestra de ello existen hasta 150 bienes construidos total o parcialmente con tierra inscritos en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). Estos bienes se encuentran repartidos en continentes tan diversos como Europa, África, América o Asia (figura 1) (Grendau, D & Delboy, L. 2012).

### Figura 1.

*Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo.*



*Nota:* Fuente CRAterre-ENSAG (2012).

La arquitectura popular está construida con los materiales disponibles en cada lugar. Allá donde había piedra se construía con piedra, donde había madera se utilizaba ésta y donde había tierra con ella se levantaban los edificios. En muchos pueblos y ciudades existen una gran cantidad de edificios construidos con adobes, tapial o estructura de madera con relleno de tierra.

En gran cantidad de pueblos la mayor parte de los edificios construidos hasta la época de la industrialización y la mecanización del campo en los años 50 y 60 del



siglo pasado, están hechos de tierra. Viviendas más o menos modestas y edificios para usos relacionados con el trabajo en el campo se construían con la tierra disponible en las cercanías de los pueblos.

CRAterre (Centro Internacional de Arquitectura de Tierra) es un laboratorio de investigación sobre arquitectura de tierra fundado en 1979. Con sede en la Escuela Superior Nacional de Arquitectura en Grenoble, Francia, ha reunido un equipo multidisciplinario de investigadores, profesionales, profesores y formadores para trabajar en la difusión del conocimiento sobre técnicas de construcción de tierra cruda en Francia y en todo el mundo.

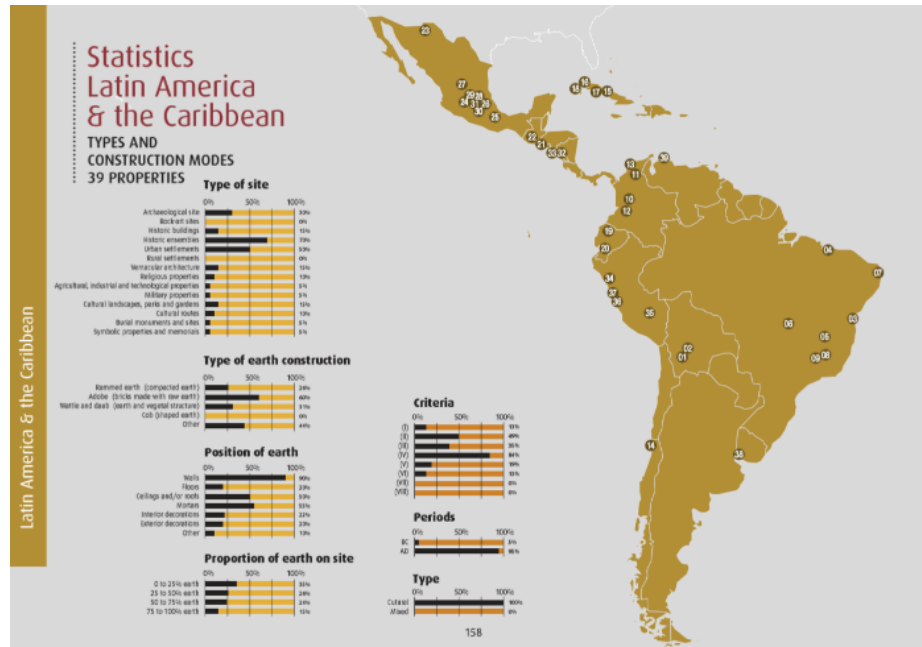
### **América Latina.**

Al igual que en el mundo en la región de Latino América y el Caribe existe una gran cantidad de sitios con arquitectura de tierra establecidos como patrimonio mundial por la UNESCO (figura 2), dentro de esta forma de arquitectura se tiene la presencia de los siguientes tipos de sistemas constructivos:

- Adobe (Ladrillos hechos con tierra cruda) están presentes en el 60% de las construcciones.
- Tapial (tierra apisonada) se encuentra presente en el 26% de las construcciones.

Figura 2.

Zonas con presencia de arquitectura de tierra en el mundo.



Nota: Fuente CRATerre-ENSAG (2012).

La riqueza de arquitectura de tierra en el continente es amplia, debido a que a lo largo del territorio americano se desarrollaron diversas culturas prehispánicas que desarrollaron sus centros poblacionales y de culto, utilizando técnicas rudimentarias y los materiales naturales existentes en la zona, desarrollándose la de arquitectura tierra como una de las principales formas de construcción, debido a la facilidad de trabajo, disponibilidad y propiedades del material principal que es la tierra.

### México.

En el país es común encontrarse con sistemas constructivos a base de tierra o materiales naturales, la mayoría de estas construcciones las podemos observar dentro de las áreas patrimoniales de los centros de población urbanos y rurales, principalmente en las iglesias y casa habitación, las cuales datan de la época del virreinato en la que se usaban dichas técnicas constructivas.





El patrimonio y riqueza arquitectónica de nuestro país en este tipo de construcciones es intangible puesto que no se tiene identificado con exactitud la cantidad de obras realizadas; sin embargo, dentro del patrimonio tangible de la arquitectura de tierra nacional, la UNESCO tiene catalogadas algunas construcciones, dentro de nuestro país.

México aporta a la región 9 centros establecidos como patrimonio mundial de arquitectura de tierra, lo que representa un 23% de aporte de México a la región de América Latina y el Caribe; los patrimonios registrados por parte de nuestro país son:

- Zona arqueológica de Paquimé, Casas Grandes.
- Centro histórico de Morelia.
- Centro histórico de Oaxaca y el sitio arqueológico de Monte Albán.
- Centro histórico de Puebla.
- Centro histórico de Zacatecas.
- Zona de monumentos históricos de Querétaro.
- Centro histórico de Guanajuato y sus minas adyacentes.
- Ciudad prehispánica de Teotihuacán.
- Centro de protección de San Miguel y el santuario de Jesús Nazareno.

Con esta información podemos deducir directamente que este sistema constructivo tiene gran importancia en nuestro país, además de notar una pérdida gradual de dicho patrimonio; por ello la necesidad de estudiar las construcciones de adobe, pues aún representan una importante fuente de vivienda para nuestro país.

Aunado a la desaparición constante de patrimonio de arquitectura de tierra, se tiene la problemática evidente de que las tendencias actuales de construcción en la República Mexicana, se están realizando con materiales industrializados, gracias a la globalización de los mismos, se tiene la introducción de nuevos materiales han



sido de tecnología extranjeros que no tienen nada que ver con nuestras costumbres, nuestro entorno social y nuestro medio ambiente; por lo que se siguen construyendo edificaciones con materiales que no responden en nada a las condicionantes del contexto donde están emplazadas y que muy poco abonan a la riqueza cultural de México.

La utilización de los diversos materiales de construcción empleados en las viviendas mexicanas, específicamente para la construcción de muros, de acuerdo a los resultados del XII Censo General de población y vivienda, 2000 (tabla 1), realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000), se componen de la siguiente manera:

**Tabla 1.**

*Viviendas en México por material de construcción de sus muros.*

No.	TIPO DE MATERIAL USADO EN MUROS	CANT. DE VIVIENDAS
1	Materiales de desechos	52,989.00
2	Lámina de cartón	157,200.00
3	Lámina de asbesto y metal	147,250.00
4	Carrizo, bambú y palma	207,532.00
5	Embarro y bajareque	292,612.00
6	Madera	1'436,353.00
7	Adobe	2'135,694.00
8	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento y concreto	16'968,348.00
9	No especificado	115,255.00
	Número total de viviendas en la República Mexicana	21'513,235.00

*Nota:* Fuente: INEGI (2000).

Como se puede mostrar en la tabla 1, los materiales predominantes en la construcción de muros en México son el tabique, ladrillo, piedra, cantera, cemento y concreto; con un total de 16,968,348 viviendas, que representan el 79% del total de viviendas; mientras que las construcciones de muros a base de adobe se tienen un 10% que representa 2,135,694 viviendas, con esta información se puede deducir directamente que este sistema constructivo tiene gran importancia en nuestro país, además de notar una pérdida gradual de dicho patrimonio debido a los daños que sufren por las condiciones del contexto donde se ubican y también por el auge que están teniendo las construcciones con materiales industrializados globalmente; por



ello la necesidad de estudiar las construcciones de adobe, pues aún representan una importante fuente de vivienda para nuestro país.

Con todo lo analizado hasta el momento, se puede afirmar que en América Latina y en México la técnica más representativa y usada en la mayor parte de las construcciones antiguas, así como en las construcciones catalogadas por la UNESCO como patrimonio mundial, es la construcción con tierra a base de bloques de Adobe, además de la cantidad de viviendas que utilizan dicha técnica y que es importante mantener y restaurar, por lo que esta propuesta se plantea como alternativa para un mejoramiento del adobe, por medio de la implementación de nuevos agregados, de acuerdo a los materiales existentes que se adecuan al contexto de las zonas costeras.

## 2.2 DOCUMENTACIÓN EXISTENTE.

Como ya se ha mencionado, la mampostería a base de bloques de adobe tiene una importante presencia a nivel mundial, desarrollándose en las distintas regiones y culturas, dicho desarrollo no ha terminado ahí ya que mucha de los conocimientos de este tipo de patrimonio arquitectónico eran empíricos y han ido perdiéndose con el paso del tiempo, por lo que en la actualidad se siguen implementando distintas variables de las mezclas del adobe tradicional, con la finalidad de tratar de conocer mejor su comportamiento ante distintitos factores ambientales y de esfuerzos, creándose un amplio abanico de posibilidades de las cuales ya se han analizado algunas de ellas, desarrollándose tesis de pregrado, grado y posgrado, artículos de investigación e incluso normatividad aplicable a este tipo de construcción con tierra cruda.

En España se desarrolló una investigación de tesis de maestría realizada en el año 2011, que lleva por nombre “Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal” (Amorós, 2011), en la cual se emplean las mezclas del adobe con agregado de un alga marina (*GELIDIUM Sesquipedale*) la cual se integra como el elemento aglomerante y estructurante de la mezcla; este vegetal orgánico se propone ya que es un desecho de la zona que



se genera del proceso de extracción del agar-agar proveniente del sector industrial del país; dentro de los resultados que se obtuvieron esta que este agregado en la mezcla del adobe reduce hasta en un 20% la flexión del material y un 5% para el caso de los esfuerzos de compresión.

Para el caso del continente americano existen distintas investigaciones que se han realizado en los últimos años, con una gran variedad de variantes y agregados que van desde fluidos y fibras tanto vegetales como provenientes de un proceso industrializado, las cuales se han desarrollado en la región de Latinoamérica, específicamente en los países de Ecuador, Perú y México.

Uno de los países en el que se ha desarrollado una mayor investigación referente al estudio e innovación de la mezcla del adobe, ha sido Perú en el cual en el año 2017 se realizó una investigación de tesis de licenciatura llamada “Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho” (Quiape, 2017), en dicha localidad peruana se origina esta investigación debido a que la mayor parte de las viviendas de la zona cuentan con el sistema de mampostería de adobe, sin embargo se notó que dicho sistema presentó problemas en relación con la resistencia; por lo cual se propuso agregar a la mezcla el Tereftalato de polietileno (PET) triturado, este último material se agregó en cinco distintos porcentajes de integración que va del 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 % en peso del PET triturado, obteniendo una resistencia máxima de 14.24 kg/cm<sup>2</sup> por unidad, en el mejor de los casos.

En el año 2019 se llevaron a cabo tres investigaciones, la primera investigación de tesis de licenciatura lleva por nombre “Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cáscara de huevo y cáscara de arroz” (Valverde, 2019), con el principal objetivo de determinar la resistencia a la compresión del adobe con las proporciones de agregados indicadas en el título de la investigación; el estudio de compresión se realizó a los 10, 20 y 30 días de edad de las probetas, obteniendo resultados a los 10 días de secado bajo sombra, los



adobes experimentales lograron alcanzar una resistencia promedio de 11.24 kg/cm<sup>2</sup>, los cuales no superaron al promedio de la resistencia a la compresión del adobe patrón que alcanzo 13.61 kg/cm<sup>2</sup>. A los 20 días de secado bajo sombra la resistencia a la compresión alcanzaron una resistencia promedio de 13.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las unidades de adobe patrón que alcanzaron 15.77 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 30 días de secado bajo sombra no se logra superar el promedio de resistencia a la compresión del adobe patrón el cual alcanzo 16.24 kg/cm<sup>2</sup>, ya que se obtiene una resistencia promedio de 15.27 kg/cm<sup>2</sup> por parte de los adobes experimentales; esto deja establecido que, a mayor concentración de óxido de silicio, la resistencia que adquiere se desarrolla a mayor periodo de secado.

La segunda investigación llamada “Efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) de estiércol de caballo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe” (Ortíz, 2019), cuyo objetivo era determinar los efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (determinados según el volumen del adobe), de estiércol de caballo, en la resistencia a la compresión y flexión del adobe.; como resultado de dichas pruebas se obtuvo que el adobe con incorporación de estiércol de caballo disminuyó en 46.82 % su resistencia a la compresión, y un 27.17 % en la flexión.

Por último, la investigación de tesis de licenciatura llamada “Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú” (Tello & Nieto, 2019), en la cual se aborda la estabilización del adobe a través de la utilización de mucílago de penca de tuna con el fin de mejorar sus propiedades físicas como material de construcción. Los resultados obtenidos reflejaron que esta nueva estabilización presenta mejores resultados que el adobe convencional, obteniendo para compresión hasta 25.2 kg/cm<sup>2</sup>, en flexión 17.61 kg/cm<sup>2</sup>, en absorción 11.43%, en inmersión se clasificó con daños leves y en la prueba de chorro de agua con 4.89 mm de profundidad de penetración.



Por su parte en Ecuador en el año 2017 se llevó a cabo una investigación de tesis de licenciatura llamada “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” (Llumitasing & Siza, 2017), en la que se evalúa la resistencia de adobes elaborados con arcilla extraída en una comunidad en Ecuador, con distintos materiales agregados como son paja, estiércol de vaca, savia de penca de tuna y sangre de toro, los cuales dieron un total de 10 combinaciones distintas entre ellos; una vez realizadas las pruebas de compresión, quedó como la mejor mezcla la que se elaboró con barro más la adición de estabilizadores como sangre de toro y estiércol de vaca.

En cuanto a México se desarrollan dos investigaciones en el área del adobe, la primera realizada en el año 2017 la cual lleva por nombre “Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales” (García, 2017), teniendo como principal objetivo mejorar las condiciones del adobe ante los agentes de la intemperie y su capacidad de carga, para lo cual se realizan distintos agregados naturales para disminuir la permeabilidad y mejorar sus propiedades mecánicas, los cuales son suelo combinado con jugo de hoja de plátano, hoja de plátano, engrudo de trigo, resina de pino, excremento de burro, excremento de burro y resina de pino; obteniendo como resultado que las muestras que tardaron mayor tiempo en desintegrarse en agua y que tuvieron mayor resistencia a la compresión fueron las de suelo con 15% de resina de pino y las de 15% de resina de pino con excremento de burro, las pruebas de los ensayos indicaron que su impermeabilidad aumentó, al bajar a 18.95% la absorción de agua, incluyendo su resistencia a compresión que fue de 5.88 MPa, mientras que su resistencia a flexión se mantuvo casi igual a la presentada en los adobes sin resina 0.838 MPa y 0.840 MPa respectivamente (tabla 2).

**Tabla 2.**Equivalencia entre MPa y kg/cm<sup>2</sup>.

EQUIVALENCIA	
MPa	Kg/cm2
1.00	10.20

*Nota:* Elaboración propia, fuente Convert-me.com (2021).

La otra investigación se trata de una tesis de maestría desarrollada en el año 2019, llamada “Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “*Angustifolia haw*”. estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María la Asunción, Zumpahuacán, Estado de México” (Ruíz, 2019), pudiéndose observar que las ventajas del adobe tradicional contra el adobe conformado con bagazo de agave, son principalmente que los recursos para su elaboración se encuentran a la mano del agricultor o maestro mezcalillero y su utilización puede detonar la autoconstrucción; además de que la integración de esta fibra en la mezcla le aporta propiedades mecánicas a los adobes aptas para la construcción de viviendas.

Todo lo observado en el apartado anterior con respecto a las tesis encontradas en cuanto al tema del adobe y las modificaciones propuestas y analizadas en sus mezclas, se encuentra concentrado en la tabla 3, donde se especifica el lugar, nombre, materiales y los esfuerzos alcanzados ante la compresión en cada una:

**Tabla 3.***Tesis de investigación de mezclas de adobe.*

TESIS				
PAÍS	AÑO	NOMBRE	MATERIALES	COMPRESIÓN
España	2011	Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal	Alga marina	Reducción del 5% de la resistencia.





Perú	2017	Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho	Tereftalato de polietileno (PET) triturado	14.24 kg/cm <sup>2</sup>
	2019	Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cáscara de huevo y cáscara de arroz	cáscara de huevo y cáscara de arroz	15.27 kg/cm <sup>2</sup>
		Efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) de estiércol de caballo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe	Estiércol de caballo	Reducción del 46.82% de su resistencia.
		Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú	Mucílago de penca de tuna	25.2 kg/cm <sup>2</sup>
Ecuador	2017	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	Paja, estiércol de vaca, savia de penca de tuna y sangre de toro.	La mejor combinación fue la de estiércol con sangre de toro.



México	2017	Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales	Jugo de hoja de plátano, hoja de plátano, engrudo de trigo, resina de pino, excremento de burro, excremento de burro y resina de pino	59.97 kg/cm <sup>2</sup>
	2019	Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “Angustifolia haw”. estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María la Asunción, Zumpahuacán, Estado de México	Bagazo de agave	Esta fibra hace factible su fabricación.

Nota: Fuente propia del autor (2021).

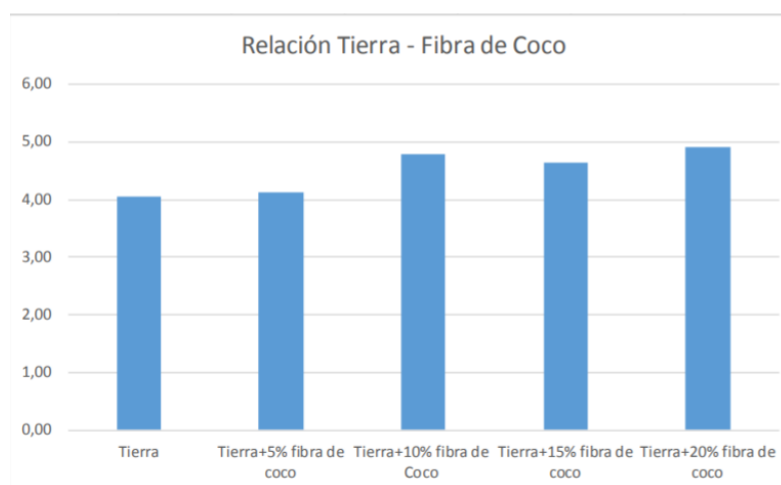
Para el ámbito de construcción con tierra cruda a base de bloques de adobe, existen distintos artículos de investigación y ponencias en congresos o seminarios, cuyos documentos se encuentran publicados en distintas fuentes de información, las cuales se pueden clasificar en dos categorías: Sitios oficiales de universidades y Revistas digitales.

Dentro de las primeras se encuentra la Universidad Católica de El Salvador, El Salvador; quien publicó un artículo llamado “La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán” (Quinteño, 2015), este artículo se presenta como una solución de vivienda de autoconstrucción a bajo costo de producción, para ello se realizó un estudio de los distintos tipos de suelos a fin de establecer cuál era el de mejores cualidades para su estabilización con cal, misma que se manejó en distintos porcentajes de integración; al someter los adobes a la prueba de resistencia a la compresión, los

resultados obtenidos demuestran que sí existe un incremento de resistencia al agregar cal al adobe, estableciéndose que el tipo de suelo CL (arcilla inorgánica) es el que mejor se comporta, ya que con un porcentaje de cal del 7% obtuvo una resistencia a la compresión de 13.31 kg/cm<sup>2</sup>.

La Universidad Central del Ecuador, con su artículo “Estudio de estabilizadores en el adobe” (Paredes & De la Cruz, 2017), desarrollado por medio del empleo de dos tipos de tierra llamadas cangahua y arcilla con la inclusión de diversos materiales con el objetivo de mejorar su resistencia a la compresión, dentro de los aglomerantes naturales se destacan la paja de páramo, la cáscara de arroz, la fibra de cáscara de coco y como aglomerante artificial el catalizador llamado Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC), desecho generado en el proceso en la Refinería Esmeraldas, que está compuesto de base silicoaluminosa y estructura zeolítica, integrándose en dosificaciones del 5, 10, 15 y 20% tanto con cangahua, como con arcilla, lo que determinó la nueva resistencia de los adobes. De acuerdo a los resultados obtenidos evidencian que: la muestra de cangahua en un 80% más el 20 % de fibra de cáscara de coco dando como resultado 4,9 MPa o 49.98 kg/cm<sup>2</sup> (figura 3), sobrepasando la resistencia del bloque hueco tipo B que y la resistencia del ladrillo tipo E que obtuvieron 4 MPa.

**Figura 3.**  
*Resultados a la compresión.*



*Nota:* Fuente Ing. Freddy Paredes A.- Arq. Gloria De La Cruz A (2017).



Dentro de las distintas revistas digitales que han publicado artículos referentes al tema del adobe, se tiene la revista Materiales y estructuras, con su publicación “Bloques de tierra estabilizados por estiércol de vaca” (Ounoussa, et al, 2016), este artículo busca dar una solución alternativa de materiales ecológicos de autoconstrucción aplicable en países en desarrollo, así su principal objetivo es el de bajar los costes de producción, aumentar las características de resistencia a compresión, flexión y al agua de los bloques, así como mejorar su comportamiento térmico para elevar el confort del interior de los espacios. Observándose que la adición de estiércol de vaca reacciona con la caolinita y el cuarzo fino para producir una amina de silicato insoluble, que pega las partículas aisladas del suelo, de igual manera dichas fibras evitan la aparición y propagación de grietas en los bloques de adobe; notándose que el efecto principal de las adiciones de estiércol de vaca es una mejora significativa en la resistencia al agua del adobe, lo que lleva a la conclusión de que los adobes estabilizados con estiércol de vaca son alternativa viable como materiales de construcción en climas húmedos.

Por su parte la revista The 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Innovation in Education and Inclusion”, publicó “Efecto del extracto de cabuya en la resistencia al agua del bloque de adobe para edificación” (Benites & Ruíz, 2018), esta investigación se enfoca en el uso del extracto de Cabuya (*Furcraea andina*) como estabilizador del adobe tradicional frente a la acción del agua, para esto se evalúa su resistencia ante el agua por medio de la prueba del chorro de agua y el ensayo de inmersión. Este polímero vegetal mejora las propiedades del adobe de resistencia al agua al actuar como un aglutinante que reduce a casi cero el efecto de daño por inmersión y a la acción del chorro de agua en el adobe, además tiene efecto sobre las propiedades mecánicas ya que se refleja como un incremento significativo en la resistencia a la flexión de las unidades, siendo menor su efecto en la resistencia a la compresión simple, aunque también positivo.

El International Journal of Materials Engineering 2018, en su publicación “Ladrillos de adobe para suelo y cemento reforzados con material reciclado de fibras

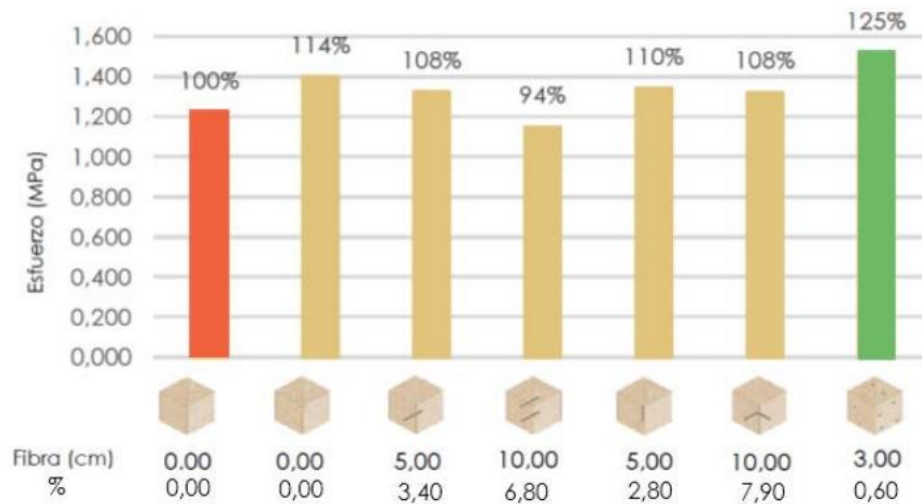


de papel Kraft” (Oliveira, et al, 2018), expone que esta investigación se basa en darle un uso a los desechos de papel Kraft que genera la industria de la construcción, ya que este tipo de papel se emplea en el embalaje de los bultos de cemento, cal, etc. Por lo que se busca la elaboración de bloques de adobe basados en suelo-cemento reforzado con fibras de celulosa. La composición de las probetas se realizó con cemento Portland al 7% contenido y con 0%, 8%, 10% y 12% de adición de fibra de papel Kraft; sometiéndose a pruebas de resistencia a la compresión, de absorción, humectación, secado y retracción. Obteniendo como resultados una retracción nula, aumento a la resistencia a la compresión y mejor durabilidad de los adobes.

Dentro del 18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, Guatemala, se contempló la publicación de “Comparación de la capacidad resistente de adobes y adobes reforzados con fibra de vidrio” (Cárdenas & Ayala, 2018), investigación en la que se desarrolla una comparativa entre adobes tradicionales y adobes reforzados internamente con varillas de fibra de vidrio, esto se realizó mediante la selección de una adobera local la cual proveyó del todo el material para la elaboración de las probetas; los estudios realizados fueron: compresión de probetas, flexión de probetas, pilas de adobes a compresión y muros de adobes a compresión diagonal. Los resultados obtenidos muestran que los adobes con inclusión de fibra de vidrio son: 25% más resistentes a compresión alcanzando un máximo de  $15.3 \text{ kg/cm}^2$  (figura 4), tienen un 514% más capacidad a flexión, son 30% más resistentes las pilas de adobes a compresión y son un 68 % más resistentes los muros de adobes a compresión diagonal, sin embargo es necesario indicar que este tipo de materiales no son fáciles de encontrar y además costosos, lo que limita la aplicación de ellos sobre todo en comunidades marginadas que buscan alternativas de autoconstrucción.

**Figura 4.**

*Ensayos a compresión con fibra de vidrio.*



*Nota:* Fuente SIACOT (2018).

Por su parte en el XIV Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras, CINPAR 2019, se publicó “Bloques de adobe reforzados transversalmente con plástico de botellas recicladas” (Araya, et al, 2019), artículo de investigación que surge como una propuesta de mejora del adobe en sus características de comportamiento ante compresión y baja resistencia ante el agua, de manera conjunta con las grandes cantidades de botellas plásticas de tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés) generadas por el sector industrial a nivel mundial; por tanto se propone la creación de nuevo bloque de adobe reforzado transversalmente con un encamisado en base de bidones plásticos PET reciclados, lo que mejora sus propiedades mecánicas y de durabilidad del bloque.

Arquitectura +, revista digital publicó “Estabilización de adobes con fibras de bambú. caso de estudio: proyecto de construcción de viviendas de interés social en el barrio “El Pantanal”, Granada, Nicaragua” (Moreno & García, 2019), investigación realizada con la adición de fibras de bambú en las mezclas del adobe tradicional, las cuales son una materia prima existente en la zona y son obtenidas mediante procesos manuales sencillos (figura 5); esta investigación se enfocó pruebas de compresión simple, de las cuales se lograron tener resultados favorables ya que se



lograba mejorar la capacidad a la compresión, la cual dio como mejor resultado un  $15.62 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura 5.**

*Extracción de fibras de bambú.*



*Nota:* Fuente Arquitectura + (2019).

El artículo “Comportamiento físico, mecánico y térmico de adobe estabilizado con lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales” (Gandía, et al, 2019), publicado por Engenharia Agrícola, se centra en la utilización del lodo que se genera mediante el proceso de tratado de aguas residuales, con la finalidad de darles un uso, por lo que se propone como agregado en el adobe, para analizar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas; para ello este material se integró bajo las siguientes concentraciones de lodos en masa: 0, 1, 3, 5 y 7%. Como resultados se logra observar que, con el aumento de la concentración de lodos, hubo un aumento de la capilaridad y una disminución de la masa, la absorción de agua se limitó al 3% de los lodos y hubo un aumento en la densidad aparente; mientras que la contracción lineal, la conductividad térmica y la resistencia a la compresión no se vieron afectadas.

En otra de sus publicaciones se tiene “Comportamiento físico, mecánico y térmico del adobe estabilizado con saliva sintética de termitas” (Gandia, et al, 2019),



investigación en la que se propone como estabilizador del adobe La “saliva sintética de termitas” (STS) material con alto poder cohesivo e hidrofóbico, el cual se manejó en cinco tratamientos: 0.1; 0.2; 0.4 y 0.8% de STS en masa; para evaluar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas, se realizaron las pruebas de densidad aparente, la contracción lineal, la capilaridad, la absorción de agua, la conductividad térmica y la resistencia a la compresión. Obteniéndose como resultados que la contracción lineal disminuye de 2.7 a 1.91 cm con 0.4% de STS, en el caso de la capilaridad disminuye con las cantidades crecientes de STS, para el caso de la absorción de agua se tiene una disminución del 12.03 al 6.31% usando STS al 0.4%, la conductividad térmica no mostró ninguna alteración, mientras que la resistencia a la compresión disminuyó, aunque aún es aceptable dentro de los estándares de la norma NTE E.080.

La revista *Matéria*, incluye dentro de sus publicaciones “Similitudes mecánicas y de daño de bloques de adobe reforzados con fibras naturales e industriales” (Concha, et al, 2020), investigación en la que se analizan el comportamiento del adobe con tres distintos tipos de fibras como agregado, las cuales son de origen vegetal (Yute), origen animal (pelo de cerdo) y por último origen sintético (micro polipropileno); lográndose obtener que todas las fibras reducen el agrietamiento por contracción de los revoques de adobe en al menos un 50% con respecto al adobe simple, mientras que los valores de resistencia a la compresión y a la flexión no aumentaron ni disminuyeron con la adición de fibras ninguna de las fibras.

Por último, encontramos el artículo “Propiedades mecánicas y termo-físicas de los ladrillos de tierra cruda que incorporan desechos de palmera datilera” (Khoudja, et al, 2020), publicado por la revista *Materiales de construcción y construcción*, el cual tiene como objetivo principal la explotación de materiales vegetales de desecho que este caso serían los desperdicios de palmera datilera (DPW), para conformar ladrillos de tierra cruda estabilizados con cal; las mezclas se proponen con los siguientes porcentajes de integración: 0, 2, 4, 6, 8 y 10% en peso, para evaluar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas; Los resultados



obtenidos muestran una mejora en el aislamiento térmico, con una conductividad térmica que pasó de 0.677 W/m-K, para probetas sin desperdicio de palmera datilera (DPW), a 0.342 W/m-K para aquellas que contienen 10% de DPW; mientras que ante la compresión se ve una disminución, sin embargo se encuentra dentro del mínimo requerido por los estándares de construcción de tierra.

En la tabla 4 se presenta el concentrado de los artículos analizados con la finalidad de resaltar los aspectos más importantes y presentarlos de manera gráfica que permita una mejor comprensión de los mismos.

**Tabla 4.**

Artículos de universidades y revistas sobre adobe.

ARTÍCULOS			
PUBLICA	NOMBRE	MATERIALES	COMPRESIÓN
Universidad Católica de El Salvador	La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán.	Cal	13.31 kg/cm <sup>2</sup>
Universidad Central del Ecuador	Estudio de estabilizadores en el adobe.	Paja de páramo, cáscara de arroz, fibra de cáscara de coco y catalizador.	49.98 kg/cm <sup>2</sup>
Materiales y estructuras	Bloques de tierra estabilizados por estiércol de vaca	Estiércol de vaca	No mejora su capacidad



<p>The 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Innovation in Education and Inclusion”</p>	<p>Efecto del extracto de cabuya en la resistencia al agua del bloque de adobe para edificación</p>	<p>Extracto de Cabuya</p>	<p>Aumenta poco la resistencia</p>
<p>International Journal of Materials Engineering 2018</p>	<p>Ladrillos de adobe para suelo y cemento reforzados con material reciclado fibras de papel Kraft.</p>	<p>Papel Craft</p>	<p>Aumenta la resistencia</p>
<p>18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, Guatemala</p>	<p>Comparación de la capacidad resistente de adobes y adobes reforzados con fibra de vidrio.</p>	<p>Fibra de vidrio</p>	<p>15.3 kg/cm<sup>2</sup>.</p>
<p>XIV Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras, CINPAR 2019</p>	<p>Bloques de adobe reforzados transversalmente con plástico de botellas recicladas</p>	<p>Tereftalato de polietileno</p>	<p>Mejora su resistencia</p>
<p>Arquitectura +</p>	<p>Estabilización de adobes con fibras de bambú. caso de estudio: proyecto de construcción de viviendas de interés social en el barrio “El Pantanal”, Granada, Nicaragua</p>	<p>fibras de bambú</p>	<p>15.62 kg/cm<sup>2</sup></p>



Engharia Agrícola	Comportamiento físico, mecánico y térmico de adobe estabilizado con lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales.	Lodo de aguas residuales.	No se presentan cambios
	Comportamiento físico, mecánico y térmico del adobe estabilizado con saliva sintética de termitas.	“saliva sintética de termitas” (STS)	Disminuye
Matéria	Similitudes mecánicas y de daño de bloques de adobe reforzados con fibras naturales e industriales	Yute, pelo de cerdo y micro polipropileno	No presentó cambios
Materiales de construcción y construcción	Propiedades mecánicas y termo-físicas de los ladrillos de tierra cruda que incorporan desechos de palmera datilera.	Palmera datilera (DPW)	Disminuye

Nota: Fuente: propia del autor (2021).

## 2.3 NORMATIVIDAD.

Existen diferentes normatividades para el uso de la tierra cruda a nivel internacional; destacando los países de Perú, Nueva Zelanda y España (tabla 5), estas contienen distintas formas de utilización como son adobe, tapial, BTC (Bloque de Tierra Comprimida) y tierra vertida.

Tabla 5.

Normatividad internacional para construcción con tierra.

NORMATIVIDAD INTERNACIONAL			
PAIS	NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
Nueva Zelanda	NZS 4297	Diseño de ingeniería de edificios de tierra.	20/02/2020
	NZS 4298	Materiales y construcción para edificios de tierra.	20/02/2020
	NZS 4299	Edificios de tierra que no requieren un diseño de ingeniería específico.	20/02/2020
	<b>OBJETIVO</b>		
	<p>Proporcionar un recurso central para las autoridades de consentimiento de construcción que determinan el cumplimiento del Código de construcción de Nueva Zelanda (NZBC) y ha brindado orientación a diseñadores, constructores, propietarios-constructores y otras personas involucradas en la construcción de edificios exitosos con paredes de tierra en Nueva Zelanda, y en otras partes del mundo. La construcción con paredes de tierra sigue siendo relevante en un momento en que la sostenibilidad y la descarbonización del entorno construido están bajo escrutinio. Los materiales de tierra se procesan mínimamente, tienen baja toxicidad y están disponibles localmente (Standards New Zealand, Ministerio de Empresa, Innovación y Empleo, 1998).</p>		
Perú	<b>NORMA</b>	<b>TEMA</b>	<b>PUBLICACIÓN</b>
	NTE E 080	Diseño y construcción con tierra reforzada (adobes).	2017
	<b>OBJETIVOS</b>		



Establecer requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada.

Conferir seguridad sísmica a la construcción de edificaciones de tierra reforzada, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado.

Conceder durabilidad a las edificaciones de tierra reforzada frente a los fenómenos naturales y antrópicos.

Promover las características de la construcción de edificaciones de tierra reforzada, su accesibilidad, bajo costo, virtudes ecológicas y medio ambientales, bajo consumo energético aislamiento térmico y acústico, sus formas tradicionales y texturas rústicas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Gobierno de Perú, 2017).

NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NTP 331.201:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Requisitos).	Revisada el 2017

**OBJETIVO**

La presente Norma Técnica Peruana establece las definiciones, condiciones generales y requisitos de los adobes de suelo estabilizado con asfalto RC-250 que se utilizan en la construcción de muros (INACAL, 2017).

NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NTP 331.202:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Métodos de ensayo).	Revisada el 2017

**OBJETIVO**

La presente Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, resistencia a la compresión, el módulo de rotura, el desgaste por humedecido



	y secado y el contenido de humedad de los adobes estabilizados con asfalto RC-250 que se utilizan para la construcción de muros (INACAL, 2017).		
	<b>NORMA</b>	<b>TEMA</b>	<b>PUBLICACIÓN</b>
	NTP 331.203:1979	Adobe estabilizado con asfalto para muros (Muestreo y recepción).	Revisada el 2017
	<b>OBJETIVO</b>		
	La presente Norma Técnica Peruana establece el muestreo y recepción de los adobes estabilizados con asfalto, que se utilizan en la construcción de muros (INACAL, 2017).		
España	<b>NORMA</b>	<b>TEMA</b>	<b>PUBLICACIÓN</b>
	NormaUNE 41410	AENOR: Bloques de tierra comprimida (BTC) para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.	2008
	<b>OBJETIVO</b>		
	Permite el uso de cemento/cal/yeso como estabilizantes o aditivos en un porcentaje de la masa en seco menor o igual al 15%, así mismo el contenido en arcilla de la propia tierra tiene que ser mayor al 10% (AENOR, 2008).		

Nota: Fuente: Propia del autor (2021).

De lo observado en las diferentes normatividades internacionales, se destaca que en la normatividad Peruana se contempla una legislación con mayor diversidad de consideraciones como el reforzamiento de la mezcla de tierra por medio de la integración de aglutinantes químicos como el asfalto y naturales como fibras, mientras que en la de Nueva Zelanda se presenta una trilogía donde, primero se exponen las características que deben de cumplir la materia prima, después los



aspectos que deberán cumplir los diseños que requieren ingeniería estructural y por último aquellos diseños que no requieren de dicha ingeniería; en el caso de España se norman los materiales agregados posibles para mejorar en los BTC su grado de aglutinamiento, especificando diseño, elaboración y ensayos de los mismos.

En México el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) que es el encargado de la acreditación y certificación de las normas técnicas complementarias (tabla 6), tiene un catálogo de normas mexicanas comprendido por 326 normas, divididas en diferentes áreas de estudio, la siguiente gráfica muestra las normas técnicas complementarias existentes para el caso de elementos de mampostería, dicha norma no contempla elementos de tierra cruda.

**Tabla 6.**

*Normatividad nacional para mampostería.*

NORMATIVIDAD MEXICANA		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN
NMX-C-036-0NNCCE-2013	Industria de la Construcción – Mampostería – Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines – Método de ensayo.	03/07/2013
OBJETIVO		
Esta norma establece método para determinar la resistencia a la compresión de las piezas, a través de su ensayo con una máquina de tipo a compresión o universal. Esta norma especifica el material auxiliar y el equipo a utilizar, la forma de preparar y acondicionar las muestras, las condiciones ambientales y el procedimiento del ensayo; y el cálculo y expresión de resultados (Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal, 2008).		
NORMA	TEMA	PUBLICACIÓN



<p>NMX-C-404-ONNCCE-2012</p>	<p>Industria de la Construcción – Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de ensayo.</p>	<p>13/12/2012</p>
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Esta norma mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la contracción por secado. Esta norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones de concreto, bajo condiciones específicas de secado. Este método de ensayo no aplica para bloques, tabiques o ladrillos de arcilla cocida debido a que en este material no se presenta contracción por secado superior al límite especificado en la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE.</p>		
<b>NORMA</b>	<b>TEMA</b>	<b>PUBLICACIÓN</b>
<p>NMX-C-441-ONNCCE-2013</p>	<p>Industria de la construcción – Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural – Especificaciones y métodos de ensayo.</p>	<p>31/01/2014</p>
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Esta norma establece la clasificación de las piezas conforme a sus dimensiones y material; especifica el área neta mínima, las dimensiones y tolerancias, la resistencia a la compresión, la absorción inicial y absorción total de agua de acuerdo con su clasificación; y establece los métodos de ensayo para evaluar estas propiedades (Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal, 2008).</p>		

*Nota:* Fuente: Propia del autor (2021).

Se observó que dentro de la normatividad nacional mexicana destacan tres normas para elementos de mampostería, como: bloques, tabiques, tabicones y adoquines, la primera se refiere a la resistencia a la compresión, la segunda a su uso en mampostería estructural y la tercera para uso no estructural; como se





observa la mayoría de los productos utilizados requieren de un proceso de fabricación semi-industrializado o industrializado. Dentro de su composición físico-química, se integran principalmente por materiales aglutinantes como: arcillas, cal, cemento; y aglomerantes como: tierra, arenas, grava, etc.

Teniendo en cuenta la carencia de legislación existente para el tema de la construcción de tierra cruda en México, se realizó una publicación de un artículo de investigación que lleva por nombre "Propuesta de normatividad aplicada a la construcción de tierra cruda en México", en la revista Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital, volumen 13- numero 2, abril-junio 2021 (Magaña, Moreno & Navarro, 2021); donde se realiza a manera de propuesta los lineamientos a considerarse para la arquitectura de tierra cruda en base a las legislaciones internacionales.



### 3. METODOLOGÍA APLICADA

#### 3.1 ENFOQUE Y TIPO DE ESTUDIO.

La presente investigación se considera de carácter cuantitativo, debido a que cada una de las variables de los distintos materiales empleados, se integró de manera específica a la mezcla por medio de porcentajes de integración determinados a través de un diseño experimental para la dosificación de las muestras, generando con ello las distintas mezclas, de las cuales se obtuvieron resultados para cada una de las pruebas realizadas, mismos que se analizaron para llegar a la comprensión de dichos valores, para la determinación de las conclusiones correspondientes.

El proyecto contempló los siguientes tipos de investigación: analítica, porque se desmembró la mezcla en sus partes o elementos; documental, pues se recopiló la información más actualizada referente al tema de estudio; y experimental, porque se tiene una manipulación de variables.

Investigación analítica, ya que se caracterizaron cada uno de los materiales a emplear en las mezclas, así como el análisis de lo que cada uno de estos aportó a la mezcla en cada una de las pruebas a realizadas, llevándose una descripción detallada de lo observado en cada uno de los casos de estudio, con la finalidad de la realización de la comparativa de resultados que permitan validar o no la hipótesis de la investigación.

Investigación documental, ya que se realizó todo un análisis del campo de estudio, para determinar la metodología más óptima aplicable a la investigación, así como tener referencias de investigaciones previas cuyos resultados fueron punto de comparación entre estas y la desarrollada en esta investigación.

Investigación experimental de carácter cuantitativo, debido a que se analizaron cada una de las mezclas establecidas para llevar a cabo las pruebas de laboratorio que permitieron obtener los valores del comportamiento del material ante cada una de ellas; siendo esta la parte fundamental de la investigación ya que de

ella se desprendieron los datos científicos que respaldan los resultados y conclusiones obtenidas.

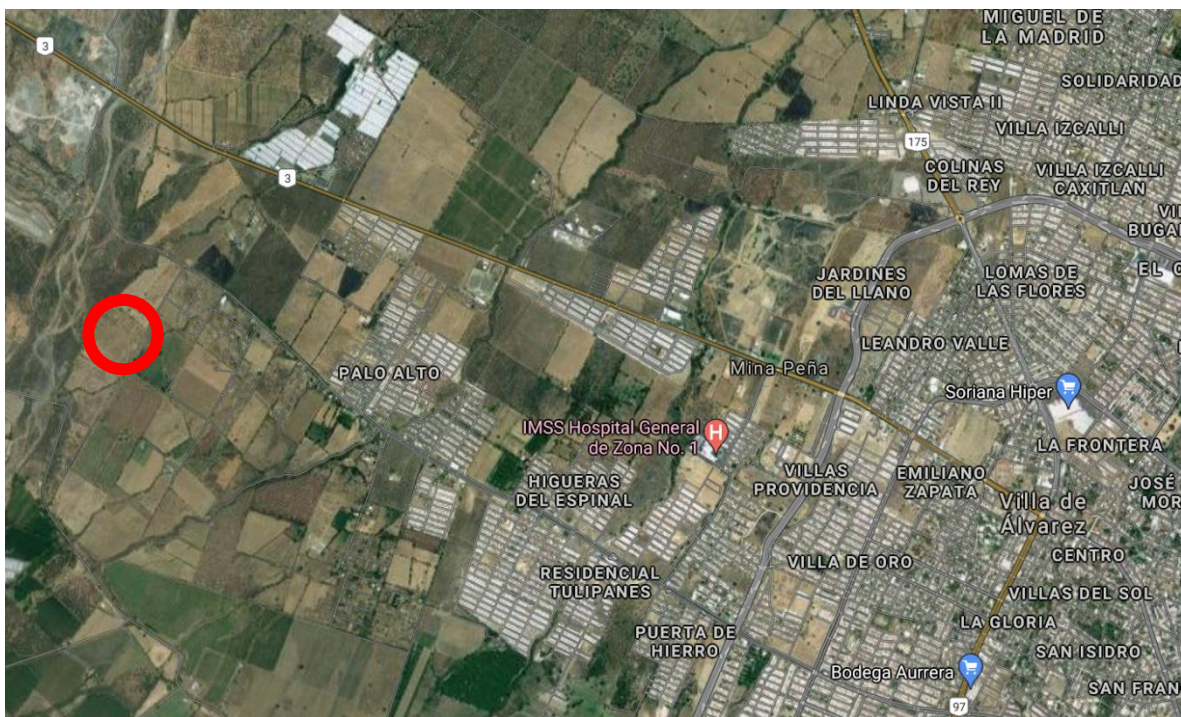
### 3.2 ÁREA DEL ESTUDIO.

La investigación se enfoca en el área de la industria de la construcción, en el análisis e investigación de nuevos materiales y técnicas constructivas; específicamente en el área de la arquitectura sostenible o bioconstrucción.

Para llevar a cabo la elaboración de las mezclas, se obtuvo la principal materia prima que es la tierra directamente de una planta de bloques conocida a nivel regional por la calidad que maneja en sus productos, ubicada al poniente de la Ciudad de Villa de Álvarez, Colima (imagen 6), con coordenadas de 19. 27° en latitud norte y -103.79° de longitud.

**Figura 6.**

*Ubicación de ladrillera.*



*Nota:* Fuente Google Maps (2021).

Esta planta de producción maneja distintos productos para la construcción como lo son tabique rojo recocido, loseta de barro, celosías y para el caso de los bloques de adobe solo lo elaboran sobre pedido; la tierra empleada en todos sus productos es la misma la cual la extraen del subsuelo del predio donde se ubican, por medio de una retroexcavadora extrae el material para posteriormente pasarlo a través de una rejilla que elimina la materia orgánica y las piedras de gran tamaño, de ahí de manera manual con carretillas y palas los trabajadores realizan un cernido del material a través de una malla con orificios de 5 milímetros (imagen 7), con lo que se depura la tierra de cualquier elemento que sobrepase esas dimensiones, del material obtenido de este proceso es del que se realizan todos los productos que ahí se fabrican y de esa misma es de la que se obtuvo el material para la elaboración de las probetas de esta investigación.

**Figura 7.**

*Tierra cernida y lista para emplearse.*



*Nota:* Fuente: propia del autor (2021).

### 3.3 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.

Las variables que se consideran son en cuanto a los agregados de la mezcla del adobe, que para este caso son la cal y la fibra de coco; los cuales se estarán integrando en distintas proporciones, para lograr determinar cuál es la que presenta un mejor resultado en cada una de las distintas pruebas a elaborar.

Para llevar a cabo la realización de la elaboración de las mezclas de adobe, se deben de tener como consideraciones las siguientes:

**La Tierra:** Es el principal componente de la mezcla tradicional de adobe, por tanto, es de suma importancia establecer la fuente de obtención de este material; si bien distintas instituciones de investigación y educativas, tanto públicas como privadas han establecido la composición ideal de la tierra a emplear en la fabricación de bloques de adobe (tabla 6), uno de los organismos más importantes es el centro de investigación CRATERRE ENSAG quien establece que la composición idónea del suelo deberá ser:

**Tabla 7.**

*Composición ideal del suelo para elaborar adobes.*

COMPOSICIÓN IDEAL DE LA TIERRA PARA ELABORACIÓN DE ADOBE		
Arena	Arcilla	Limos
62%	20%	18%

*Nota:* Elaboración propia del autor, Fuente CRATERRE-ENSAG, (2012).

Al tratarse de un estudio con un enfoque regionalizado el análisis de la composición de la tierra para determinar sus características no es algo que defina esta investigación; ya que se enfoca a realizar las distintas mezclas partiendo del material existente en el sitio; que, para este caso se tomó como banco de material de referencia, el existente en la región de la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez, debido a que esta planta de producción es una de las pocas y escasas que manejan la elaboración del adobe artesanal.

En la región costera la Fibra de coco es un material abundante, existe un gran mercado de venta de productos de coco y de los cuales los desechos que son



la cascara y fibra no se aprovechan de la manera en la que deberían; la industria comercial ha desarrollado empresas que procesan el coco, para la generación de aceites vegetales, dulces regionales, bebidas embotelladas o bien a menor escala se vende la bebida y la pulpa en pequeños establecimientos, distribuidos en la mayor parte de los centros urbanos poblacionales del estado de Colima, sin embargo según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en el año 2017 en Colima se cosecharon 14 mil 440 hectáreas de este cultivo, produciendo 18 mil 872 toneladas de este cultivo en los municipios productores: Tecomán, Armería, Manzanillo y Coquimatlán (SADER, 2017). Este aprovechamiento y demanda genera gran cantidad de los residuos antes mencionados, para los cuales el mercado de aprovechamiento es limitado, el que más destaca y se ha llevado a la industrialización es la composta de la fibra de coco empleada en la producción agrícola de invernadero; esta misma industria procesa las fibras hasta generar distintos productos terminados de fibra de coco, los cuales varían de acuerdo a la cantidad de fibra, tamaño y mezcla con algunos sustratos.

Para el caso de esta investigación se optó por obtener dichas fibras de la empresa Agroinsumos La Hacienda, seleccionando su producto de fibra de coco al 100%, el cual se establece como un producto completamente orgánico y renovable, derivado del proceso de tratamiento dado al bagazo del fruto del cocotero (*Cocos Nucífera*) y que se compone de una mezcla de fibras cortas (entre 5 y 10 centímetros de largo), cuya ficha descriptiva se adjunta a continuación (tabla 7).

**Tabla 8.**

*Características químicas de la fibra de coco.*

PARÁMETROS QUIMÍCOS	
PARÁMETRO	VALOR
Materia orgánica	60%
Relación C/N	80
IONES ASIMILABLES	ppm
N-N03	0.8
N-NH4	0.9

Fósforo	10
Potasio	250
Calcio	49
Sodio	105
Cloro	170
Magnesio	27
S04	154
Porosidad	91%
Capacidad de aireación	56%
Conductividad eléctrica	1.9 ds/m
Potencial Hidrógeno (pH)	6.1

*Nota:* Elaboración propia del autor, fuente Agroinsumos La Hacienda, (2020).

La selección por este tipo de material se realizó por distintos motivos, uno de ellos la facilidad con la que se puede adquirir el producto ya que se encuentra a la venta en plataformas digitales y lo envían a domicilio, otra de ellas es porque las fibras ya tienen un procesamiento lo que garantiza minimizar la cantidad de impurezas y anomalías que puedan alterar los resultados de la investigación, y por último la longitud de las fibras nos permitía darle una uniformidad de 5 centímetros aproximadamente sin gran cantidad de manufactura; este dimensionamiento resulta de las sugerencias de varios organismos y autores en los que mencionan que las fibras empleadas en la mezcla del adobe, no deberán exceder una longitud mayor a la mitad del espesor del bloque.

En el mercado de la industria de la construcción la cal (óxido de calcio) es un elemento de gran demanda y presencia, por lo que es posible encontrar con diversas marcas comerciales; para la elaboración de las mezclas de esta investigación se optó por la selección de la cal marca Calidra, la cual es una de las principales marcas en el mercado, de fácil acceso y obtención dentro de la mayor parte del territorio nacional; se trata de un producto llamado cal hidratada, cuyo

nombre científico es hidróxido de calcio; el cual dentro de su ficha técnica donde se define como un material utilizado en la industria de la construcción para la elaboración de mezclas de albañilería, morteros a base de cal, repellos, acabados finos, acabados gruesos, pegado de block, pegado de ladrillo, pegado de adobe.

Si bien no hay ninguna especificación sobre la calidad del agua a emplear, si se tiene en cuenta que, para la elaboración de la mezcla de los adobes, no deberá de rebasar el 20% respecto del contenido en seco de la misma; cabe mencionar que este dato se establece para la mezcla convencional de adobe y puede variar dependiendo de los agregados que se empleen en su elaboración. Esta cantidad de agua asegura una correcta humidificación e hidratación de los componentes de la mezcla para lograr la cohesión necesaria de los materiales estructurantes y aglutinantes.

### 3.4 DISEÑO DE LA MUESTRA.

El diseño experimental para llevar a cabo esta investigación fue el DCA, Diseño Completamente al Azar (Ibarra, 1988), el cual contempla las variantes en cuanto al porcentaje de integración de los agregados (cal y fibra de coco); así como la proporción en la que componen dicho porcentaje total de la mezcla, denominados tratamientos; al cruzar ambos porcentajes se obtuvieron las unidades experimentales elaboradas a manera de cubos que fueron utilizados como probetas, se muestra en la siguiente tabla 9.

**Tabla 9.**

*Diseño experimental de la mezcla por porcentajes.*

DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA																	
Diseño Completamente al Azar (DCA).																	
PORCENTAJES DE INTEGRACIÓN			AGREGADOS (Gr)	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D		Tratamiento E					
				Cal	Fibra	Cal	Fibra	Cal	Fibra	Cal	Fibra	Cal	Fibra				
%	Gr	Agregados	0%	100%	20%	80%	50%	50%	80%	20%	100%	0%					
100%	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%					
80%	0	20%	A1	0.00%	20.00%	B1	4.00%	16.00%	C1	10.00%	10.00%	D1	16.00%	4.00%	E1	20.00%	0.00%
60%	0	40%	A2	0.00%	40.00%	B2	8.00%	32.00%	C2	20.00%	20.00%	D2	32.00%	8.00%	E2	40.00%	0.00%
40%	0	60%	A3	0.00%	60.00%	B3	12.00%	48.00%	C3	30.00%	30.00%	D3	48.00%	12.00%	E3	60.00%	0.00%
20%	0	80%	A4	0.00%	80.00%	B4	16.00%	64.00%	C4	40.00%	40.00%	D4	64.00%	16.00%	E4	80.00%	0.00%

*Nota:* Fuente propia del autor (2021).



Una vez que se establecieron las unidades experimentales, se determinaron sus equivalencias en peso para garantizar que el material tenga la relación correcta de porcentaje de integración que se está indicando en el diseño experimental de la muestra; para ello se realizó por separado la compactación de cada uno de los materiales en un molde de 10 x 10 x 10 centímetros (figuras 8 y 9), que en volumen son 1,000 cm<sup>3</sup>; de ahí se pesó del material ocupado en el molde, determinando con ello los pesos de cada uno quedando como resultados los valores de la tabla 10.

**Tabla 10.**

*Relación de peso.*

PESO DE LOS MATERIALES						
DIMENSIONES				MATERIALES		
Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Volumen cm <sup>3</sup>	Tierra gr	Cal gr	Fibra gr
10	10	10	1000	1560	744	184

*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

**Figura 8.**

*Fibra de coco compactada en el molde.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

**Figura 9.**

*Abundamiento de la fibra de coco.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Es importante mencionar que los distintos materiales se compactaron en seco, para garantizar que la humedad no influyera en el resultado de peso obtenido; una vez obtenidos los valores para cada uno de los materiales, se realizaron las conversiones de porcentaje a peso, generándose la tabla 11 de unidades

experimentales en peso, para mayor practicidad en la medición de gramajes de cada material en las distintas mezclas de las unidades experimentales obtenidas por los tratamientos establecidos en esta investigación.

**Tabla 11.**

*Diseño experimental de la mezcla por peso en gramos.*

DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA																	
Diseño Completamente al Azar (DCA).																	
PORCENTAJES DE INTEGRACIÓN			AGREGADOS (Gr)	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D		Tratamiento E					
Tierra		Agregados		Unidad experimental	Cal	Fibra	Unidad experimental	Cal	Fibra	Unidad experimental	Cal	Fibra	Unidad experimental	Cal	Fibra		
%	Gr			0%	100%	20%	80%	50%	50%	80%	20%	100%	0%				
100%	1560	0%			0	0		0	0		0	0		0	0		
80%	1248	20%		A1	0	36.8	B1	29.8	29.4	C1	74.4	18.4	D1	119	7.4	E1	148.8
60%	936	40%	A2	0	73.6	B2	59.5	58.9	C2	148.8	36.8	D2	238.1	14.7	E2	297.6	0
40%	624	60%	A3	0	110.4	B3	89.3	88.3	C3	223.2	55.2	D3	357.1	22.1	E3	446.4	0
20%	312	80%	A4	0	147.2	B4	119.0	117.8	C4	297.6	73.6	D4	476.2	29.4	E4	595.2	0

*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

### 3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Con el diseño de la mezcla se pudieron determinar 5 tratamientos distintos, los cuales tienen 4 distintos porcentajes de agregados y existe 1 testigo, por tanto existe un total de 21 mezclas distintas para la elaboración de las unidades experimentales o probetas; para poder realizar las pruebas de compresión se contempla la elaboración de 3 probetas de cada una de las mezclas y 1 probeta para las pruebas térmica, de absorción y retención de humedad, dando como resultado 4 probetas de cada uno de los distintos tratamientos y mezclas, obteniendo así un total de 84 unidades experimentales.

Sin embargo, las probetas de los tratamientos A3, A4, B3 y B4 no se pudieron realizar debido a que la cantidad de fibra de coco era superior a la del resto de los elementos (figura 10), por lo que no había elementos de cohesión suficientes que permitieran la elaboración de dichas probetas, por ello la cantidad total realizada se redujo a un total de 68 piezas.

**Figura 10.**

*Probeta A2, con 40% de fibra de coco.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

### 3.6. MATERIAL, HERRAMIENTA Y EQUIPO.

Para lograr el desarrollo de toda la investigación fue indispensable el uso de materiales, herramientas y equipo, que nos permitieran llevar a cabo cada una de las etapas realizadas en los distintos procesos de la experimentación, dentro de las cuales se destacan las que a continuación se enlistan:

- Triplay de 6 mm de espesor para la elaboración del molde.
- Espárragos con sus rondanas y tuercas.
- Taladro para la perforación de la madera del molde con broca de 3/8" y de 5/64" para perforar las probetas en las pruebas térmicas.
- Cegueta para el corte tanto de la madera como de los espárragos.
- Báscula para medir los pesos de los materiales.
- Guantes para proteger las manos de la cal al momento de realizar la mezcla.
- Contenedor para elaborar las mezclas.



Específicamente para las pruebas de absorción y retención de humedad se requirió de los siguientes equipos:

- Báscula para registrar el peso antes y después de la saturación de las probetas; así como de acuerdo a la temporalidad que se marcó en la metodología para la prueba de retención.
- Recipiente con capacidad suficiente para que las probetas pueden sumergirse por completo en agua.
- Rejillas de plástico para garantizar la ventilación de las probetas y su aislamiento de contacto con superficies que puedan absorber la humedad contenida.

En los ensayos donde fue indispensable el uso de equipo especializado fueron en las pruebas de compresión y térmica; para realizar el primer caso, fue necesario lo siguiente:

- Báscula para registrar el peso de las probetas antes de ser ensayadas.
- Uso de la prensa universal existente en el laboratorio de ingeniería mecatrónica, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Colima, cuyas características se describen a continuación:

University testing Machine, marca SHIMADZU Corporation, modelo UH-500 kNI, número de serie I21054500193, capacidades de 500, 250, 100, 50, 25 y 10 kN, echa en Japón.

Dentro de las especificaciones del manual de usuario se encuentran las correspondientes al hardware, donde se contemplan los modelos UH-X 500KN (tabla 12), que sería la que fue la empleada para esta investigación.

**Tabla 12.**

*Capacidades de medición.*

Tipo y nombre del marco de prueba	UH-X 200 kN	UH-X 300 kN	UH-FX 300 kN	UH-X 500 kN	UH-FX 500 kN	UH-X 600 kN
Capacidad de carga del marco de prueba	Máx. 200 kN (44.000 libras)	Máx. 300 kN (67.000 libras)	Máx. 300 kN (67.000 libras)	Máximo 500 kN (112.000 libras)	Máximo 500 kN (112.000 libras)	Max 600 kN (134.000 lbs)
Max. Alcance de agarre	800 mm (31 pulgadas)			900 mm (35 pulgadas)		
Max. Tramo de placa de compresión	720 mm (28 pulgadas)			800 mm (31 pulgadas)		
Rango de velocidad del ariete	0,1 a 100 mm / min (0,004 a 3,9 pulg / min)			0,1 a 80 mm / min (0,004 a 3 pulg / min)		
Carrera de carnero	200 mm (7,8 pulgadas)			250 mm (9,8 pulgadas)		
Dimensión efectiva de la mesa	500 x 500 mm (19 x 19 pulgadas)			650 x 650 mm (25 x 25 pulgadas)		
Dimensiones del bastidor de prueba de altura estándar	W780 x D500 x H2000 (W31 x D20 x H91 pulgadas)	W870 x D520 x H2300 (W35 x D21 x H91 pulgadas)	W960 x D650 x H2400 (W38 x D26 x H95 pulgadas)	W1060 x D700 x H2400 (W38 x D26 x H95 pulgadas)	W960 x D650 x H2400 (W38 x D26 x H95 pulgadas)	W960 x D650 x H2400 (W38 x D26 x H95 pulgadas)
Peso para el marco de prueba de altura estándar	Aproximadamente 900 kg (1.985 libras)	Aproximadamente 1.500 kg (3.306 libras)	Aproximadamente 1.700 kg (3.748 libras)	Aproximadamente 2.600 kg (5.732 libras)	Aproximadamente 1.700 kg (3.748 libras)	Aproximadamente 1.700 kg (3.748 libras)

*Nota:* Se resalta en rojo las características del equipo empleado, fuente SHIMADZU (2008).

- Cámara de video para grabar el comportamiento de la probeta a lo largo del ensayo de compresión.

Mientras que para los ensayos de las pruebas térmicas fue indispensable el empleo del siguiente equipo:

- Uso del KD2-pro, aparato especializado en la medición de las características térmicas de los materiales; el cual forma parte del laboratorio de materiales de Arquitectura e Ingeniería civil de la Universidad de Colima, campus Coquimatlán.

Este dispositivo electrónico es el que se utilizó para llevar a cabo las mediciones de las características térmicas de las probetas, este consiste en realizar dichas mediciones con tres sensores distintos, cada uno de ellos está



diseñado para mediciones en tipos de muestras y materiales específicos. Las características de este sensor, sus mediciones y especificaciones se encuentran establecidas dentro del manual de usuario, son las siguientes:

El sensor SH-1 de doble aguja mide la capacidad térmica volumétrica, difusividad térmica, conductividad térmica y resistencia térmica. El SH-1 es compatible con la mayoría de los sólidos y Materiales granulares, pero no es factible su uso con líquidos; por lo que este es el sensor indicado para nuestro tipo de material.

Tamaño de agujas: 1,3 milímetros de diámetro x 30 milímetros de largo, espaciado de 6 milímetros, estas características son las que deben de tenerse en cuenta para las perforaciones en la probeta.

Rangos de medición:

- Conductividad térmica: 0.02 a 2.00 W/(m·K).
- Resistividad térmica: 50 a 5000 °C·cm/W.
- Difusividad: 0,1 hasta 1 mm<sup>2</sup>/s.
- Calor específico volumétrico: 0,5 a 4 MJ/(m<sup>3</sup>·K).

Precisión de medición:

- Conductividad:  $\pm 10\%$  de 0,2 - 2 W/(m·K)  $\pm 0.01$  W/(m·K) desde 0.02 - 0.2 W/(m·K).
- Difusividad:  $\pm 10\%$  a conductividades superiores 0,1 W / (m · K).
- Calor específico volumétrico:  $\pm 10\%$  en conductividad por encima de 0,1 W / (m · K).

Longitud del cable: 0.8 m.

Tiempo de lectura: Dos minutos para el sensor SH-1.

Margen de error: Un buen conjunto de datos dará valores de error por debajo de 0.0100, para que pueda considerarse permisible.

El dispositivo cuenta con dos modalidades de unidades de medida, uno es el Sistema Internacional (SI) y el otro es el Sistema Inglés (tabla 13),



y puede elegirse en cuál de los dos formatos se desea obtener las mediciones.

**Tabla 13.**

*Equivalencias de unidades.*

*Equivalentes de unidades SI e inglesas*

	Térmico Conductividad (K)	Térmico Resistividad ρp	Volumétrico calor específico (C)	Térmico Difusividad (D)
SI	$\frac{W}{(m \cdot K)}$	$\frac{^{\circ}C \cdot cm}{W}$	$\frac{MJ}{(m^3 \cdot K)}$	$\frac{mm^2}{s}$
inglés	$\frac{BTU}{hr \cdot pies \cdot ^{\circ}F}$	$\frac{hr \cdot pies \cdot ^{\circ}F}{BTU}$	$\frac{BTU}{^{\circ}F \cdot pie^3}$	$\frac{pies^2}{hora}$

*Nota:* Fuente manual de usuario KD2-pro (2012).

También presenta la tabla 14 de unidades térmicas, la cual da los valores para hacer las conversiones entre ambos sistemas, en el caso que se haya realizado la medición en uno de los sistemas y posterior a la medición se quieran cambiar los datos al otro sistema de unidades.



**Tabla 14.**  
*Conversión de unidades.*

**Tabla de Unidades Térmicas**

	Columna 1: Unidad SI	Para convertir Columna 1 en Columna 2, multiplicar por:	Columna 2: Unidad inglesa	Para convertir Columna 2 en Columna 1, multiplicar por:
calor	Joule	0.000952	BTU	1054
calor	Joule	0,239	California	4.186
flujo de calor densidad	W/m <sup>2</sup>	0,00143	cal/(cm <sup>2</sup> min)	698
térmico conductividad	W/(m · K)	0.578	BTU/(h · ft ° F)	1,73
térmico conductividad	W/(m · K)	6,93	BTU · pulg/ (hr · pies <sup>2</sup> ° F)	0,144
térmico resistividad	cm · ° C/W	0.0173	pies · h ° F/ BTU	57,8
térmico resistividad	cm · ° C/W	.00144	pies <sup>2</sup> horas · ° F/ (BTU · pulg)	693
calor específico	J/(kg · K)	2,39 x 10 <sup>-4</sup>	BTU/(libras · ° F)	4179
difusividad	mm <sup>2</sup> /s	0.0388	pies <sup>2</sup> /hora	25.794
difusividad	m <sup>2</sup> /s	.1076	pies <sup>2</sup> /s	9.29

Nota: Fuente manual de usuario KD2-pro (2012).

### 3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la elaboración de las probetas de las distintas mezclas y proporciones de agregados propuestos para el caso de estudio de esta investigación expone de manera detallada los pasos y recomendaciones pertinentes necesarios para tener en cuenta si se desea replicar el modelo; dicha metodología fue elaborada basándose en diversas fuentes de investigación como lo son centros de investigación internacionales como CRAterre Ensag, PROTerra, así como en las distintas normas internacionales de Perú, Nueva Zelanda y España, referentes a la elaboración de adobe.

#### 3.7.1 LAS PROBETAS.

Para la fabricación de las probetas, fue necesario el molde de fraguado que comúnmente se hace en madera, sin embargo, este puede elaborarse a base de



otros materiales como metal, aluminio, etc.; para su manufactura se empleó triplay (aglomerado de madera) de 6 mm de espesor, el cual por su estructura permite ser trabajado de manera sencilla con el uso de cegueta e incluso de un cúter, buscando en todo momento la exactitud de los cortes.

Si bien en todos las recomendaciones existentes en la documentación encontrada, describen que las probetas se depreden de fácil manera de los moldes donde se elaboran sin necesidad de que estos se desarmen; sin embargo, se notó que al utilizarse un molde de una sola pieza (figura 11) y desmoldar las probetas, la misma acción de retirarlas del molde provocó una irregularidad y deformidad de la pieza en sus aristas, problema que es más notable una vez secos (figura 12); por lo tanto para evitar dicha situación en esta investigación, se diseñó el molde con la capacidad de desarmarse completamente (figura 13), ya que se trabajó con unidades experimentales donde las mezclas de sus agregados y niveles de humedad eran desconocidos, por lo que requirieron de un mayor tiempo de fraguado y un desmolde que garantizara la uniformidad de las probetas, para que estas se ensayaran sin ningún inconveniente que dichas irregularidades pudieran afectar los resultados obtenidos en las distintas pruebas de laboratorio a las que se sometieron.

**Figura 11.**

*Molde de una sola pieza.*



Nota: Fuente propia del autor (2021).

**Figura 12.**

*Probeta de molde de una sola pieza.*



Nota: Fuente propia del autor (2021).

**Figura 13.**

*Prototipo de molde desarmable.*



*Nota:* Fuente: propia del autor (2021).

El molde utilizado en esta investigación se diseñó para emplearse en la mezcla de una unidad experimental a la vez y este tuviera la capacidad de fraguar de manera simultánea las probetas necesarias para las distintas pruebas realizadas; resultando un molde o encofrado de madera que divide a cada una de las 4 probetas (3 de ellas para pruebas de compresión y 1 una para pruebas térmicas, de absorción y retención de agua); está sujetado con espárragos de 1/8'' de pulgada en cada una de las divisiones, los cuales por medio de tuercas y rondanas hacen que se mantenga en la forma correcta además de rigidizar su estructura (figura 14); se diseñó para probetas con medidas de 10 x 10 x 10 centímetros de acuerdo al dimensionamiento marcado dentro de la norma NTE E 080 peruana; tomando en cuenta además que fuera desarmable en su totalidad y por cada una de las caras de los cubos, para que las probetas no tengan afectaciones en sus aristas y no haya deformidades de las mismas al momento de desmoldarlos.

**Figura 14.**

*Molde seccionado.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

El molde se sometió a un proceso de curado de la madera (figura 15), el cual consistió en saturar las fibras barnizándolas con una mezcla de diésel y aceite usado de coche; este proceso se realiza con distintos fines, el primero es garantizar que la madera no va a tener ninguna deformación o hinchamiento provocado por contacto con el agua, de igual manera se evita que la madera absorba o quite humedad a la mezcla al momento de estar contenida dentro del molde, y por último para eliminar la adherencia de material en las paredes internas del molde y que esto vaya a ocasionar desprendimientos al desmoldar las probetas.

**Figura 15.**

*Molde curado.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Para la elaboración de las mezclas se tomaron en cuenta los pasos descritos a continuación:

- Se reunieron los materiales en seco necesarios para la elaboración de la unidad experimental correspondiente.
- Se seleccionaron: la báscula, el contenedor y las herramientas donde se mezclaron los materiales.
- Se pesaron de acuerdo al tratamiento cada uno de los materiales (figura 16), considerando el porcentaje de integración del que formaban parte dentro la mezcla según la unidad experimental realizada.

**Figura 16.**

*Pesaje de materiales.*



*Nota:* Peso de óxido de calcio, fuente propia del autor (2021).

- En el recipiente se colocó la tierra y fibra de coco (en el caso de haber contenido esta última) (figura 17), para humedecerla con agua mientras se batió la mezcla para que se lograra la integración de sus componentes.

**Figura 17.**

*Mezcla de materiales en seco.*



*Nota:* Fibra de coco, fuente propia del autor (2021).

- El proceso de hidratación fue de 24 horas, para que pueda garantizarse que este ocurra de manera homogénea y que en caso de que existan algunas partículas gruesas de alguno de los materiales estas puedan desintegrarse; además en esta etapa es en la que se logra la activación de la arcilla existente en la tierra.
- Una vez transcurrido el proceso de hidratación y antes de continuar al vaciado de la mezcla en el molde, en el caso de que el tratamiento a realizar lo incluyera, se agregó a la mezcla como último el material aglutinante (Cal), revolviéndolo hasta lograr integrarlo a la mezcla y quede completamente homogénea; de igual manera de ser necesario se añadió más agua para dejar la mezcla en la consistencia deseada.
- El lugar donde se realizaron las probetas fue un espacio sombreado y con ventilación indirecta, para evitar el agrietamiento de las mismas durante su proceso de secado.



- El molde se ensambló para su utilización, con todos sus pernos y las tuercas ajustadas, que esto le dieron la estabilidad necesaria para el proceso de elaboración de las probetas.
- Se hidrató con agua el molde, para limpiarlo de cualquier impureza o material que haya quedado de alguna mezcla fragua con anterioridad, con esto se garantiza que la mezcla empleada no se adhiera a él y tenga un desmontaje perfecto, evitando dañar las caras externas del bloque o las características físicas del mismo.
- Como base se utilizó un hule o plástico como superficie, donde se colocaron los bloques para su primera etapa de secado, el cual se preparó con una capa fina de tierra o arena secos para evitar que el bloque se adhiriera al plástico.
- Se colocó el molde sobre el plástico y se rellenó poco a poco con la mezcla del adobe de la unidad experimental a fraguar, apisonándola de manera manual (figura 18), de tal forma que quedara lo mejor compactada posible, asegurando con ello que no quedaran huecos en la probeta, mismos que pudieran afectar la resistencia y calidad de esta.

**Figura 18.**

*Elaboración de la probeta.*



Nota: Fuente propia del autor (2021).

- Con agua se humedeció y se talló la cara superior del bloque, para dejarla lo más uniforme posible.
- Se dejó reposar la mezcla en el molde por un lapso de 12 horas (figura 19), tiempo en el que logró alcanzar la resistencia adecuada para que no se deformara al momento de quitar la cimbra.

**Figura 19.**

*Vaciado de la mezcla en los moldes.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Se desatornillaron cada uno de los espárragos que daban rigidez al molde, y se quitaron una a una todas las tapas de madera hasta lograr desmoldar por completo las probetas del molde (figura 20).

**Figura 20.**

*Desmolde de probetas.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Es importante marcar cada una de las probetas, de manera que, a lo largo del desarrollo de las distintas pruebas de laboratorio, los datos obtenidos sean correspondientes al tipo de mezcla y tratamiento con el que se elaboraron.
- Sin haber cambiado la posición en la que se elaboraron las probetas, se dejaron secar por 6 días a la sombra y con ventilación natural controlada, evitando las corrientes de aire directas al interior del espacio, con lo que se disminuyó la aparición de grietas en ellas.
- Posteriormente se colocaron de canto a exposición solar directa por 22 días más (figura 21), para que obtuvieran ventilación y radiación solar en la mayor área posible de la probeta, garantizando un secado uniforme; una vez transcurrido ese tiempo el adobe debió haberse curado completamente, cumpliendo con los 28 días de edad tal como lo establecido por la norma peruana NTE E 080.



**Figura 21.**

*Secado de probetas al sol.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

### 3.7.2.- PRUEBAS DE LABORATORIO.

#### **Prueba de compresión.**

Para el desarrollo de esta prueba se tomó en cuenta las recomendaciones y procedimientos rescatados de la literatura, de tal manera que de ser necesario replicarlas en algún momento, esto se haga con la mayor precisión posible; a continuación, se describen:

- Las probetas a ensayar (figura 22) deberán contar con una edad mínima de 28 días de haberse elaborado, esto según lo estipulado en la norma NTE E 080 de Perú en la que hace mención a esta condición para el ensayo de probetas de adobe ante los esfuerzos de la prueba.

**Figura 22.**

*Total de probetas ensayadas a compresión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Las probetas deberán haberse refrentado para garantizar la distribución uniforme de la carga al momento de realizar el ensayo en la prensa universal; por la metodología de elaboración empleada en las probetas, estas presentan sus caras laterales e inferior perfectamente lisas y escuadradas; mientras que su cara superior en algunos casos presenta algunas irregularidades; para el ensayo de las mismas simplemente se colocaron en sus caras laterales, con ello se tuvieron ambas superficies de contacto (inferior y superior) completamente alineadas y niveladas, sin necesidad de refrentarlas.
- Antes de realizar los ensayos de las probetas fue necesario en primera instancia calibrar la prensa universal, esto fue realizado por el técnico especializado en su manejo, asegurando que los resultados obtenidos en cada una de las pruebas son correctos.
- Para el ensayo se colocó la probeta al centro entre dos placas metálicas (figura 23), garantizando siempre que la superficie de contacto entre ambas

placas y la superficie del área de contacto con las probetas sea en su totalidad.

**Figura 23.**

*Preparación de probeta para ensayo a compresión.*



*Nota:* Fuente: propia del autor (2021).

- Se ensayaron las probetas por medio de la programación de la prensa universal, la cual fue aplicando la presión de manera gradual dentro del rango establecido, hasta llegar al fallo máximo permisible en cada una de las probetas (figura 24).

**Figura 24.**

*Probeta ensayada.*

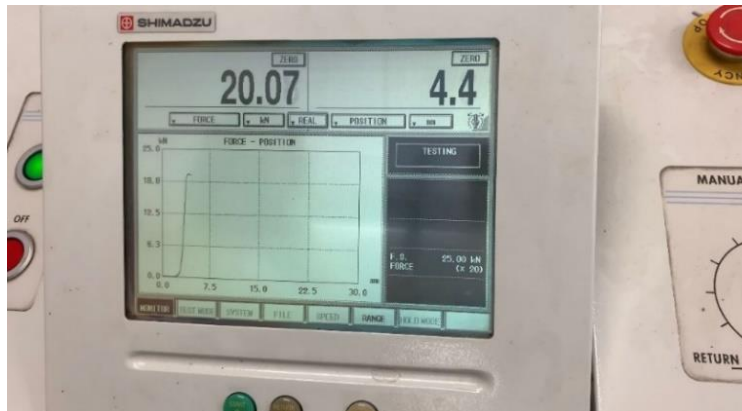


*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- A medida que se iban realizando los ensayos, se fueron registrando los valores obtenidos de capacidad de compresión simple y deformación para cada probeta (figura 25).

**Figura 25.**

*Valores de medición de la prensa universal.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- El ensayo se realizó para cada una de las tres probetas elaboradas por cada unidad experimental, para lograr tener un rango de valores que pudieran promediarse y dar un valor más acertado sobre la capacidad de carga y deformación de cada una.
- Con el registro de los datos se desarrolla el análisis en algún software, que permita la comprensión y comparativa de los valores obtenidos en todas las unidades experimentales.

### **Prueba de comportamiento térmico.**

Para el desarrollo de esta prueba, cada una de las probetas de los distintos tipos y composición de las mezclas, se sometieron al ensayo para determinar sus propiedades térmicas de calor específico, conductividad, resistividad y difusividad térmica, desarrollada mediante los siguientes pasos:

- Las probetas contaban con una antigüedad mínima de 28 días de elaboración al momento de ser ensayadas, de acuerdo a lo establecido por el manual de

usuario del KD2-pro, que es el instrumento con el cual se realizaron las mediciones.

- Se realizó con anticipación dos perforaciones al centro de la probeta, con una separación de 6mm entre cada una y 3.5 centímetros de profundidad (figura 26); según lo estipulado en las especificaciones que marcan las agujas del sensor de medición del KD2-pro, que para el caso del tipo de material empleado en esta investigación se establecía el sensor SH-1.

**Figura 26.**

*Probeta perforada al centro.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Los orificios que se elaboraron fueron rellenados con vaselina (figura 27), apoyándonos de una jeringa para asegurarnos que esta sustancia lograra penetrar lo mejor posible las perforaciones, ya que este material se utiliza como conductor entre los sensores y el material.

**Figura 27.**

*Relleno de huecos con vaselina.*



*Nota:* Fuente: propia del autor (2021).

- Para que las mediciones fueran las adecuadas y se hicieran de manera correcta, se calibró el dispositivo con ayuda del personal técnico garantizando un óptimo funcionamiento y confiabilidad de los resultados obtenidos.
- Se introdujeron las agujas del sensor en los orificios realizados en la probeta.
- Se programó el dispositivo para que comenzara con la medición de los valores, para este caso tuvo una duración de 2 minutos por prueba (figura 28).



**Figura 28.**

*Ensayo térmico en probeta.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Se llevó el registro de cada uno de los datos que arroja el equipo en cada medición, a manera de tenerlos organizados para el análisis y síntesis de estos.
- Para mayor confiabilidad de los resultados se realizó la misma medición tres veces en cada una de las unidades experimentales.
- Una vez obtenidos todos los valores se comienza con el procesamiento y análisis de los mismos.

### **Prueba de absorción de humedad.**

Para llevar a cabo la elaboración de esta prueba con las distintas probetas y tratamientos establecidos en el diseño experimental, se consideró lo siguiente:

- Se realizó el secado de las probetas, por medio de la exposición solar directa con la cual se logró retirar completamente cualquier cantidad de humedad contenida en el interior de la misma.
- Una vez realizado el proceso de secado se pesó, para registrar su valor en seco.

- Se preparó un recipiente con agua (imagen 29), de manera tal que se pudieran sumergir completamente las probetas ensayadas.

**Figura 29.**

*Llenado de recipiente.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- La hidratación se hizo por medio de la inmersión de las probetas completamente en agua (figura 30), por un lapso de 48 horas, tiempo estimado en el que la probeta absorbe la capacidad máxima posible de agua.

**Figura 30.**

*Inicio del proceso de hidratación por inmersión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).



- Se sacaron las probetas y se pesaron (figura 31), datos con los que se realizó la comparativa de peso en seco e hidratada, y con ello obtener su valor de capacidad de absorción de humedad.

**Figura 31.**

*Pesaje de probeta post hidratación.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Una vez finalizado este proceso, se pasó inmediatamente a la prueba de retención de humedad.

### **Prueba de retención de humedad.**

Después de haber pesado las probetas en el apartado anterior, se comenzó con el proceso de la prueba de retención de humedad, la cual se realizó con la misma metodología de secado de cuando se crearon las probetas (6 días a la sombra y 22 a exposición solar), con la finalidad de poder determinar si en realidad requieren los 28 días de secado para eliminar completamente su humedad, los cuales están marcados por normatividad, para ello se realizó lo siguiente:

Para esta prueba y dado que no se encontró literatura al respecto, se diseñó en función de lapsos de tiempo establecidos de manera personal, los cuales se fijaron como temporalidades que fueran divisiones de las 24 horas contenidas en un

día, los cuales se fueron ampliando de acuerdo a la pérdida de humedad que se iba observando durante el proceso de secado.

- Se comenzó el proceso de secado a la sombra de las probetas.
- Se colocaron en una superficie que garantizó la ventilación de todas sus caras, la cual tenía la finalidad de no absorber la humedad de la probeta, de manera que no interfiera con el proceso de secado de la misma, para este caso se colocaron sobre una rejilla de plástico (figura 32).

**Figura 32.**

*Rejilla plástica.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

- Se tomaron mediciones de peso en intervalos de tiempo establecidos, en esta investigación fueron los siguientes:

Secado a la sombra (figura 33), mediciones por un total de 6 ½ días.

- Cada 4 horas (3 mediciones) con un total de ½ día.
- Cada 8 horas (4 mediciones) con un total de 1 día.
- Cada 12 horas (2 mediciones) con un total de 1 día.
- Cada 24 horas (4 mediciones) con un total de 4 días.

**Figura 33.**

*Secado de probetas a la sombra.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Secado con exposición solar (figura 34), mediciones por un total de 22 días.

- Cada 24 horas, durante los 22 días o bien hasta igualar el peso de las probetas en seco.

**Figura 34.**

*Secado de probetas a exposición solar.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).



- Se llevó el registro de cada uno de los pesos tomados en los distintos lapsos de tiempo establecidos, para poder realizar su análisis y comparativa.

### 3.8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Dentro del proceso de análisis de la información en su mayoría se utilizó la observación científica, en algunos otros casos se complementó de la observación directa o técnica y crítica según el caso y en función de buscar la justificación científica aplicable en cada fenómeno; así mismo, se realizaron tabulaciones en programa Excel, el cual nos permitió la generación de gráficos de barras y puntos de los diferentes valores recabados, de manera que con ellas se logra apreciar el comportamiento de cada una de las unidades experimentales en los distintos ensayos de cada una de las pruebas de laboratorio realizadas.

Con base al procesamiento de la información fue posible su análisis mediante la interpretación y comparativa de los resultados obtenidos de las pruebas de compresión, térmicas, absorción y retención de humedad, comparándose con los registrados por los testigos, los valores establecidos por normatividad y entre las mismas unidades experimentales de los distintos tratamientos, logrando con ello el poder determinar el cumplimiento o no de las preguntas de investigación, hipótesis y objetivos, desarrollando el análisis que se encuentra descrito a detalle en el siguiente apartado.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1.- RESULTADOS.

#### Prueba de compresión.

La prueba se realizó a las 3 probetas representantes de cada unidad experimental; para la cual se utilizó la prensa universal que se encuentra dentro de las instalaciones del laboratorio de la Ingeniería en Mecatrónica, del TecNM Instituto Tecnológico de Colima. El área de contacto de la carga es una placa cilíndrica de 4" de diámetro generando una superficie menor a la de las probetas que tuvieron una sección cuadrada de 10 x 10 centímetros, por lo que en cada una de las caras superior e inferior se colocó una placa de acero 12 x 12 centímetros y de 6 milímetros de espesor, de manera que esta distribuyera equitativamente el peso aplicado sobre toda la superficie.

En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de compresión de todas las unidades experimentales ensayadas, en la primer columna se muestran los 5 tratamientos que van desde el "A" hasta el "E", en la siguiente columna se muestra la unidad experimental resultado del diseño de las cuatro mezclas por tratamiento que fueron 20%, 40%, 60% y 80% respectivamente para 1, 2, 3 y 4, posteriormente se muestran la carga máxima resistente y la deformación de cada una de las tres probetas ensayadas, finalmente el promedio de los valores y el valor resultante de la compresión, convertido al Sistema Internacional de Unidades (SI).

**Tabla 15.**

*Resultados de la prueba de compresión.*

PRUEBA DE COMPRESIÓN										
TRATAMIENTO	UNIDAD EXPERIMENTAL	ENSAYOS						PROMEDIO		CONVERSIÓN
		PROBETA 1		PROBETA 2		PROBETA 3		Fuerza	Defor.	Kg/cm <sup>2</sup>
		Fuerza kN	Defor. mm	Fuerza kN	Defor. mm	Fuerza kN	Defor. mm	Fuerza kN	Defor. mm	
Testigo	T1	53.55	3.2	48.10	1.90	36.1	2.5	45.92	2.53	46.82
A	A1	26.65	5	25.7	4.7	27.85	3.1	26.73	4.27	27.26

	A2	97.35	51.6	97.35	51.6	97.35	51.6	97.35	51.60	99.27
	A3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	A4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B	B1	5.5	5.3	7.3	20	5.5	6.9	6.10	10.73	6.22
	B2	8.2	7.8	8.35	8.8	7.75	6.5	8.10	7.70	8.26
	B3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	B4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C	C1	12.31	3.8	13.35	3.2	14.1	3.2	13.25	3.40	13.51
	C2	10.01	4	10.53	4.3	10.17	5.1	10.24	4.47	10.44
	C3	6.15	4.1	6.25	5.9	6.1	5.3	6.17	5.10	6.29
	C4	4.92	7.3	4.92	6.7	4.9	9.1	4.91	7.70	5.01
D	D1	21.73	2.2	22.07	3.2	19.97	2.9	21.26	2.77	21.68
	D2	19.02	2.8	20.66	2.9	20.26	2.2	19.98	2.63	20.37
	D3	10.11	3	9.67	3.6	8.91	3.9	9.56	3.50	9.75
	D4	9.41	3.6	8.66	4.1	8.02	2.9	8.70	3.53	8.87
E	E1	17.1	2	19.96	2.9	22.2	3.3	19.75	2.73	20.14
	E2	16.21	2.6	15.02	1.5	18.55	1.4	16.59	1.83	16.92
	E3	12.07	2.6	9.97	2.4	10.81	1.7	10.95	2.23	11.17
	E4	12.97	1.5	9.47	2.6	9.78	1.9	10.74	2.00	10.95

*Nota:* Los datos con NA fueron las probetas que no se ensayaron, fuente propia del autor (2021).

Los resultados y gráficas de deformación de cada uno de los ensayos realizados a las distintas probetas de las unidades experimentales establecidas, se encuentran dentro del anexo 1.

### Prueba de comportamiento térmico.

Como ya se mencionó en los apartados anteriores, para llevar a cabo la prueba de comportamiento térmico fue necesario realizar con anticipación las perforaciones en las probetas, donde se colocaron las agujas del sensor que fueron las encargadas de arrojar los datos de la prueba; en dicho proceso de perforación realizado a las probetas, los tratamientos “E3” y “E4” no soportaron los esfuerzos causados por dicha acción y terminaron partiéndose en varias partes (figura 35 y 36), esto debido a que no contenían dentro de su composición la fibra de coco que consideramos fue el material aglomerante de la mezcla.



**Figura 35.**

*Probeta “E3” fracturada al momento de perforar.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

**Figura 36.**

*Probeta “E3” fracturada al momento de perforar.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Para lograr comprender el comportamiento de las distintas unidades experimentales ensayadas; dentro de la tabla 16, en la primera columna se muestran los tratamientos, seguidos de las unidades experimentales, los valores para calor específico, conductividad, resistividad y difusividad térmica en el Sistema Internacional de Unidades (SI), y por último el margen de error presentado durante la medición.

**Tabla 16.**

*Resultados de la prueba de compresión.*

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO						
TRATAMIENTO	UNIDAD EXPERIMENTAL	CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS				Margen de error
		Calor específico MJ/m <sup>3</sup> -K	Conductividad térmica W/m-K	Resistividad térmica C-cm/W	Difusividad térmica mm <sup>2</sup> /S	
Testigo	T1	1.686	0.435	229.6	0.258	0.0033
A	A1	1.685	0.305	328.533	0.181	0.0015
	A2	1.183	0.173	579.8	0.146	0.0007
	A3	NA	NA	NA	NA	NA



	A4	NA	NA	NA	NA	NA
B	B1	1.994	0.326	306.9	0.164	0.0009
	B2	0.602	0.229	436.6	0.381	0.0034
	B3	NA	NA	NA	NA	NA
	B4	NA	NA	NA	NA	NA
C	C1	1.994	0.3	333.333	0.151	0.0020
	C2	1.648	0.242	413.233	0.147	0.0008
	C3	1.048	0.227	441.367	0.216	0.0012
	C4	1.103	0.142	706.533	0.513	0.0006
D	D1	1.203	0.238	419.5	0.198	0.0019
	D2	2.461	0.312	320.467	0.127	0.0010
	D3	1.272	0.199	502.767	0.156	0.0012
	D4	1.31	0.192	524.367	0.146	0.0015
E	E1	1.261	0.276	362.767	0.219	0.0013
	E2	5.997	0.702	165.323	0.114	0.0593
	E3	NA	NA	NA	NA	NA
	E4	NA	NA	NA	NA	NA

*Nota:* Los datos con NA fueron las probetas que no se ensayaron, fuente propia del autor (2021).

Dentro de los resultados obtenidos se logró apreciar que en general mejoraron los obtenidos por el testigo analizado, es importante mencionar que los valores arrojados por la probeta “E2” se desestimaron para la presente investigación, ya que, según el manual de usuario del equipo de medición, el margen de error no podrá estar por encima de los 0.0100 que marca como límite; la cual arrojó un valor de 0.0593 siendo 5.93 veces mayor.

Los resultados de cada uno de los ensayados en las distintas probetas de las unidades experimentales se encuentran en las fichas descriptivas del anexo 2.

### **Prueba de absorción de humedad.**

La realización de esta prueba fue de suma importancia debido al material que fue investigado, como bien es sabido el principal enemigo del adobe es el agua y más aún si se le expone directamente a las condiciones de la intemperie, ya que con el paso del tiempo se logra ver afectado con una erosión agresiva en el material; por ello es necesario el conocer la capacidad de retención de humedad que tiene cada una de las mezclas propuestas; se realizó la prueba a la misma cantidad de

probetas ensayadas en la prueba de comportamiento térmico, debido a que la metodología planteada era realizar ambos estudios en las mismas probetas, mostrándose los resultados de las mismas en la tabla 17, donde se describe el peso inicial, peso hidratado y la diferencia entre ambos.

**Tabla 17.**

*Resultados de la prueba de absorción de humedad.*

PRUEBA DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD				
TRATAMIENTO	UNIDAD EXPERIMENTAL	CARACTERÍSTICAS ANÁLIZADAS		
		Peso en seco Kg	Peso hidratado Kg	Diferencia Kg
Testigo	T1	1.785	NA	NA
A	A1	1.582	1.364	-0.22
	A2	1.018	1.485	0.47
	A3	NA	NA	NA
	A4	NA	NA	NA
B	B1	1.512	1.942	0.43
	B2	1.3	1.726	0.43
	B3	NA	NA	NA
	B4	NA	NA	NA
C	C1	1.532	1.89	0.36
	C2	1.361	1.758	0.40
	C3	1.117	1.56	0.44
	C4	0.994	1.494	0.50
D	D1	1.533	1.868	0.34
	D2	1.389	1.777	0.39
	D3	1.153	1.589	0.44
	D4	1.032	1.529	0.50
E	E1	1.394	1.767	0.37
	E2	1.214	1.624	0.41
	E3	NA	NA	NA
	E4	NA	NA	NA

*Nota:* Los datos con NA fueron las probetas que no se ensayaron, fuente propia del autor (2021).

### Prueba de retención de humedad.

Después de haberse hidratado por 48 horas las probetas, se siguió la metodología de secado de probetas de acuerdo a lo recomendado de 6 días de

secado a la sombra y 22 días en exposición solar como marca a la normatividad peruana; para lograr tener una mejor comprensión del comportamiento de cada una de las probetas ensayadas mediante este análisis, se presentan en las tablas 18 los resultados a la sombra y en la 19 los resultados al sol, obtenidos por cada uno de los tratamientos empleados en la elaboración de las unidades experimentales, en los intervalos de tiempo que fueron realizadas cada una de las mediciones.

**Tabla 18.**

*Resultados de retención de humedad a la sombra.*

PRUEBA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD																	
TRATAMIENTO	UNIDAD EXPERIMENTAL	PESO (KG)		SECADO A LA SOMBRA 6 1/2 DÍAS													
		Seco	48 Hrs hidratación	1/2 DÍA			1 1/3 DÍA			1 DÍA							
				4	8	12	20	28	36	44	56	68	92	116	140	164	
Testigo	T1	1.785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	1.582	1.364	1.281	1.258	1.247	1.218	1.18	1.151	1.127	1.086	1.061	1.015	0.993	0.986	0.981	
A	A2	1.018	1.485	1.316	1.292	1.281	1.253	1.217	1.191	1.17	1.135	1.112	1.056	1.012	0.982	0.958	
	A3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	A4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	B1	1.512	1.942	1.848	1.82	1.807	1.773	1.727	1.689	1.659	1.604	1.569	1.513	1.488	1.476	1.346	
B	B2	1.300	1.726	1.677	1.655	1.645	1.617	1.577	1.545	1.521	1.473	1.443	1.393	1.368	1.356	1.467	
	B3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	B4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	C1	1.532	1.89	1.849	1.828	1.817	1.788	1.748	1.715	1.689	1.649	1.628	1.593	1.577	1.569	1.564	
C	C2	1.361	1.758	1.730	1.714	1.707	1.688	1.661	1.642	1.623	1.594	1.571	1.522	1.487	1.465	1.451	
	C3	1.117	1.56	1.534	1.52	1.514	1.499	1.475	1.457	1.444	1.422	1.401	1.361	1.326	1.299	1.273	
	C4	0.994	1.494	1.451	1.430	1.422	1.400	1.368	1.346	1.327	1.294	1.272	1.215	1.169	1.132	1.100	
	D1	1.533	1.868	1.833	1.812	1.801	1.771	1.734	1.707	1.678	1.648	1.631	1.606	1.593	1.588	1.582	
D	D2	1.389	1.777	1.748	1.731	1.727	1.701	1.673	1.652	1.635	1.604	1.581	1.538	1.514	1.499	1.486	
	D3	1.153	1.589	1.564	1.553	1.548	1.532	1.516	1.500	1.487	1.464	1.451	1.418	1.390	1.369	1.350	
	D4	1.032	1.529	1.496	1.479	1.472	1.451	1.425	1.401	1.387	1.359	1.339	1.299	1.262	1.234	1.210	
	E1	1.394	1.767	1.725	1.701	1.692	1.665	1.624	1.594	1.571	1.537	1.52	1.495	1.479	1.469	1.462	
E	E2	1.214	1.624	1.588	1.571	1.562	1.542	1.513	1.491	1.475	1.439	1.416	1.368	1.337	1.317	1.301	
	E3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	E4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

*Nota:* Los datos con NA fueron las probetas que no se ensayaron, fuente propia del autor (2021).

**Tabla 19.**

*Resultados de retención de humedad a la sombra.*

		PRUEBA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD													
TRATAMIENTO	UNIDAD EXPERIMENTAL	PESO (KG)		SECADO AL SOL 12 DÍAS											
		Seco	48 Hrs hidratación	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA	1 DÍA
				24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288
Testigo	T1	1.785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A	A1	1.582	1.364	0.964	0.964	0.958	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956
	A2	1.018	1.485	0.92	0.909	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
	A3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	B1	1.512	1.942	1.323	1.315	1.300	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297
	B2	1.300	1.726	1.43	1.422	1.411	1.398	1.385	1.372	1.359	1.346	1.333	1.320	1.307	1.294
	B3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	C1	1.532	1.89	1.547	1.540	1.530	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526
	C2	1.361	1.758	1.423	1.407	1.389	1.381	1.373	1.365	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357
	C3	1.117	1.56	1.233	1.205	1.178	1.157	1.136	1.115	1.115	1.115	1.115	1.115	1.115	1.115
	C4	0.994	1.494	1.045	1.011	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980
D	D1	1.533	1.868	1.571	1.56	1.549	1.538	1.527	1.527	1.527	1.527	1.527	1.527	1.527	1.527
	D2	1.389	1.777	1.463	1.448	1.430	1.415	1.400	1.385	1.385	1.385	1.385	1.385	1.385	1.385
	D3	1.153	1.589	1.320	1.299	1.272	1.251	1.230	1.209	1.188	1.167	1.146	1.146	1.146	1.146
	D4	1.032	1.529	1.168	1.141	1.109	1.085	1.061	1.037	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013
E	E1	1.394	1.767	1.445	1.435	1.421	1.408	1.395	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382
	E2	1.214	1.624	1.277	1.263	1.243	1.227	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211
	E3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	E4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Nota:* Los datos con NA fueron las probetas que no se ensayaron, fuente propia del autor (2021).

## 4.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Debido a que en los distintos ensayos de las probetas para cada una de las unidades experimentales se realizaron en situaciones específicas perfectamente establecidas, en las que se lograron apreciar, describir y explicar de manera concreta los comportamientos de las distintas variables, podemos considerar que se aplicó la observación científica, así mismo en algunos casos las pruebas se complementaron mediante observación directa, ya que se registraron por medio de los ensayos el comportamiento presentado por las probetas, por medio de evidencia fotográfica, para generar la información necesaria que lograra respaldar lo observado; también, se realizó observación técnica y crítica de la información recolectada de las distintas pruebas. Por medio de fichas descriptivas, se detallaron los valores registrados por cada una de las unidades experimentales.

Para realizar el análisis de la información resultante del proceso de experimentación, se llevó a cabo una serie de tabulaciones y gráficas de los resultados obtenidos, con el objeto de lograr visualizar de manera clara los valores de las variables obtenidas, la relación y comportamiento estadístico de las mismas.

### Compresión:

De acuerdo a los resultados obtenidos al haber ensayado las probetas, el testigo tuvo un buen desempeño obteniendo 46.82 kg/cm<sup>2</sup>, el cual solo se vio superado por la probeta “A2” con 99.27 kg/cm<sup>2</sup>, esto no quiere decir que se desestimen los demás valores, ya que según lo estipulado dentro de la norma técnica peruana NTE E 080, los mínimos admisibles ante los esfuerzos de compresión en los bloques de adobe son 12 kg/cm<sup>2</sup>; valor fue rebasado por varias de las unidades experimentales de la investigación, tomando en cuenta lo establecido dentro de la normatividad, se tuvo que el mejor comportamiento de las probetas ensayadas se dio para el caso de las unidades experimentales “1” (realizadas con 20 % de agregados), las cuales superaron el mínimo permisible en cuatro de los cinco tratamientos establecidos, específicamente en el tratamiento “A” logró superar por el doble el mínimo permisible; seguido de las probetas “2” (con 40% de agregados), las cuales superaron la mínima en tres de los cinco tratamientos ensayados como se logra observar en la figura 37. En el caso de ambos porcentajes de integración de agregados, los mejores resultados se presentaron en los tratamientos “A” y “D”.

Figura 37.

Resistencia a la compresión.



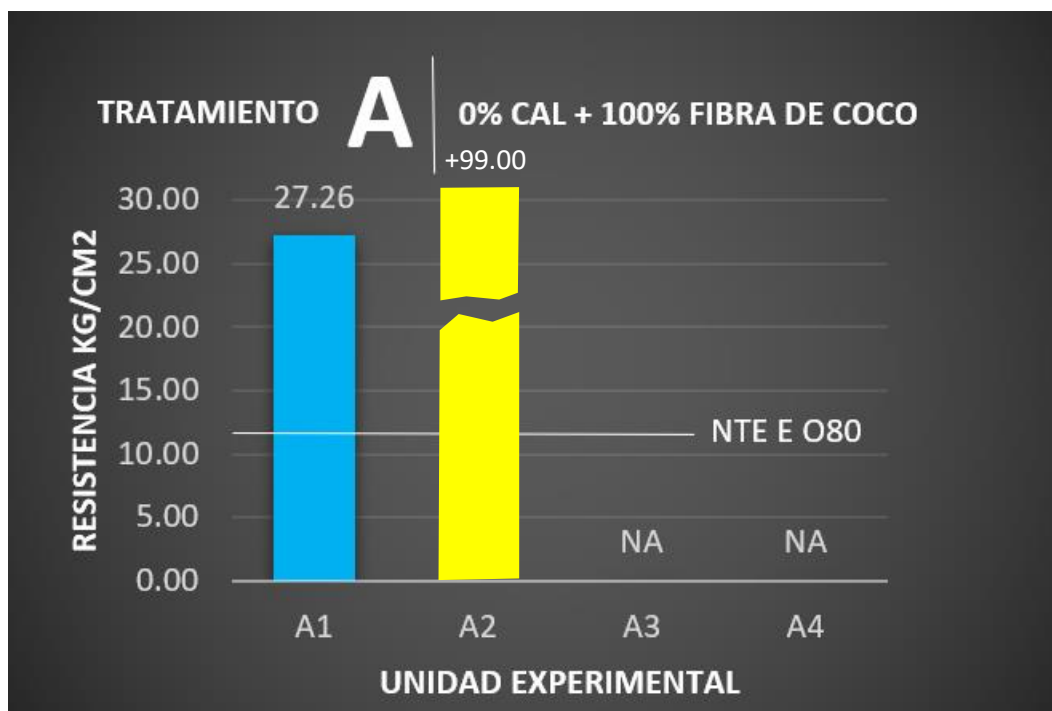
Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para realizar un mejor análisis de los resultados obtenidos, se hizo la comparativa entre el comportamiento de los distintos porcentajes de agregados por separado para cada uno de los tratamientos.

En el tratamiento “A” en las dos probetas ensayadas se logró observar que conforme fue aumentando el porcentaje de integración de los agregados, se obtuvo un aumento ante los esfuerzos de la compresión de las probetas (figura 38), en la unidad experimental “A1” por 2.27 veces, mientras que en la “A2” por 8.25 veces; este mismo comportamiento se repite para el caso de las probetas ensayadas con el tratamiento “B”; haciéndose notar que en el primer tratamiento las probetas rebasan el mínimo permisible, mientras que las segundas ninguna logra alcanzarlo.

**Figura 38.**

*Comportamiento del tratamiento “A” a la compresión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Para el caso de la probeta del tratamiento “A2”, que fue de las últimas que se logró realizar con alto contenido de fibra de coco (figura 39), en esta el comportamiento fue especial, ya que llegó a alcanzar valores a la compresión por

arriba de  $99 \text{ kg/cm}^2$  y en la que la deformación fue de la más alta, esto debido a que la baja concentración de tierra hizo que actuara como una esponja que pudo comprimirse sin llegar al fallo de la probeta, mostrando únicamente deformación de la misma, tal como se logra apreciar en la figura 40.

**Figura 39.**

*Probeta "A2" sin ensayar.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

**Figura 40.**

*Probeta "A2" ensayada.*



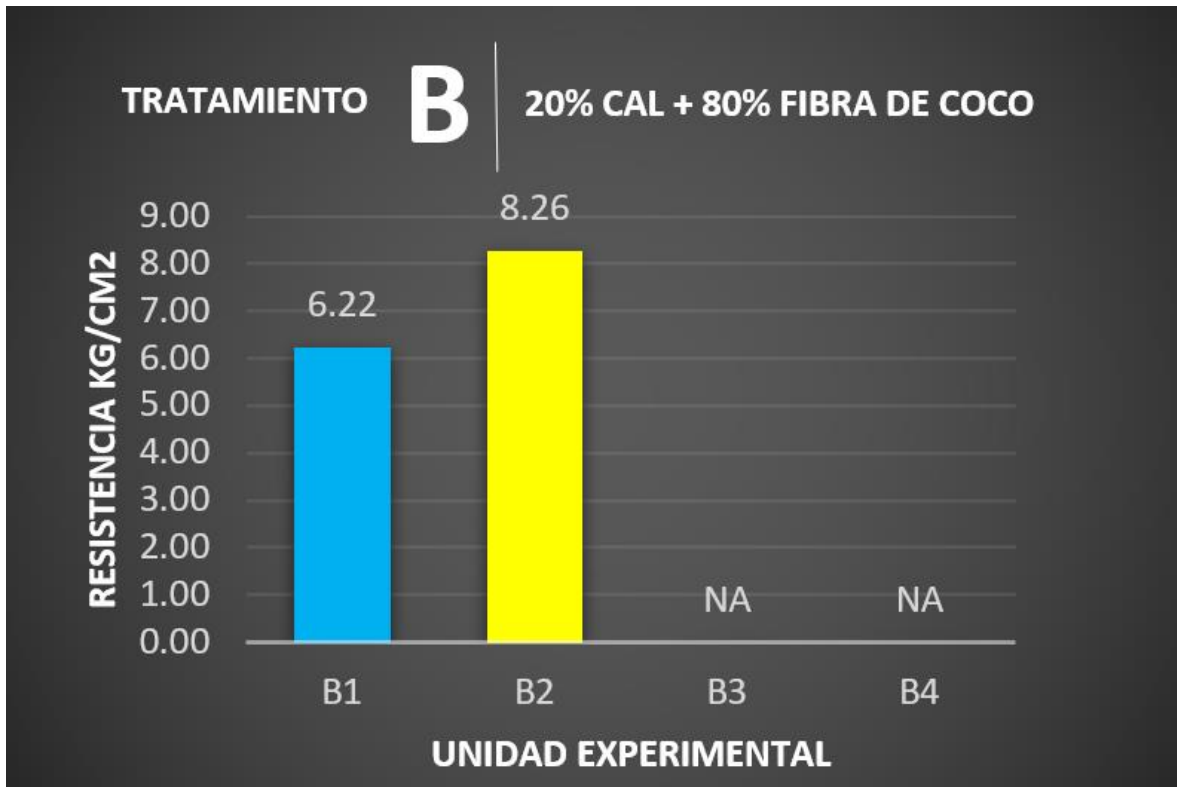
*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En las probetas correspondientes al tratamiento "B" (figura 41) los resultados arrojaron un mejor comportamiento ante la compresión conforme se aumenta el porcentaje de agregados añadidos a las unidades experimentales, sin embargo, sus resultados no logran superar los establecidos por la normatividad peruana.



Figura 41.

Comportamiento del tratamiento “B” a la compresión.



Nota: Fuente propia del autor (2021).

Las probetas ensayadas en estas mezclas, si bien presentaron fisuras que las llevaron al fallo de las mismas, gracias a la cantidad de fibra de coco que contenían, esta hizo que la probeta si bien un tanto deformada por el peso aplicado, siguiera manteniendo su forma; observándose que no hay desprendimiento de material de ninguna de las caras de la probeta como se logra apreciar en la siguiente imagen (figura 42):

Figura 42.

Probeta B1 ensayada.



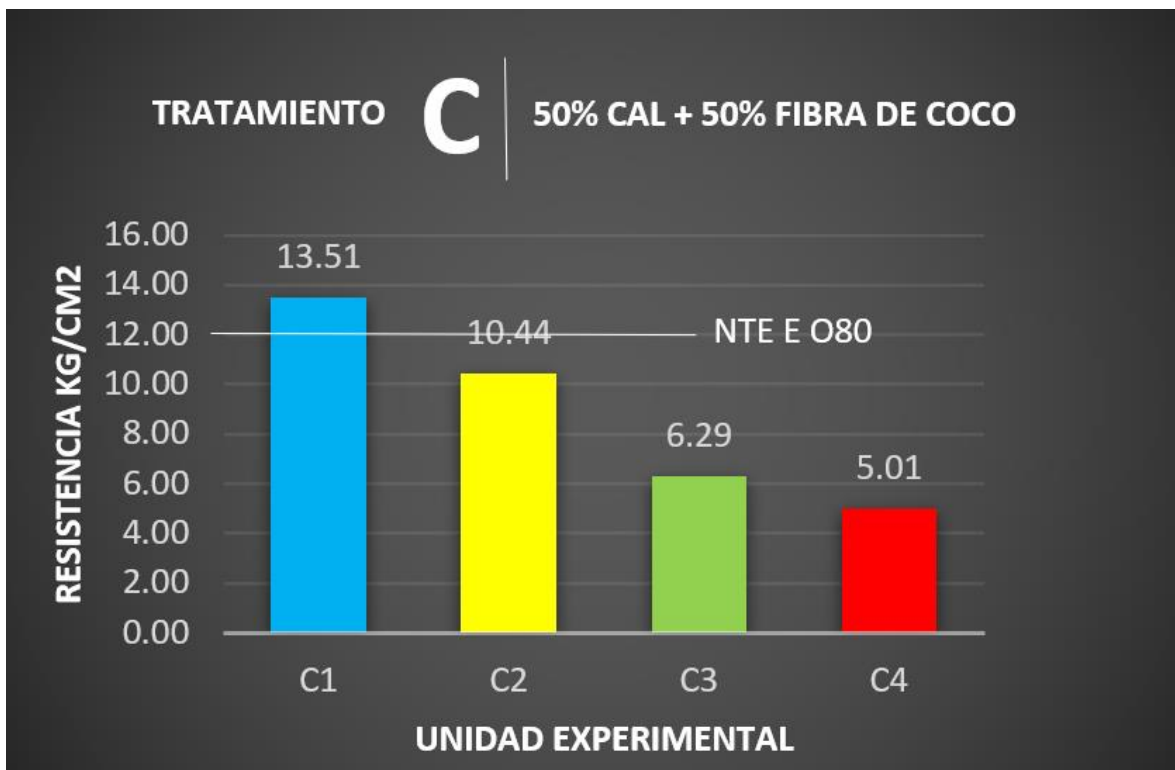
Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para el resto de los tratamientos restantes “C”, “D” y “E” el comportamiento fue completamente contrario a los analizados, ya que en cada uno de ellos la resistencia a la compresión bajó conforme aumentó el porcentaje de agregados integrados a las unidades experimentales.

En el tratamiento “C” únicamente en una de los cuatro distintos porcentajes de agregados se logró sobrepasar por poco el mínimo permitido de compresión, el cual se obtuvo por la probeta de la unidad experimental “C1” de acuerdo con los datos expuestos en la figura 43.

**Figura 43.**

*Comportamiento del tratamiento “C” a compresión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Una vez realizados los ensayos en las probetas del tratamiento “C” se observa que existe una gran cantidad de grietas generadas por la aplicación de peso en la probeta (figura 44), pero por las fibras de coco integradas en su mezcla no presenta desprendimiento de materia.

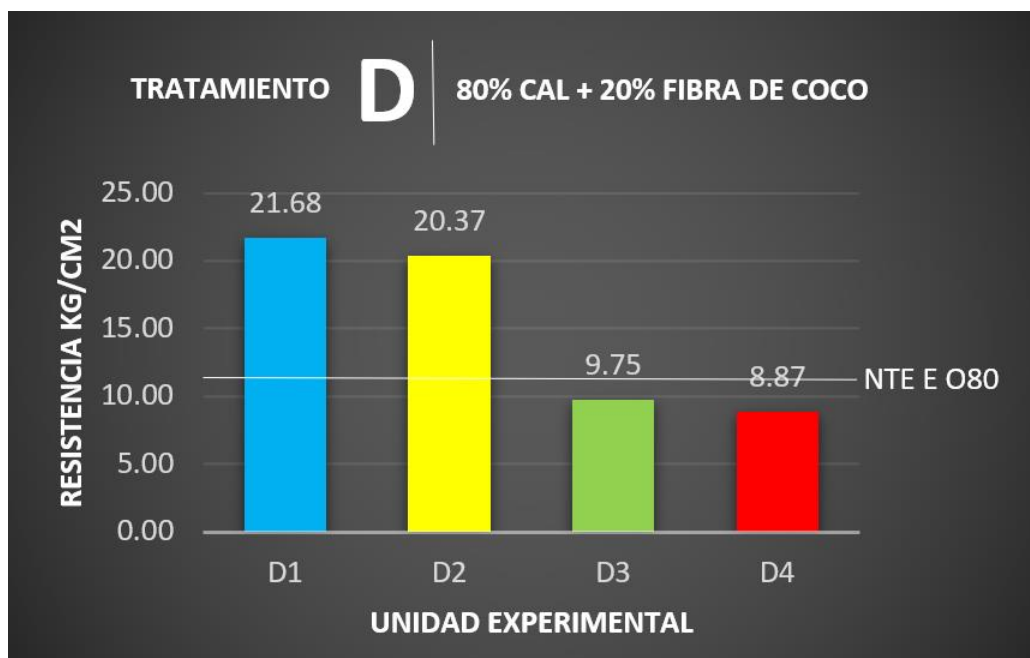
**Figura 44.**  
*Probeta C1 ensayada.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Para el caso de las probetas del tratamiento “D” (figura 45) tenemos que la mitad de las unidades experimentales ensayadas lograron rebasar por casi el doble el mínimo permisible de compresión, esto se presenta en el caso de las probetas “D1” y “D2”.

**Figura 45.**  
*Comportamiento del tratamiento “D” a la compresión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Las probetas ensayadas del tratamiento “D” presentaron agrietamiento, pero no mostraron desprendimiento de material (figura 46), ya que contenían dentro de sus agregados la fibra de coco que funcionó para lograr una mejor estructuración de la mezcla y que la probeta mantuviera su forma a pesar del agrietamiento ocasionado tras el ensayo de compresión.

**Figura 46.**

*Probeta “D1” ensayada.*

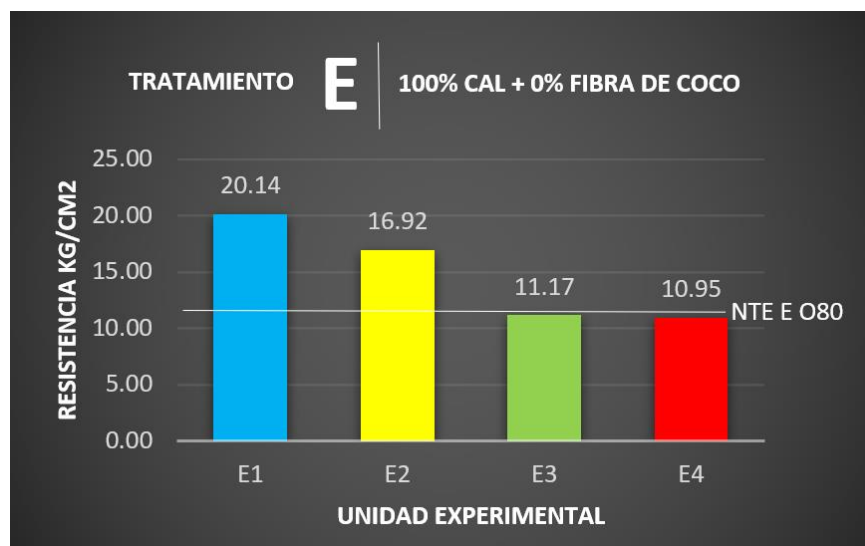


*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Por último, en los resultados del tratamiento “E” (figura 47) la mitad de las probetas lograron estar por arriba del mínimo permisible de compresión, en las unidades experimentales “E1” y “E2”, mientras que las otras dos unidades experimentales quedaron por poco abajo del mínimo permitido.

**Figura 47.**

*Comportamiento del tratamiento “E” a la compresión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

Una característica observada que es importante tener en cuenta en este tratamiento, es que estas probetas al momento de ser ensayadas, por no contener fibra de coco que aglomerara la mezcla, presentaron desprendimiento de material al aplicar la carga máxima y presentar el fallo (figura 48).

**Figura 48.**

*Probeta "E3" ensayada.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

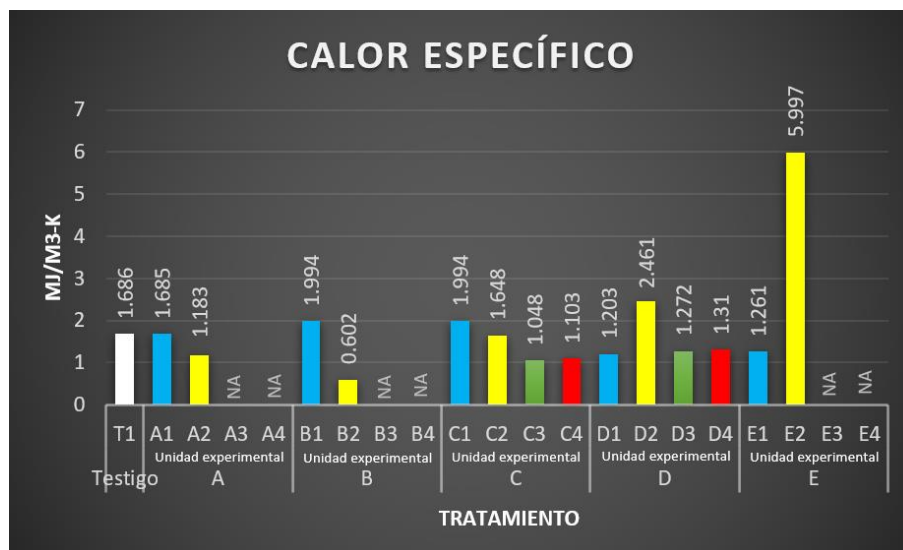
### **Térmico:**

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos separándolos por cada una de las cuatro características térmicas estudiadas.

Para el caso de calor específico (figura 49) los resultados mostraron que tres de las trece probetas ensayadas se posicionaron por encima del valor obtenido por el testigo que fue de  $1.686 \text{ MJ/m}^3\cdot\text{K}$ .

**Figura 49.**

Resultados de calor específico.

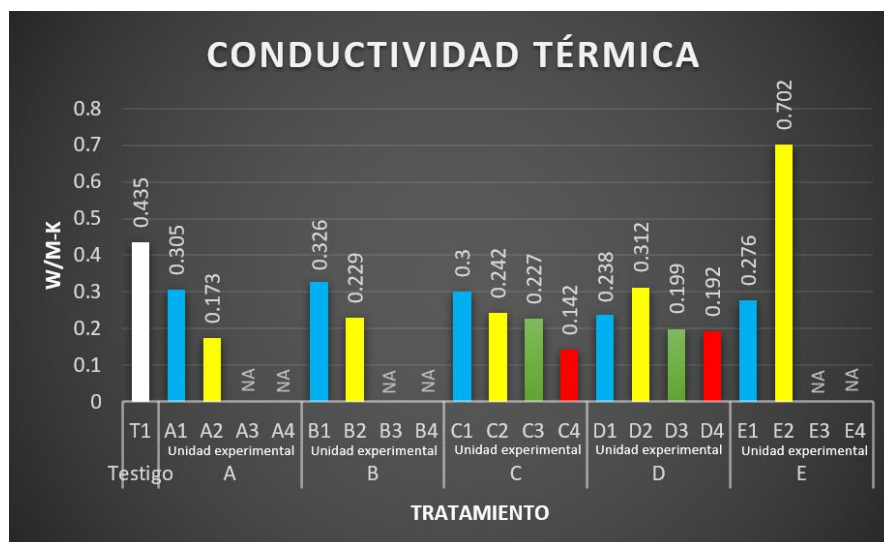


Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para los valores obtenidos en cuanto a la conductividad térmica (figura 50), se apreció que con respecto a los valores de los testigos que dieron un promedio de 0.435 W/m<sup>2</sup>-K, todas las probetas ensayadas de los distintos tratamientos propuestos lograron mejorar su conductividad térmica del testigo.

**Figura 50.**

Resultados de conductividad térmica.



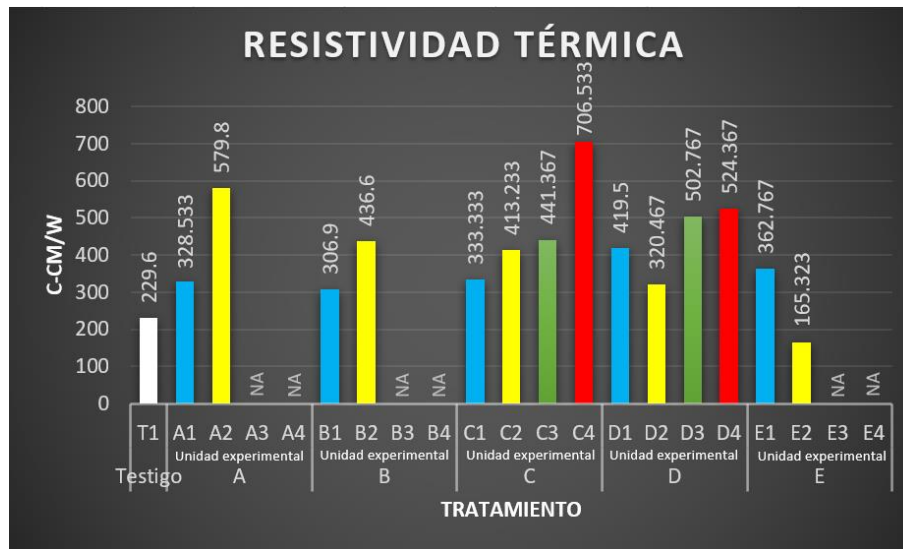
Nota: Fuente propia del autor (2021).



La resistividad térmica es otro de los factores que también se vio favorecido con los valores arrojados de los ensayos de esta investigación (figura 51), ya que se obtuvieron mejoras en todas las probetas ensayadas en relación con el testigo.

**Figura 51.**

*Resultados de resistividad térmica.*



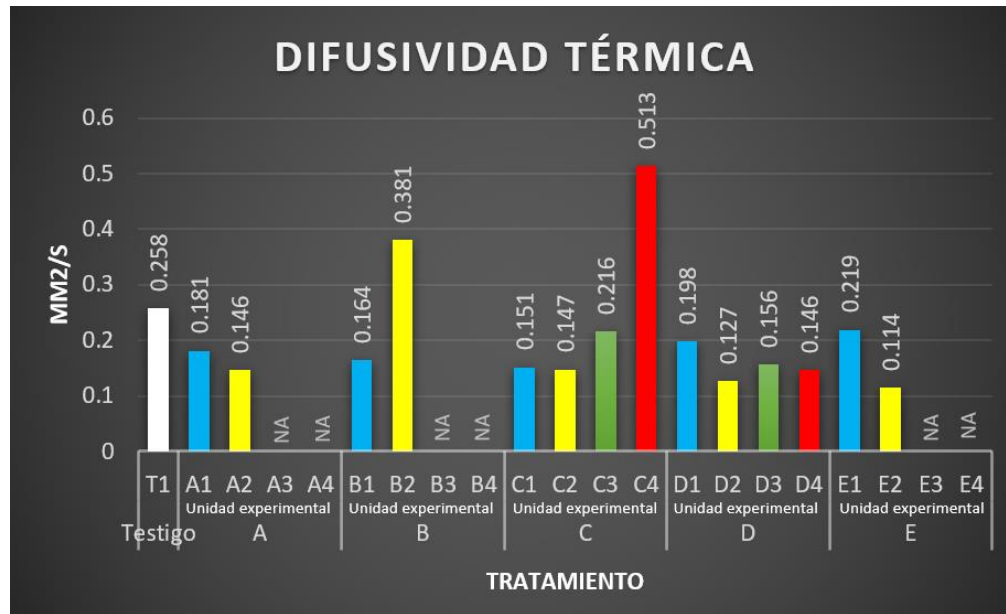
*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En cuanto a la difusividad térmica podemos observar un buen comportamiento en general (figura 52), ya que el testigo arrojó como resultado  $0.258 \text{ mm}^2/\text{s}$  y solo dos de las probetas obtuvieron valores más altos, las unidades experimentales “B2” con  $0.381 \text{ mm}^2/\text{s}$  y la “C4” con un  $0.513 \text{ mm}^2/\text{s}$ .



**Figura 52.**

*Resultados de difusividad térmica.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

### Absorción de humedad:

Los resultados arrojados por las probetas al someterlas al proceso de saturación de agua para conocer su capacidad de absorción de humedad y por tanto el aumento que esta genera en el peso de las distintas mezclas; en la figura 53 se logra apreciar que con el aumento del porcentaje de los agregados en la mezcla, se tiene una disminución de peso en seco.

Figura 53.

Comparativa de pesos en seco e hidratado.



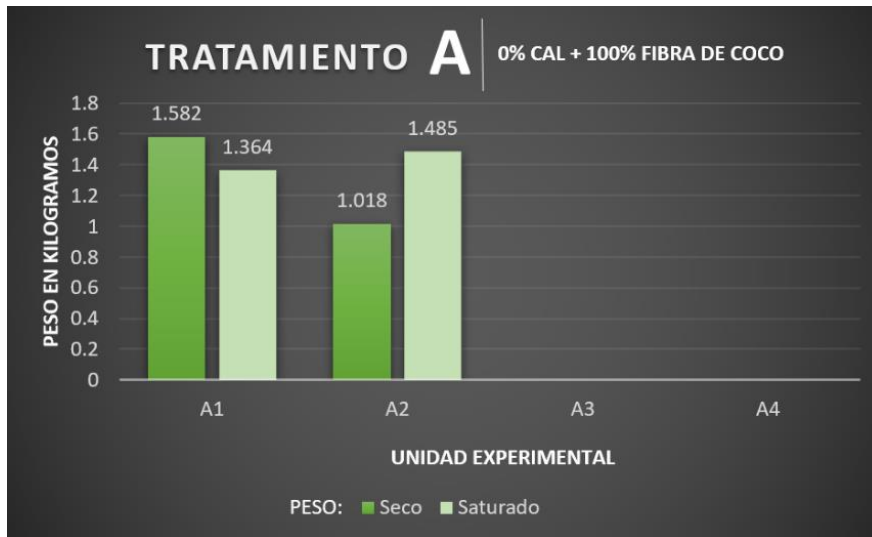
Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para realizar un mejor análisis de este comportamiento que se menciona, se muestran a continuación los gráficos en los que se separa por tratamiento los resultados y valores de cada una de las probetas ensayadas.

Para el caso del tratamiento “A” se tiene el ensayo de dos probetas (figura 54), en cuanto al peso en seco se tiene una importante disminución del mismo conforme aumentaron los agregados; para el peso saturado la probeta del 20% de agregados registra una cantidad menor de peso con respecto al peso seco de la misma, esto debido a que no contiene cal y la alta cantidad de tierra ocasionó que se desprendiera una cantidad considerable de material; para el caso de la probeta con 40 % de agregados se tiene un aumento del 45.87 % respecto a su peso en seco.

**Figura 54.**

*Absorción de humedad de las probetas "A".*

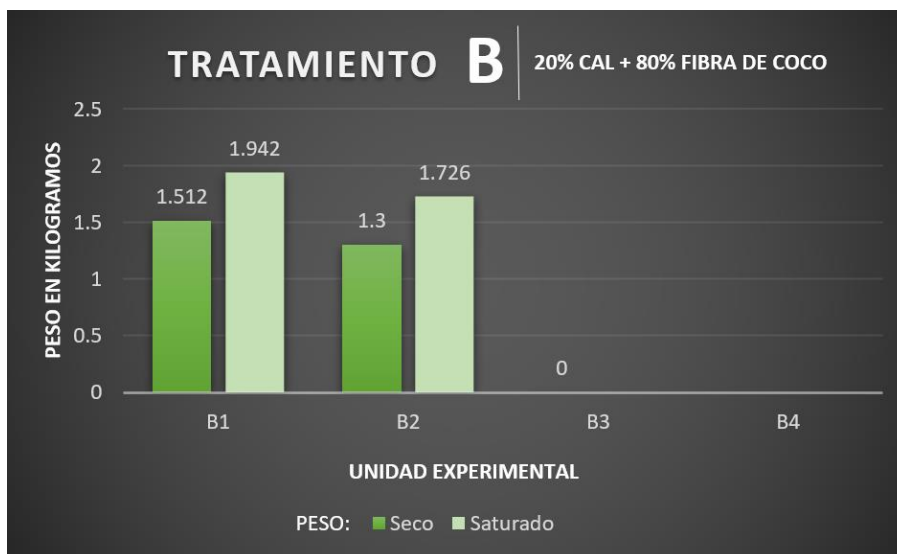


*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En el tratamiento "B" se volvió a observar una disminución del peso en seco de las probetas conforme se aumenta el porcentaje de agregados (figura 55); para el tema de absorción de humedad la probeta "B1" registra un aumento del 28.43%, mientras que la probeta "B2" alcanza un 32.76% más de peso.

**Figura 55.**

*Absorción de humedad de las probetas "B".*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En el tratamiento “C” donde se lograron ensayar las cuatro probetas que integran dicho tratamiento (figura 56), se hace más notario el comportamiento de pérdida de peso con respecto al aumento de los agregados en la mezcla; así mismo se logra apreciar el aumento de la capacidad de absorción en medida que aumentan los agregados, teniéndose para la probeta “C1” un porcentaje de aumento de 23.36%, para la “C2” un 29.16%, para la “C3” un 39.65% y por último la “C4” un 50.35%, todas en relación son su peso en seco.

**Figura 56.**

*Absorción de humedad de las probetas “C”.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

De acuerdo a los resultados obtenidos por el tratamiento “D” se tiene una disminución de peso conforme se aumentan los agregados y a su vez un aumento de la capacidad de absorción con la misma condicionante (figura 57); el peso tras saturarse las probetas quedó para la probeta “D1” un aumento del 21.85%, la “D2” un 27.93%, la “D3” un 37.81% y, por último, la “D4” un 48.15%.

**Figura 57.**

*Absorción de humedad de las probetas "D".*

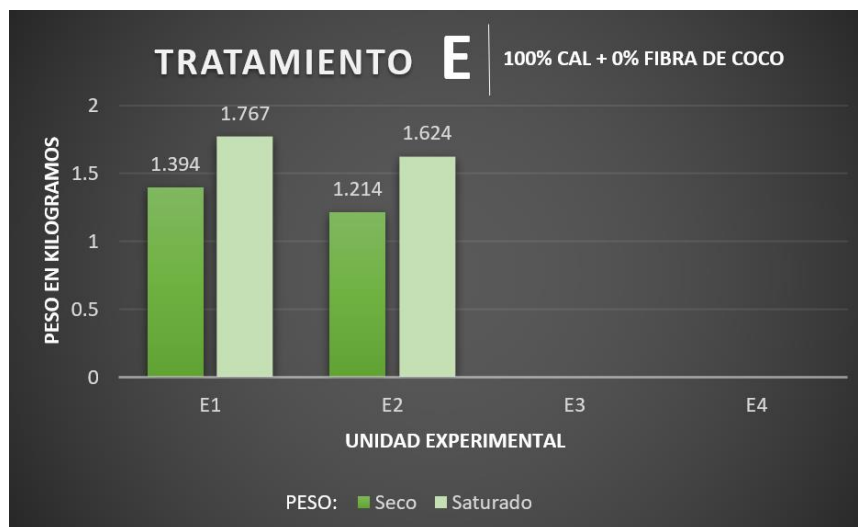


*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En el caso de los resultados de las probetas del tratamiento "E" (figura 58) solo fue posible ensayar dos de los tratamientos en los cuales se sigue observando el mismo factor, a mayor porcentaje de agregados, mayor capacidad de saturación; la unidad experimental "E1" presentó un 26.75% de incremento al estar saturada, mientras que la "E2" mostró el aumento de un 33.77%.

**Figura 58.**

*Absorción de humedad de las probetas "E".*



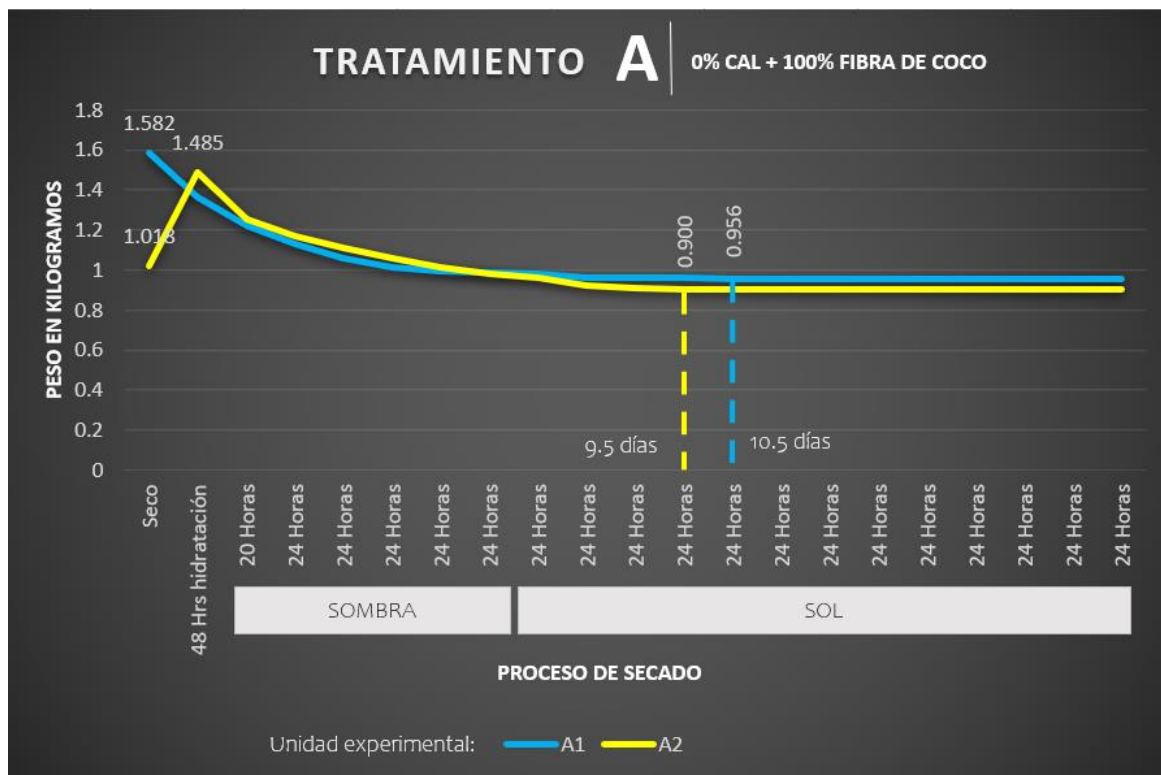
*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

### Retención de humedad:

Las probetas ensayadas para el caso del tratamiento “A” (figura 59), se asemejan en gran medida a su proceso de secado o pérdida de humedad, teniendo las mayores pérdidas durante el secado a la sombra de los primeros seis días, la unidad experimental “A1” con 20% de agregados logró perder la humedad retenida en 10.5 días de secado; mientras que la probeta “A2” compuesta por 40% de agregados, presentó un aumento del 45.87% de su peso con referencia al registrado en seco, mismo que logró perder en nueve días y medio de secado, como se logra apreciar en los resultados expuestos.

Figura 59.

Retención de humedad tratamiento “A”.



Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para el comportamiento del proceso de pérdida de humedad de las unidades experimentales ensayadas en el tratamiento “B” (figura 60), se tiene una semejanza en ambas, la probeta “B1” logra alcanzar su proceso máximo de secado en 18.5

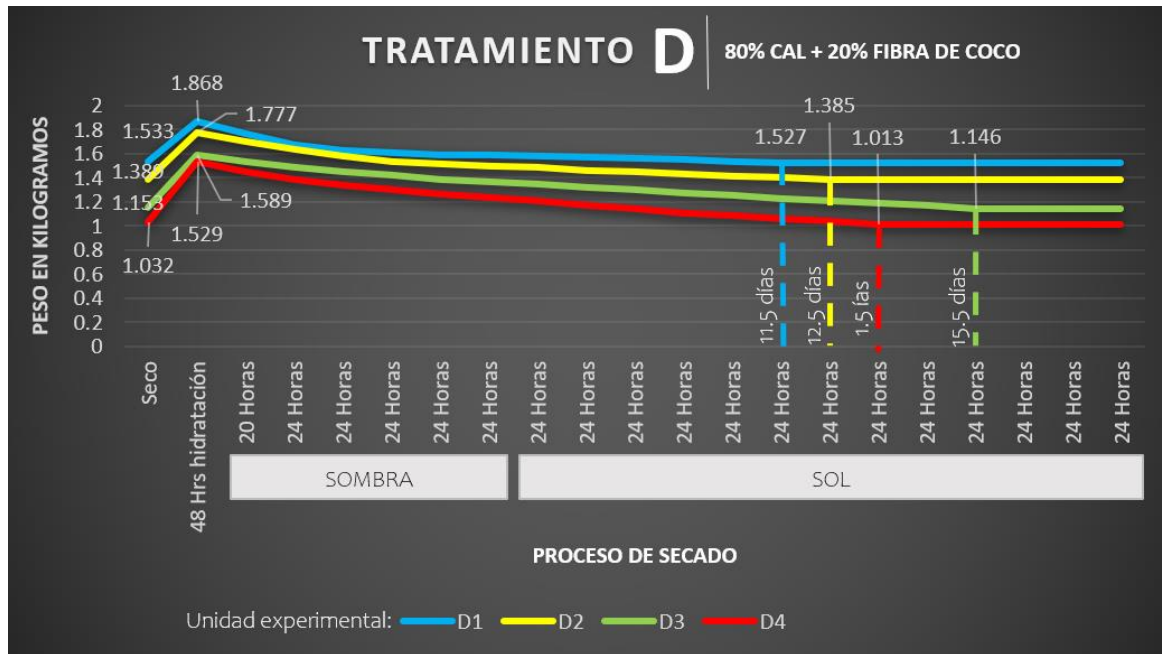






Figura 62.

Retención de humedad tratamiento “D”.

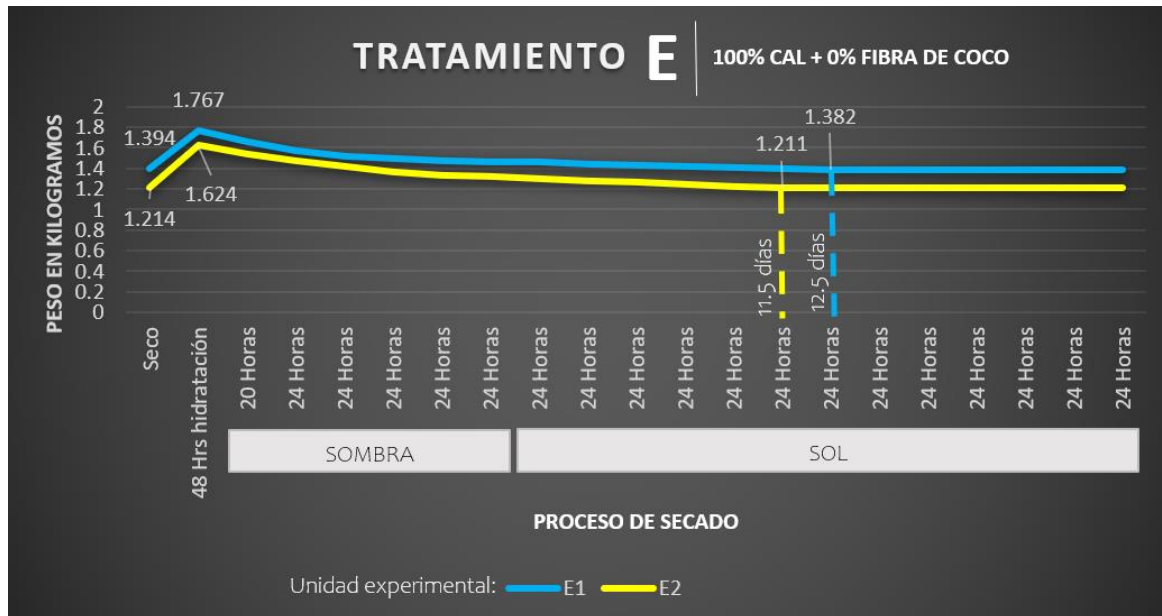


Nota: Fuente propia del autor (2021).

Para finalizar se presentan en la gráfica 21 los datos que arrojaron las probetas del tratamiento “E”, del cual solo se ensayaron las unidades experimentales “E1” y “E2”, que dieron una duración de secado de 12.5 y 11.5 días respectivamente, proceso que tuvo su mayor pérdida de humedad en los días de secado a la sombra.

Figura 63.

Retención de humedad tratamiento "E".



Nota: Fuente propia del autor (2021).

Como resultado del análisis realizado durante el ensayo de cada una de las unidades experimentales en cada una de las pruebas realizadas, se pudo determinar las conclusiones y recomendaciones pertinentes, generadas gracias a la observación y lectura del comportamiento presentado por las probetas.



## 5. CONCLUSIONES

En este rubro podremos precisar que con base a toda la información anteriormente expuesta se cumplió con el desarrollo de un tipo de adobe mejorado con óxido de calcio y fibra de coco, el cumplimiento de las características físico mecánicas comparativamente con el adobe tradicional que se empleó como testigo, evidenció que la resistencia en promedio de las probetas más altas fue de aproximadamente el 50%; sin embargo, el 35% de ellas presentaron valores mayores en un 180%, otro 30% presentó valores al 85% de la capacidad de carga mínima establecida dentro de la literatura, quedando el otro 35% restante con valores menores al 10% de la misma norma peruana NTE E 080. Ver gráfica 1.

Se comprueba además que este material baja aún más la conductividad que se espera para el adobe tradicional que según Cecilia Aching y Soledad Moscoso el coeficiente oscila entre 0.46 y 0.81 W/m·K, llegando a obtener valores por debajo de este rango en la totalidad de las mezclas analizadas incluso el testigo, el cual obtuvo el valor más alto con 0.435 W/m·K, y el resto de las mezclas de los distintos tratamientos logró disminuir ese resultado denotando que en todos los casos al bajar los valores se mejoran las características térmicas comparadas, los más eficientes fueron las probetas “A2” y “C4” con valores menores al 0.175 W/m·K que representan el 15%, posteriormente en el rango de 0.200 al 0.300 W/m·K se encuentra el 54% de las unidades experimentales; por último, con valores superiores al 0.300 W/m·K se tienen el 31 % restantes.

Podemos decir que la proporción ideal de agregados que debe de tener el adobe mejorado, para lograr mantener o mejorar sus condiciones mecánicas en general están dadas en los tratamientos “D” (80% óxido de calcio y 20% fibra de coco) y “E” (100% óxido de calcio y 0% fibra de coco) por los resultados obtenidos en las pruebas, destacando las unidades experimentales “D1” y “D2” como las que mejor se comportan; sin embargo, en el tratamiento “E” se observó el comportamiento más frágil en todos los ensayos.



Debido a la abundante presencia de los materiales de los cuales se componen las mezclas propuestas en esta investigación, se puede considerar el adobe mejorado, como una alternativa constructiva sustentable dentro del mercado de la industria de la construcción, además de fomentar la eco arquitectura y la bioconstrucción en las áreas costeras, ya que la abundancia de los materiales empleados permite que su aprovechamiento se haga de manera que no se vean comprometidos los mismos a futuro, aunado a una inclusión de los tres ejes de la sustentabilidad que son económico, ecológico y social.

Otro aspecto relevante es que la hipótesis establecida que dice: "Dado que, en las mezclas del adobe tradicional, se carece de elementos que ayuden a aglutinar sus componentes de manera eficiente y el uso de fibras vegetales es casual, al agregar óxido de calcio y fibra de coco de forma específica, se logrará mejorar las características mecánicas y térmicas de las mezclas en relación a la del adobe tradicional", es aceptada, considerando la relación que se encontró entre sus variables, en relación a las características mecánicas podemos concluir que se cumplió de manera parcial ya que los valores promedios más altos correspondientes al 35% de las unidades experimentales ensayadas resultaron alrededor de 21 kg/cm<sup>2</sup> y el testigo de 46,82 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo los datos de la literatura y normas establecen que los valores mínimos permisibles serán de 12 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que se mejoró dicho valor en un 180%. Con relación a las características térmicas se cumple en su totalidad, ya que se lograron valores menores al 50% de la conductividad térmica especificadas en la literatura, obteniéndose el mejor resultado de 0.142 W/m-K por parte de la unidad experimental "C4", mientras que el resultado más alto fue de 0.326 W/m-K se tuvo por la probeta del tratamiento "B1", manteniéndose aún por abajo del valor del testigo por - 0.109 W/m-K. Para el caso de calor específico el 76.92% de las probetas ensayadas lograron mejorar el resultado de la probeta testigo que fue de 1.686 MJ/m<sup>3</sup>-K siendo solo la "B1", "C1" y "D1" con valores mayores con 1.994, 1.994 y 2.461 MJ/m<sup>3</sup>-K respectivamente. En la resistividad térmica el testigo registró un valor de 229.6 °C·cm/W, el rango de mejora va desde un 33.66% hasta un 207.72%, con valores como mínimo de 306.9 °C·cm/W



de la unidad experimental “B1” y máximo de 706.533 °C·cm/W de la probeta “C4”. En cuanto a la difusividad térmica el 84.61%, mostraron valores por debajo del testigo arrojando el mejor resultado la unidad experimental “D2” con 0.127 mm<sup>2</sup>/s.

Además de los puntos anteriores, se logró el objetivo planteado que dice “Proponer diferentes proporciones de agregados de óxido de calcio, fibra de coco y arcilla, para determinar la resistencia mecánica y térmica de las mezclas; respecto a la mezcla tradicional del adobe” es de gran importancia pues toda la investigación dependió integralmente del mismo, ya que se dio a partir del cumplimiento de las siguientes condiciones: se determinaron las características de los materiales empleados, se implementó el diseño experimental de las mezclas, se elaboraron los especímenes de acuerdo al diseño, se realizaron los ensayos de laboratorio tanto para compresión como para características térmicas, y por último, fue posible por medio del análisis y la discusión de los resultados obtener las conclusiones y recomendaciones.

En cualquier proceso investigativo o experimental, se obtiene información de forma paralela que en la mayoría de las ocasiones resulta ser de gran importancia y que abona de una o de otra manera en el área del conocimiento en el que se enfoca esta investigación; tal es el caso del peso del adobe, principal aspecto criticado del material, esta nueva mezcla es una opción viable que resuelve en gran medida este punto, debido a que se tiene una mejora en la disminución del peso por parte de todos los tratamientos realizados, los cuales tienen un rango de disminución respecto del testigo que va desde el 11.37 % hasta un 42.96% en el mejor de los casos, dependiendo de la mezcla y tratamiento que se elija. Otro aspecto es el comportamiento físico mostrado de las diferentes unidades experimentales, donde se pudo encontrar que, según las cantidades de fibra de coco empleada en cada una de las mezclas, se presentó un grado alto de ductilidad a mayor uso de la misma y de forma contraria en su ausencia un comportamiento frágil, siendo la cantidad de mayor de óxido de calcio en las probetas correspondientes. Por otro lado, y contrario a lo que comúnmente pudiéramos pensar, el alto contenido de fibra de coco no favorece a la resistencia térmica, sin



embargo, a mayor cantidad de cal en la mezcla se observa una mayor resistencia térmica en los ensayos.

Otras aportaciones que se lograron en este trabajo de investigación, fueron las que se presentaron tanto en el rubro de resultados y discusión de los mismos correspondientes a los temas de absorción y retención de humedad; ya que estos aspectos fueron estudiados de manera adicional a los establecidos en el trabajo de tesis y que generaron las siguientes conclusiones: en todas las pruebas de absorción se observó que una vez realizada la saturación, las probetas a medida que aumentaron los agregados fue mas bajo su peso, pero aumentó su capacidad de absorción, teniendo para el tratamiento “C” las diferencias más altas, destacando la probeta “C4” con un 50.35%, en relación con su peso en seco.

Como era de esperarse los cubos que resultaron más afectados fueron los que contenían bajo nivel de agregados, inclusive pudo observarse que el cubo testigo compuesto de tierra al 100% a las dos horas de haber estado en el proceso de hidratación, se desintegró completamente, como se muestra en la figura 64:

**Figura 64.**

*Probetas a 2 horas de inmersión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).



La probeta del tratamiento “A1” tuvo desprendimiento de tierra y presentó afectaciones importantes en su estructura (figura 65), la fibra se quedó en la probeta, pero sin el elemento que hiciera la cohesión la morfología de la probeta se vio afectada.

**Figura 65.**

*Probeta “A1” después de la prueba de inmersión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).

En el caso del tratamiento “A2” al contener un nivel alto en fibra de coco, sufrió desprendimiento casi total del material cohesivo, que para este caso era la tierra, mostrando separación de las fibras y perdiendo tanto la forma como la estructura de la probeta (imagen 45).

**Figura 66.**

*Probetas después de la prueba de inmersión.*



*Nota:* Fuente propia del autor (2021).



En la imagen 25 se muestra el proceso de secado a la sombra, en el cual fueron aisladas las probetas del contacto con el piso por medio de una estructura plástica y colocadas en un lugar de ventilación directa; mientras que en la imagen 26 podemos apreciar el proceso de secado ante la radiación solar directa, una vez transcurridos los 6 días de secado a la sombra.

En relación a la retención de líquido dentro de la probeta se destaca la probeta "A1", ya que sufrió grandes pérdidas de material debido a que no contiene cal en su composición lo que la hizo susceptible al proceso de hidratación, representado en un menor peso al momento de hacer la medición a las 48 horas de hidratación y logró llegar a un peso fijo a los diez días y medio de secado.

Se pudo observar en las pruebas de retención de humedad que, las probetas se lograron secar entre los 10 y 19 días de dicho proceso, lo que quiere decir que este tipo de mezclas no requiere de los 28 días de secado que marca la normatividad internacional, debido a las condicionantes climáticas de la región de Colima en la estación de primavera que es cuando se llevó a cabo el análisis.

Por lo que, se presentó una diferencia de nueve días en el secado de las probetas de acuerdo a lo establecidos en la normatividad internacional y lo presentado en las unidades experimentales de esta investigación, estos valores son específicamente aplicables en lugares que presente igualdad de condiciones climáticas a las del estudio.

A partir de los resultados obtenidos con la investigación podemos generar nuevas áreas de estudio y recomendaciones que ayuden a fortalecer el conocimiento de la construcción con adobe, una de ellas sería generar nuevos tratamientos de mezcla en los cuales los rangos de integración de agregados se localicen entre los porcentajes mejor posicionados de esta investigación que fueron los tratamientos "D" (80% óxido de calcio y 20% fibra de coco) y "E" (100% óxido de calcio y 0% fibra de coco).



Específicamente en el tema de las variables empleadas que en este caso son la tierra, la fibra de coco y la cal; existen también dentro de ellas varias opciones a seguir investigando, una de las alternativas sería el emplear tierra de distintas fuentes de extracción u obtención dentro del estado, así mismo, realizar pruebas básicas de las características del tipo de suelo a emplear y definir su composición; para poder determinar la de mejor funcionamiento dentro de las mezclas y sería por tanto la óptima para la elaboración de este tipo de adobe; en cuanto a la fibra se pudiera analizar las mezclas con distintas longitudes de las fibras para ver si tienen alguna influencia en el funcionamiento mecánico de las probetas; y por último, en la cal podría desarrollarse investigación con cal de alta pureza o cal viva, que se sabe por medio de varias investigaciones que este tipo de cal aporta una mayor resistencia y durabilidad a las piezas constructivas, además de que lleva un proceso completamente distinto a la cal hidratada, esta última con mayor presencia en el mercado y; sin embargo este último punto podría reducir en mucho el área de aplicación de la mezcla, debido a que este tipo de cal tiene un mercado de distribución reducido y por tanto es una alternativa más costosa.

El material resultado de esta investigación puede emplearse en otros sistemas constructivos a base de tierra cruda para conocer su comportamiento constructivo, tal es el caso de muros tapial, bloques de tierra comprimido (BTC), hiperadobe, bahareque, entre otros y poder realizar la comparativa con las mezclas empleadas comúnmente en dichos sistemas constructivos.

Con todo lo analizado y concluido en esta investigación se pueden plantear nuevas preguntas de investigación:

- Si se toma una de las unidades experimentales con mejor comportamiento ante la compresión y se plantean rangos de agregados menores, ¿podría llegar a mejorarse la capacidad de la mezcla ante dicho esfuerzo?
- Por su buen comportamiento ante las características térmicas presentadas, que fueron inferiores a los parámetros que se esperan para este tipo de material, ¿podría considerarse estas mezclas como una alternativa para el



desarrollo de productos aislantes térmicos dentro de la industria constructiva?

- Por su composición con cal, ¿podrían emplearse las mezclas dentro de un sistema de mampostería que dejara sus elementos aparentes, ahorrando costos de producción al no ser necesario el repellado de paredes, o productos hidrofóbicos que se aplican actualmente como acabado para proteger de la intemperie?
- Por su comportamiento ante la compresión, ¿podría generarse bloques de adobe en base a estas mezclas, con dimensionamiento menor a los que tradicionalmente se elaboran y optimizar sus características a la compresión y resistividad térmica?



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Amorós García Marta (2011). *Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal*. Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de: <http://oa.upm.es/9058/>
- Araya-Letelier Gerardo, Duy Enrique, Ursua Reidel, Kunze Sabine, Burbano Claudia & Saavedra Flores Erick I. (2019, noviembre). *Bloques de adobe reforzados transversalmente con plástico de botellas recicladas*. XIV Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras, CINPAR 2019. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/337227755\\_BLOQUES\\_DE\\_ADOBE\\_REFORZADOS\\_TRANSVERSALMENTE\\_CON\\_PLASTICO\\_DE\\_BOTELLAS\\_RECICLADAS](https://www.researchgate.net/publication/337227755_BLOQUES_DE_ADOBE_REFORZADOS_TRANSVERSALMENTE_CON_PLASTICO_DE_BOTELLAS_RECICLADAS)
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2008). *UNE 41410, Bloques de tierra comprimidos para muros y tabiques*. Recuperado de: [http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une\\_414102008.pdf](http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une_414102008.pdf).
- Benites, V., Sánchez J. & Ruiz, G. (2018). *Efecto del extracto de Cabuya en la resistencia al agua del bloque de adobe para edificación*. The 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion". Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/327562955\\_Efecto\\_del\\_extracto\\_de\\_Cabuya\\_en\\_la\\_resistencia\\_al\\_agua\\_del\\_bloque\\_de\\_adobe\\_para\\_edificacion?enrichId=rgreq-46f43481b48f0c27979014db7a8ccb13-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNzU2Mjk1NTtBUzo2NzA4NTU2MDQ0Njk3NjRAMTUzNjk1NTg0ODQ1NQ%3D%3D&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/327562955_Efecto_del_extracto_de_Cabuya_en_la_resistencia_al_agua_del_bloque_de_adobe_para_edificacion?enrichId=rgreq-46f43481b48f0c27979014db7a8ccb13-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNzU2Mjk1NTtBUzo2NzA4NTU2MDQ0Njk3NjRAMTUzNjk1NTg0ODQ1NQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf)
- Catalán, P., Moreno, J., Galván, A., & Arroyo, R. (2019). *Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio*. Scielo.org. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-)



62662019000100118&lng=es&nrm=iso versión On-line ISSN 2007-9621 versión impresa ISSN 0188-6266.

Cárdenas, J. Chuya, E. & Ayala, F. (2018). *Comparación de la capacidad resistente de adobes y adobes reforzados con fibra de vidrio*. 18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, Guatemala. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/335985870\\_COMPARACION\\_DE\\_LA\\_CAPACIDAD\\_RESISTENTE\\_DE\\_ADOBES\\_Y\\_ADOBES\\_REFORZADOS\\_CON\\_FIBRA\\_DE\\_VIDRIO](https://www.researchgate.net/publication/335985870_COMPARACION_DE_LA_CAPACIDAD_RESISTENTE_DE_ADOBES_Y_ADOBES_REFORZADOS_CON_FIBRA_DE_VIDRIO)

Casado, Daniel. (2011). *La construcción con tierra cruda: el adobe y la tapia*. Sitio Solar. Recuperado de: <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>

Centro de Información y Documentación (CID) del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). *Adobe estabilizado con asfalto para muros (Métodos de ensayo)*. (2017) NTP 331.202:1979,. Recuperado de: [https://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/TITULO\\_III\\_EDIFICACIONES/III.2%20ESTRUCTURAS/E.080%20AOBE.pdf](https://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/TITULO_III_EDIFICACIONES/III.2%20ESTRUCTURAS/E.080%20AOBE.pdf).

Centro de Información y Documentación (CID) del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2017) *Adobe estabilizado con asfalto para muros (Requisitos)*. NTP 331.201:1979. Recuperado de: <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/alertainformativa/files/E-ALERTA%20RD%20047.pdf>.

Centro Intercacional de Construcción con Tierra (Craterre), Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble, Francia (ENSAG), (1979). *Catálogos de construcciones con tierra cruda*. Recuperado de: <http://www.craterre.org/terre.grenoble.archi.fr/livresPUBLI.php>

Chatham house. (2018, junio). *Haciendo cambios concretos: innovación en cemento y hormigón con bajo contenido de carbono*. ISBN: 978 1 78413 272 9. Recuperado de: <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete>.



- Concha-Riedel José, Antico Federico C. & Araya-Letelier Gerardo. (2020, octubre). *Similitudes mecánicas y de daño de bloques de adobe reforzados con fibras naturales e industriales*. *Matéria* (Río de Janeiro) 25 (4). DOI: 10.1590 / S1517-707620200004.1206. ISSN 1517-7076. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/344966847\\_Mechanical\\_and\\_damage\\_similarities\\_of\\_adobe\\_blocks\\_reinforced\\_with\\_natural\\_and\\_industrial\\_fibres](https://www.researchgate.net/publication/344966847_Mechanical_and_damage_similarities_of_adobe_blocks_reinforced_with_natural_and_industrial_fibres)
- Departamento de Energía de los Estados Unidos. (2019). Recuperado de: <https://www.energy.gov/combating-climate-crisis>
- Equipo de redactores de Arkiplus.com. (2019). *Bloques de adobe*. Recuperado de: <https://www.arkiplus.com/bloques-de-adobe/>
- Gandia Romulo, Gomes Francisco Carlos, Correa Andrea, Rodrigues Maykmiller & Bedin Marin Diego. (2019, noviembre). *Comportamiento físico, mecánico y térmico de adobe estabilizado con lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales*. *Engenharia Agrícola* 39 (6): 684-697. DOI: 10.1590 / 1809-4430-eng.agric.v39n6p684-697 / 2019. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/337852549\\_PHYSICAL\\_MECHANICAL\\_AND\\_THERMAL\\_BEHAVIOUR\\_OF\\_ADOBE\\_STABILIZED\\_WITH\\_THE\\_SLUDGE\\_OF\\_WASTEWATER\\_TREATMENT\\_PLANTS](https://www.researchgate.net/publication/337852549_PHYSICAL_MECHANICAL_AND_THERMAL_BEHAVIOUR_OF_ADOBE_STABILIZED_WITH_THE_SLUDGE_OF_WASTEWATER_TREATMENT_PLANTS)
- Gandia Romulo, Correa Andrea AR, Gomes Francisco Carlos, Bedin Marin Diego & Santos Santana Lucas. (2019, abril). *Comportamiento físico, mecánico y térmico del adobe estabilizado con "saliva sintética de termitas"*. *Engenharia Agrícola* 39 (2): 139-149. DOI: 10.1590 / 1809-4430-eng.agric.v39n2p139-149 / 2019. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/332854488\\_Physical\\_mechanical\\_and\\_thermal\\_behavior\\_of\\_adobe\\_stabilized\\_with\\_synthetic\\_termite\\_saliva](https://www.researchgate.net/publication/332854488_Physical_mechanical_and_thermal_behavior_of_adobe_stabilized_with_synthetic_termite_saliva)
- Gandreau, David, Delboy, Leticia (Colaboración de CRATerre-ENSAG (France) y UNESCO. (2012). *World heritage inventory of earthen architecture*. ISBN: 978-2-906901-70-4. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217020>.





- García Gómez, I. (2017). *Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales*. Universidad Tecnológica de la Mixteca, México. Recuperado de: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/13322.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13322.pdf)
- Gerardo Araya-Letelier, H González-Calderón, Sabine Kunze, Claudia Burbano-García, Ursula Reidel, Cristián Sandoval & Fernando Bas. (2020, julio). *Refuerzo de fibras naturales a base de desechos de mezclas de adobe: evaluación del desempeño físico, mecánico, de daños y durabilidad*. Diario de producción más limpia 273 (C): 122806.
- Gernot, Mike. 1994, *Lehmbau-Handbuch*, Alemania. (Primera edición), edición en castellano: Gernot, Mike. (2005, septiembre). *Manual de construcción en tierra*. Uruguay: Fin del siglo. ISBN 9974-49-347-1.
- Gernot Mike. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Universidad de Kassel, Alemania. Recuperado de: [http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/manual\\_de\\_construccion\\_para\\_viviendas\\_antisismicas\\_de\\_tierra.pdf](http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/manual_de_construccion_para_viviendas_antisismicas_de_tierra.pdf)
- Ibarra, E.L. (1988). *Diseño completamente al azar y comparaciones entre medias de tratamientos*. Tegucigalpa (Honduras). p. 31-41.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/#Publicaciones>
- Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal. (2008). *Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones*. cdmx.gob. Recuperado de: <https://www.isc.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/590/149/e58/590149e58c09c534300411.pdf>
- Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal. (2008). *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*. cdmx.gob Recuperado de: <https://www.isc.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/590/148/cd3/590148cd3e718185711014.pdf>



- Khoudja Daifallah, Bachir Taallah, O.Izemouren, Salima Aggoun, Ouided Herinhiri & Guettala Abdelhamid. (2020, diciembre). *Propiedades mecánicas y termofísicas de los ladrillos de tierra cruda que incorporan desechos de palmera datilera*. *Materiales de construcción y construcción* 270 (6). DOI: 10.1016 / j.conbuildmat.2020.121824. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/347436112\\_Mechanical\\_and\\_thermophysical\\_properties\\_of\\_raw\\_earth\\_bricks\\_incorporating\\_date\\_palm\\_waste](https://www.researchgate.net/publication/347436112_Mechanical_and_thermophysical_properties_of_raw_earth_bricks_incorporating_date_palm_waste)
- Llunitasing Chicaiza, S.M. y Siza Salazar, A.L. (2017). *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. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>
- Lovelock, James. (2007, julio). *The Revenge of Gaia*. USA: Penguin eBooks. ISBN: 9780141900810.
- Lovelock, James. (2006, enero). La tierra está a punto de contraer una fiebre mórbida que puede durar hasta 100.000 años. Recuperado de: <http://www.jameslovelock.org/the-earth-is-about-to-catch-a-morbid-fever-that-may-last-as-long-as-100000-years/>.
- Magaña, P., Moreno, J & Navarro, F. (2021). *Propuesta de normatividad aplicada a la construcción con tierra cruda en México*. *Revista digital: Innovación y desarrollo tecnológico*. ISSN:2007-4786. Recuperado de: <https://iydt.wordpress.com/>
- Mannise, Raul. (2012), *El adobe (ladrillos de barro y paja)*. Ecocosas. Recuperado de: <https://ecocosas.com/construccion/el-adobe/>.. Extraído de “Soluções Sustentáveis. Construções Naturais” de André Soares (Ecocentro IPEC).
- Medina, Edgar. (2014) *Construcción con adobe sismo resistente*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=HTkmZvXbFs0>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Gobierno de Perú. (2017). *NTE E 080, Diseño y construcción con tierra reforzada (adobes)*. Recuperado de: [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=109376](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376).



- Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C.. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Camino sostenible. Recuperado de: <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Manual%20para%20la%20Construccion%20de%20Viviendas%20Adobe.pdf>
- Moreno, L., & García Torres, J. (2019). *Estabilización de adobes con fibras de bambú*. *Revista Arquitectura +*, 4(8), 2-18. Recuperado de: <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v4i8.8981>
- Oliveira Schweig, E., Lobato Ferreira, R.T., Mello Rezende, G.B., Moura Aquino, V.B., Luis Christoforo, A. & Rocco Lahr, F.A. (2018). *Adobe soil-cement bricks reinforced with recycled kraft paper fibers*. *International Journal of Materials Engineering* 2018, 8(5): 101-108. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/327223444\\_Adobe\\_Soil-Cement\\_Bricks\\_Reinforced\\_with\\_Recycled\\_Kraft\\_Paper\\_Fibers](https://www.researchgate.net/publication/327223444_Adobe_Soil-Cement_Bricks_Reinforced_with_Recycled_Kraft_Paper_Fibers)
- Ortiz, D. Y. (2019). *Efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) de estiércol de caballo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe*. Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/14779>
- Ounoussa Millogoa, Jean-Emmanuel Aubert, Ahmed Douani Séréa, Antonin Fabbri & Vaquero-Claude Morelmi. (2016, enero). *Bloques de tierra estabilizados por estiércol de vaca*. *Materiales y Estructuras* 49 (11). DOI: 10.1617 / s11527-016-0808-6. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/291554072\\_Earth\\_blocks\\_stabilized\\_by\\_cow-dung](https://www.researchgate.net/publication/291554072_Earth_blocks_stabilized_by_cow-dung)
- Paredes Avilés, F. L. & De la Cruz Arce, G. M. (2017). *Estudio de estabilizadores en el adobe*. *Investigación y Desarrollo* 1(2): 1-6. Universidad Central del Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14632?mode=full>
- Quiape Crises, N. (2017). *Evaluación del esfuerzo admisible del adobe estabilizado con fibras de PET triturado en la zona de Mollepata provincia de Huamanga departamento de Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de



- Huamanga, Perú. Recuperado de:  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3152>
- Quinteño, Ana Aracely (2015). *La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán*. Universidad Católica de El Salvador, El Salvador. Recuperado de:  
<http://www.diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2016/06/30CalAnVol4.pdf>
- Rockström, J., et al. (2009). *Planetary boundaries:exploring the safe operating space for humanity*. Ecology and Society 14(2): 32. Recuperado de:  
<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Ruiz Serrano, M. (2019). *Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “Angustifolia Haw”*. Estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado de:  
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105029>
- Sader, Marta. (2019). *Por qué es urgente abandonar el cemento en la arquitectura*. Revista AD. Recuperado de:  
<https://www.revistaad.es/arquitectura/articulos/urgente-abandonar-cemento-arquitectura/24021?fbclid=IwAR0sh5nK63bYmhl1t8yNxlzSddmrfmhLg6VZMKNZCcletIAKdRm-vjALt7o>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2017). *Colima, tierra de cocos y palmeras*. Recuperado de:  
<https://www.gob.mx/agricultura%7Ccolima/articulos/colima-tierra-de-cocos-y-palmeras>
- Standards New Zealand, Ministerio de Empresa, Innovación y Empleo. (1998). *NZMP 4212: 1998, Glosario de terminología de construcción, NZS 4297: 1998 Diseño de ingeniería de edificios de tierra, NZS 4299: 1998 Edificios de tierra que no requieren un diseño específico*. Recuperado de:  
<https://www.standards.govt.nz/sponsored-standards/building-standards/nzs4298/>.



- Tello Perez, E.F. y Nieto Palomino, L.A. (2019). *Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10757/628256>
- Valverde León (2019). *Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz*. Universidad San Pedro, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/11411>
- Viñuales, G., MArtins, C., Flores, M., & Ríos, L. (1994). *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. PROTERRA. Recuperado de: <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Arquitectura%20de%20Tierra%20en%20Iberoamerica.pdf>

## 7. ANEXOS.

### ANEXO 1. FICHAS DE PRUEBA DE COMPRESIÓN.

#### 1.1.- Probeta T1- espécimen 1.

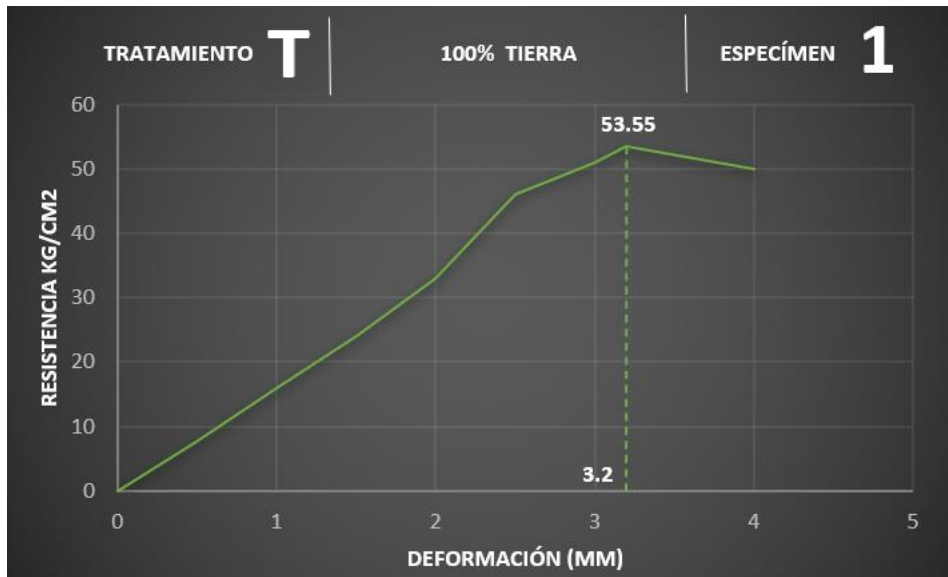
#### FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
Testigo	100% TIERRA
Especímen: 1.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.778 Kg.
	Fotografía: Sin ensayar.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 X 10 X 10.	100	53.55	54.61

#### III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.2.- Probeta T1- espécimen 2.

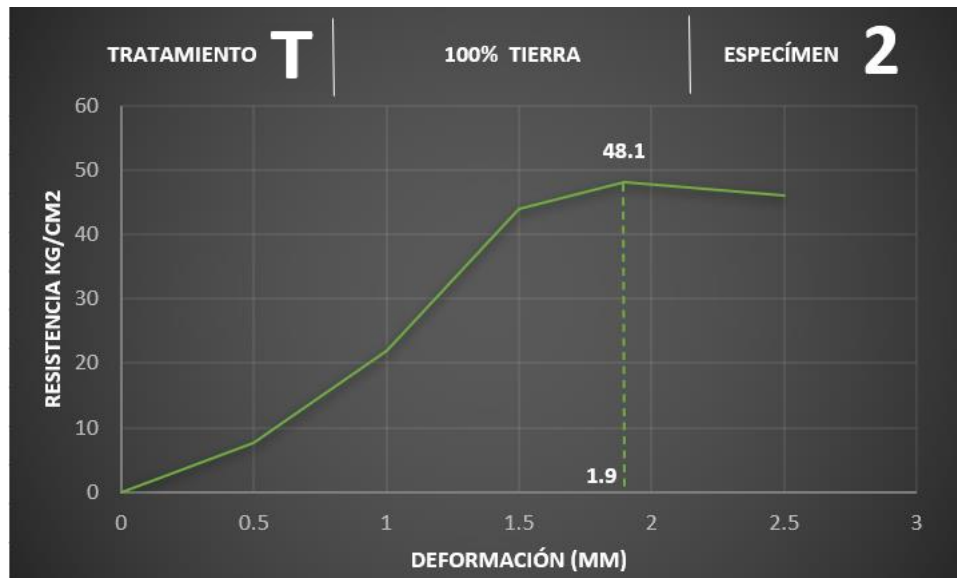
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
Testigo	100% TIERRA		
Especímen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.778 Kg.	
		Fotografía: Sin ensayar.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	48.1	49.05

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

“ MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD ”



1.3.- Probeta T1- espécimen 3.

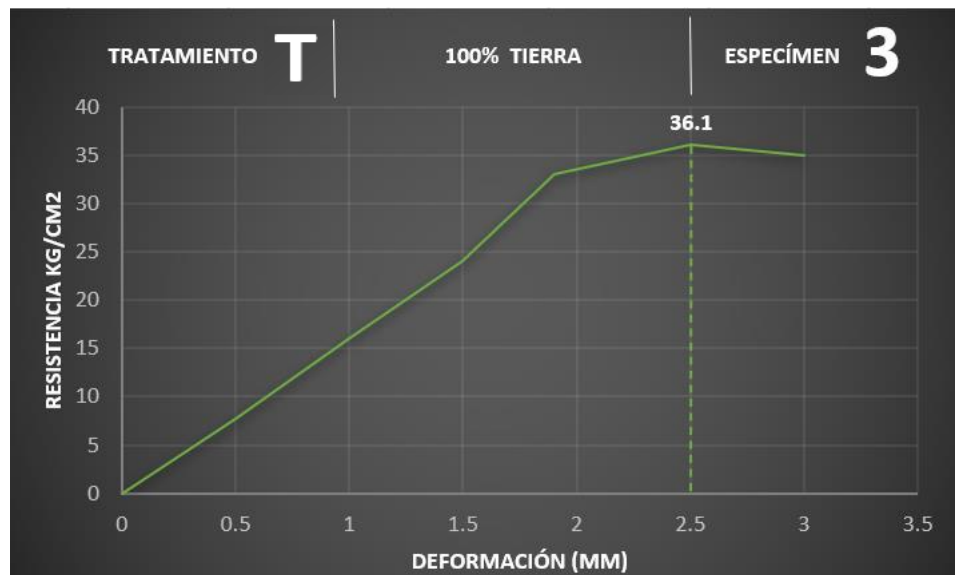
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
Testigo	100% TIERRA		
Especímen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.778 Kg.	
		Fotografía: Sin ensayar.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	36.1	36.81

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.4.- Probeta A1- espécimen 1.

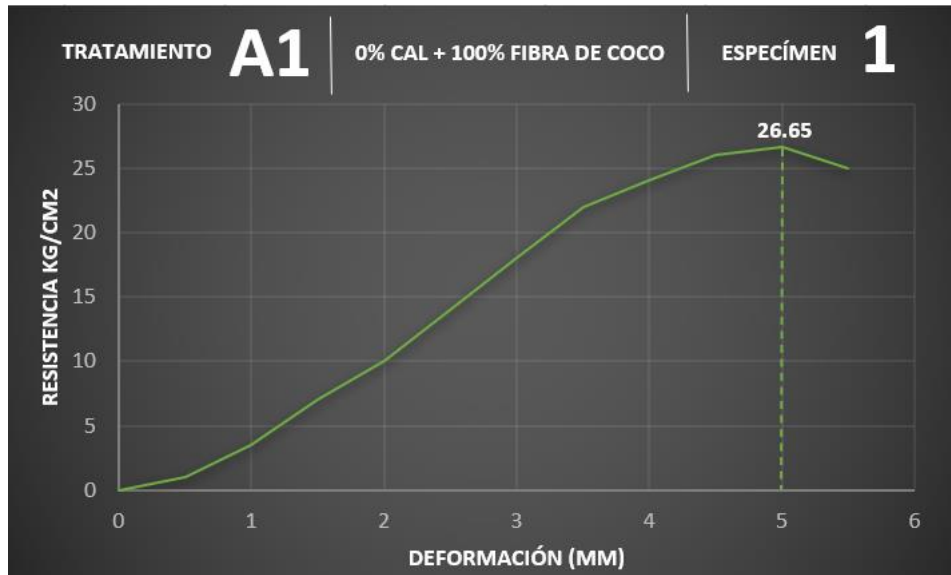
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
A-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.590 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	26.65	27.18

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.5.- Probeta A1- espécimen 2.

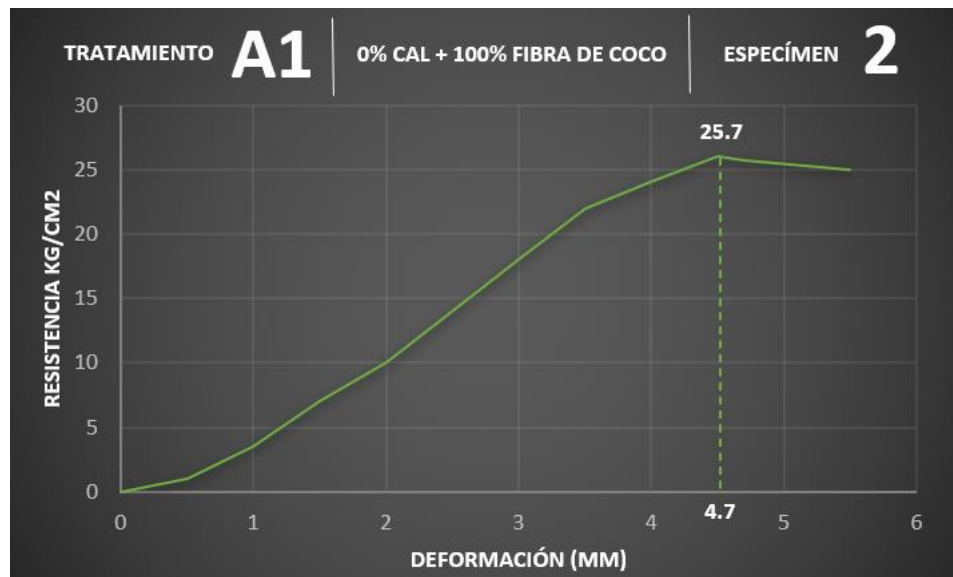
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
A-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.590 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	25.7	26.21

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.6.- Probeta A1- espécimen 3.

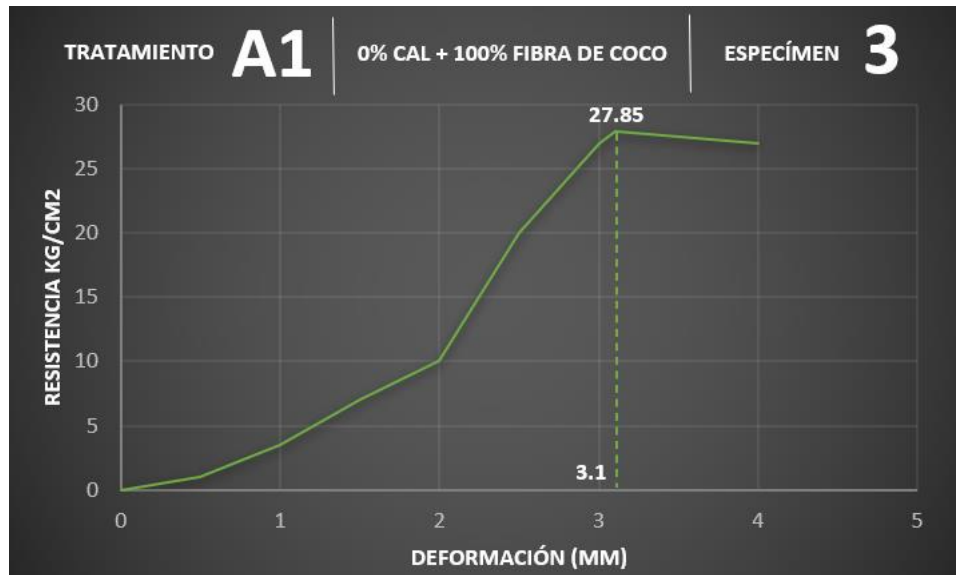
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
A-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 3.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.590 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	27.85	28.40

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.7.- Probeta A2- espécimen 1.

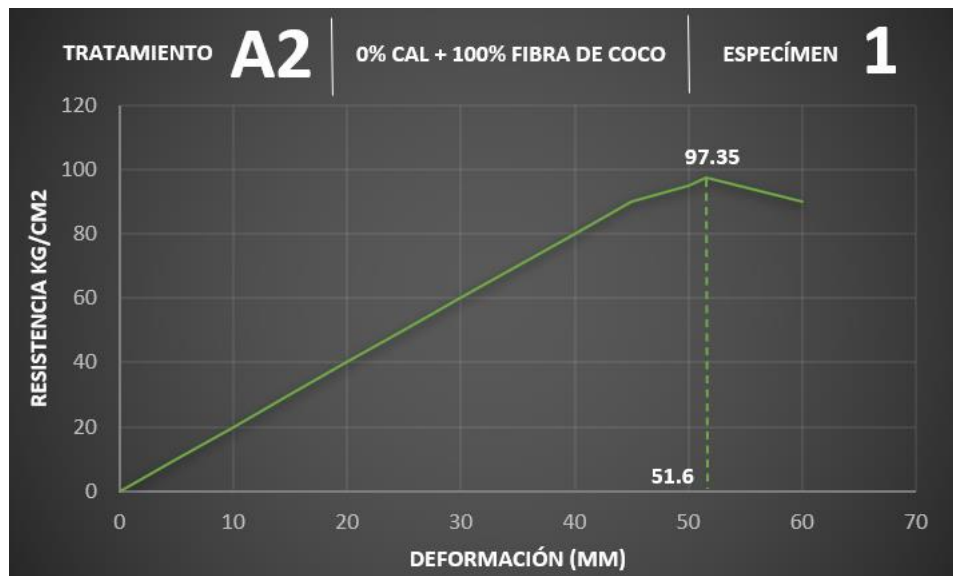
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
A-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 1.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 0.852 Kg.
	Fotografía: Sin ensayar.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	97.35	99.27

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.8.- Probeta A2- espécimen 2.

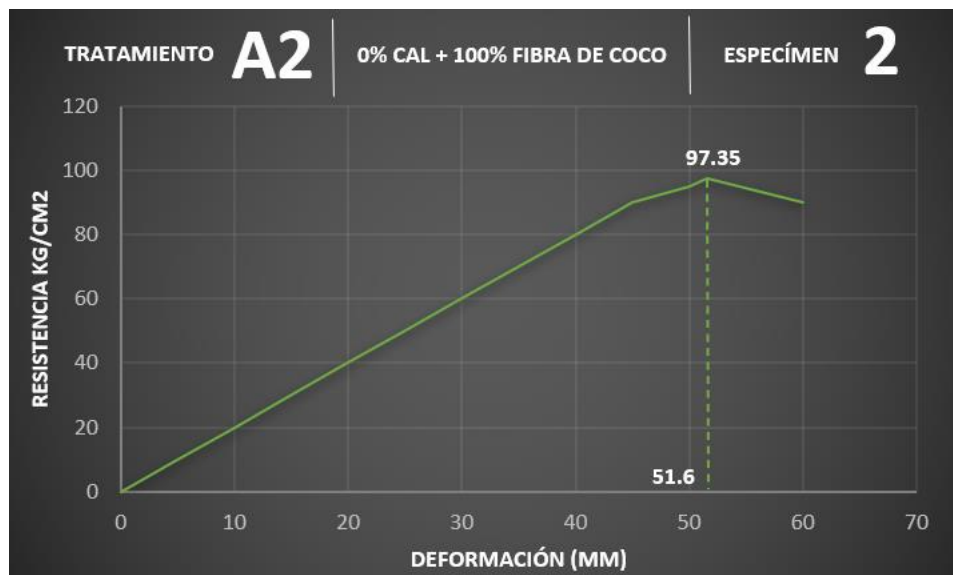
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
A-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 0.852 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	97.35	99.27

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.9.- Probeta A2- espécimen 3.

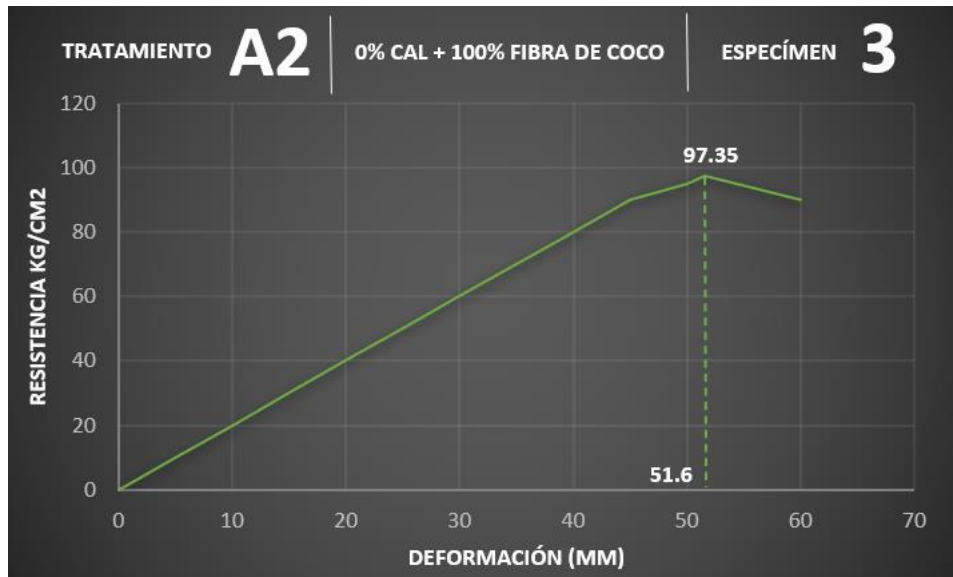
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
A-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 0.852 Kg.	
		Fotografía: Sin ensayar.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	97.35	99.27

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.10.- Probeta B1- espécimen 1.

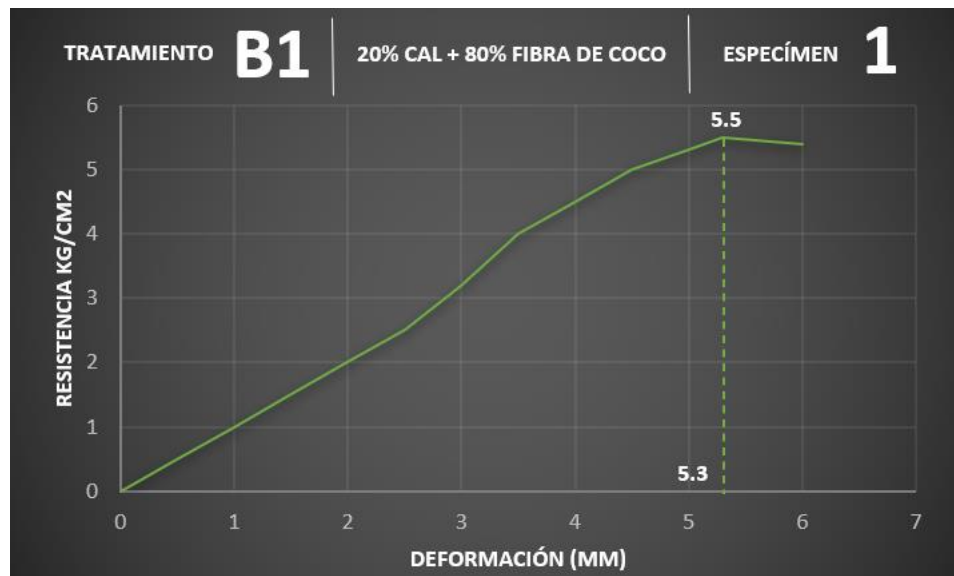
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
B-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.535 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	5.5	5.61

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.11.- Probeta B1- espécimen 2.

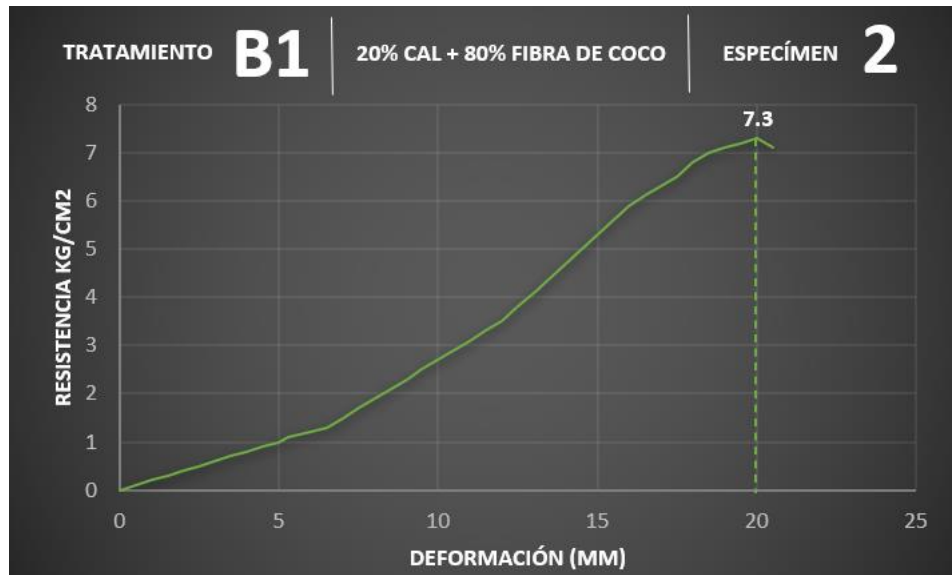
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
B-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 2.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.535 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	7.3	7.44

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.12.- Probeta B1- espécimen 3.

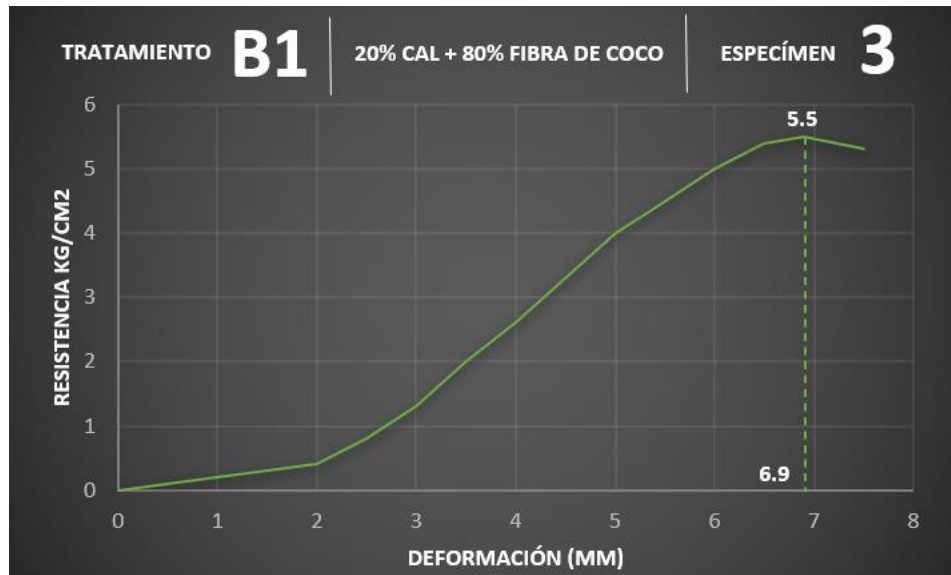
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
B-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.535 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	5.5	5.61

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.13.- Probeta B2- espécimen 1.

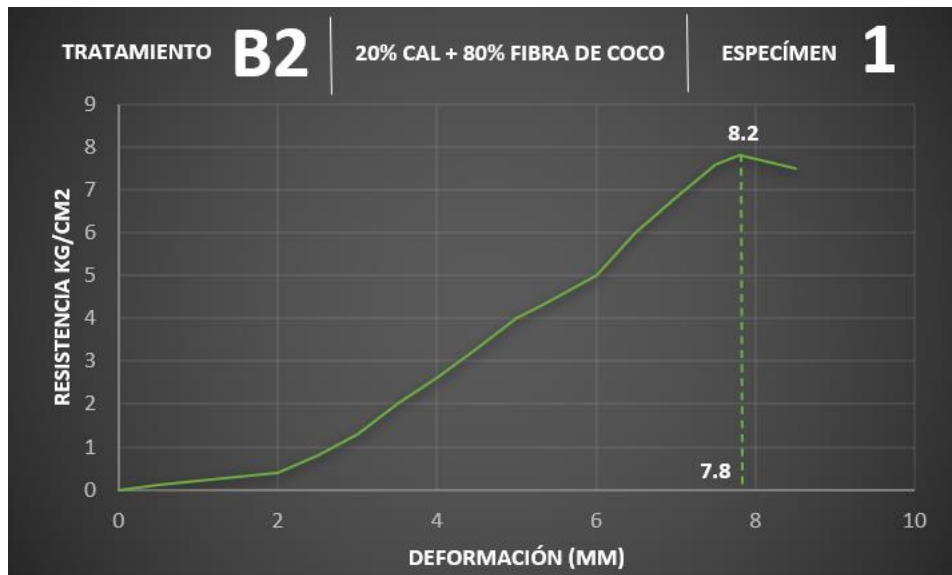
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
B-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.333 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	8.2	8.36

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.14.- Probeta B2- espécimen 2.

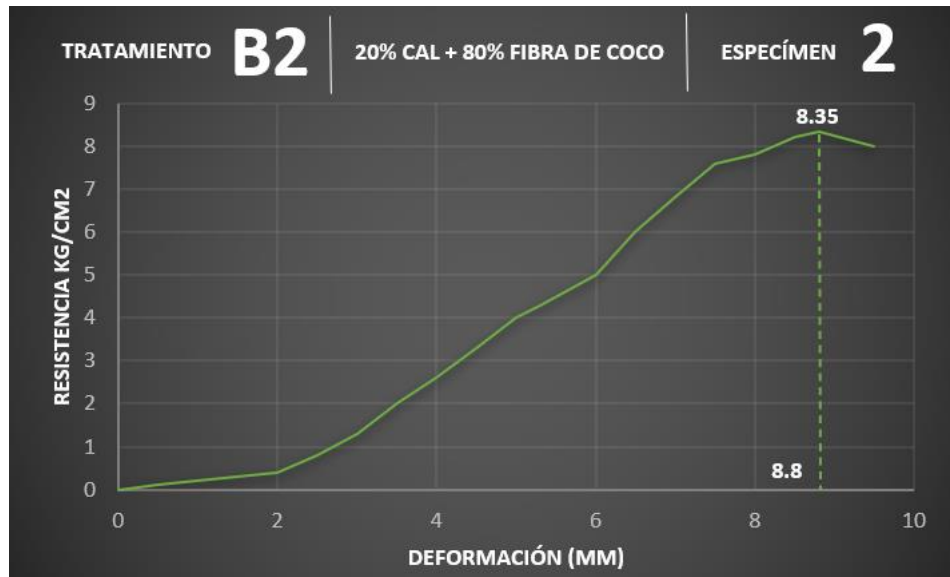
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
B-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.333 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	8.35	8.51

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.15.- Probeta B2- espécimen 3.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
B-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.333 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	7.75	7.90

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.16.- Probeta C1- espécimen 1.

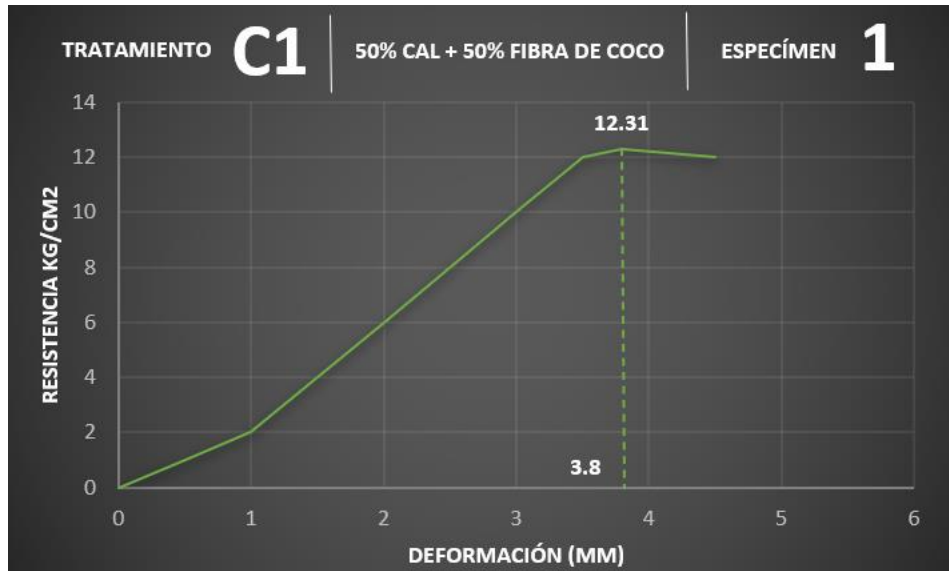
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
C-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.549 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	12.31	12.55

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.17.- Probeta C1- espécimen 2.

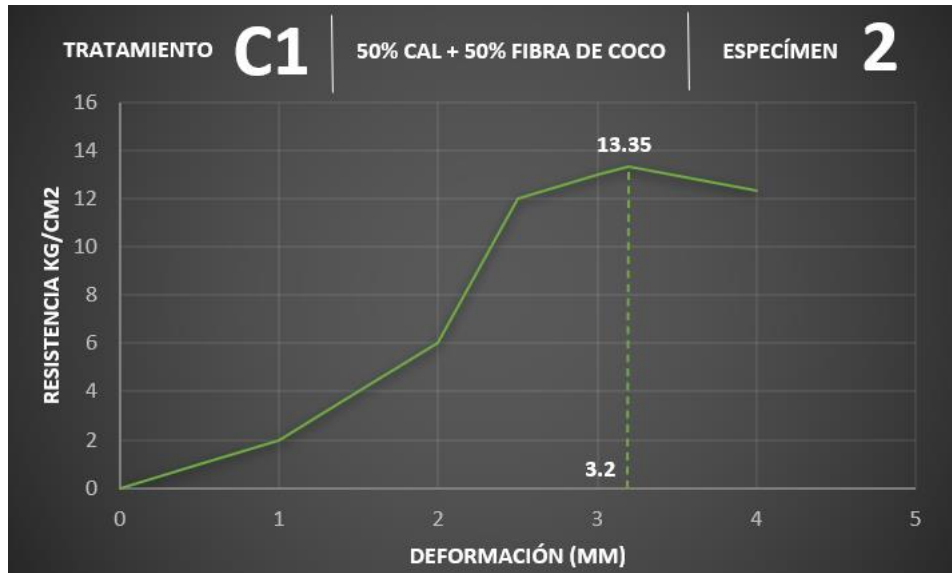
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
C-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 2.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.549 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	13.35	13.61

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.18.- Probeta C1- espécimen 3.

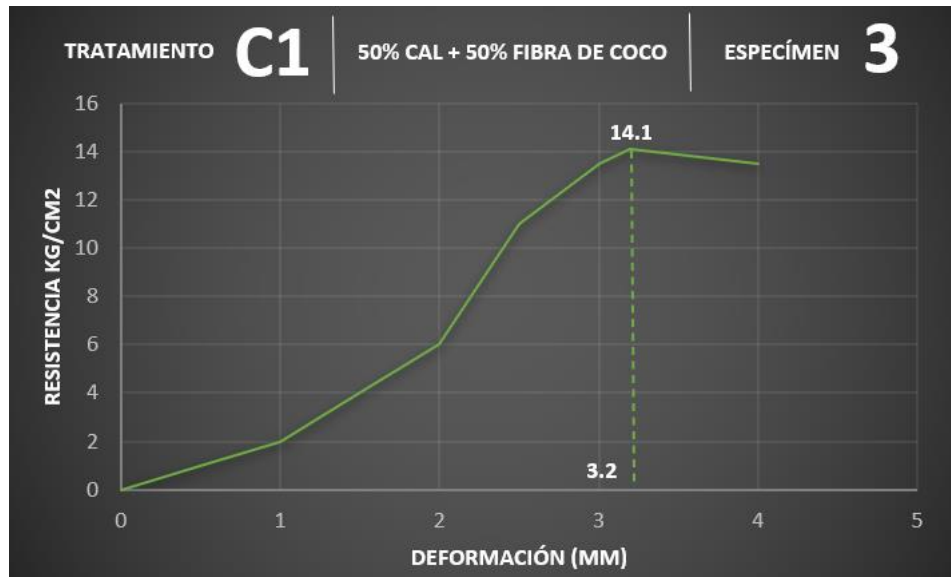
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.549 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	14.1	14.38

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.19.- Probeta C2- espécimen 1.

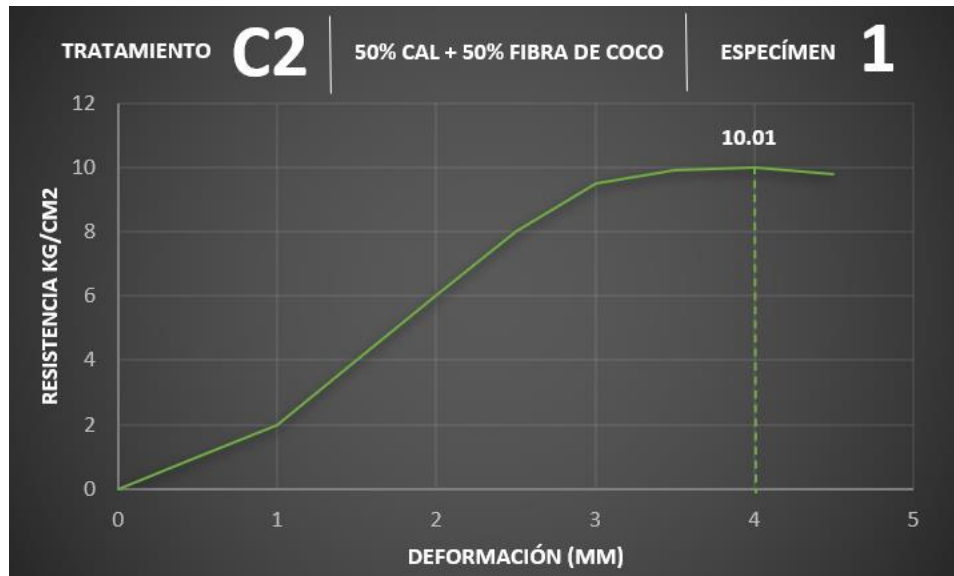
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.335 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	10.01	10.21

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.20.- Probeta C2- espécimen 2.

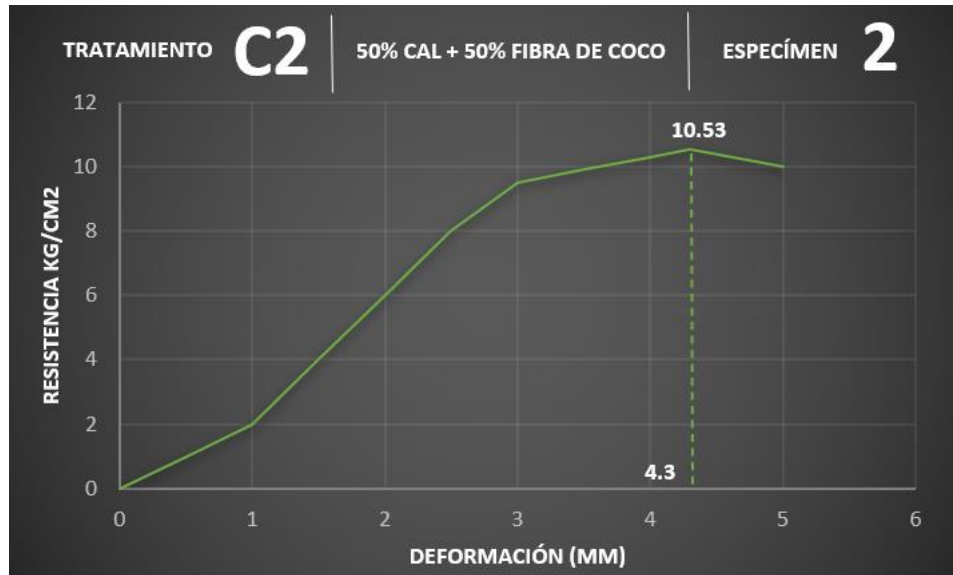
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Especimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.335 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	10.53	10.74

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.21.- Probeta C2- espécimen 3.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.335 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	10.17	10.37

III.- GRÁFICA.



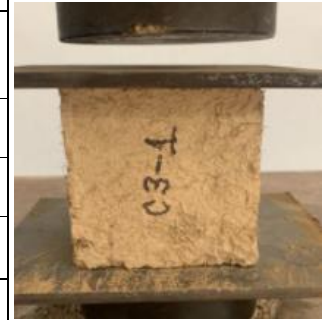
ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.22.- Probeta C3- espécimen 1.

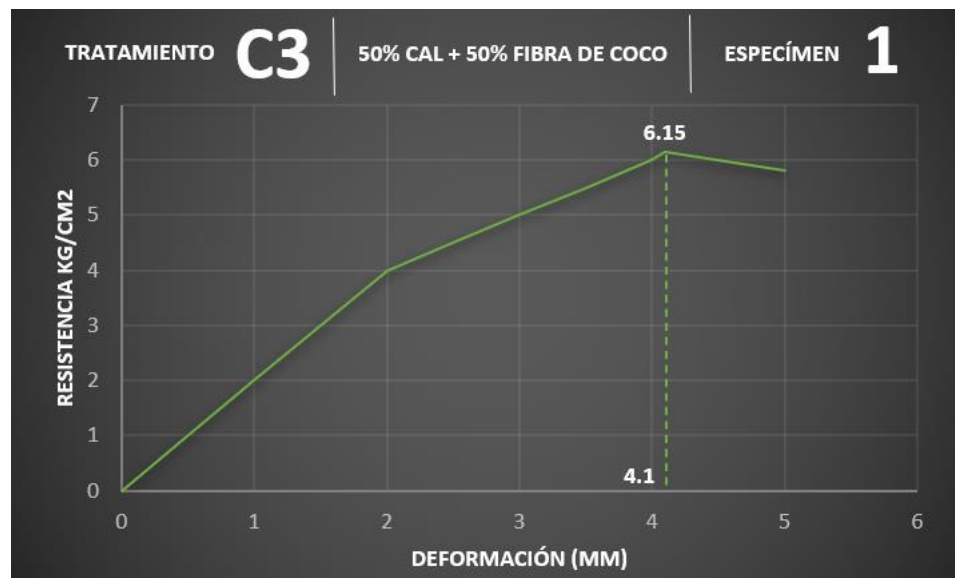
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
C-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.152 Kg.
		Fotografía: Sin ensayar.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	6.15	6.27

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.23.- Probeta C3- espécimen 2.

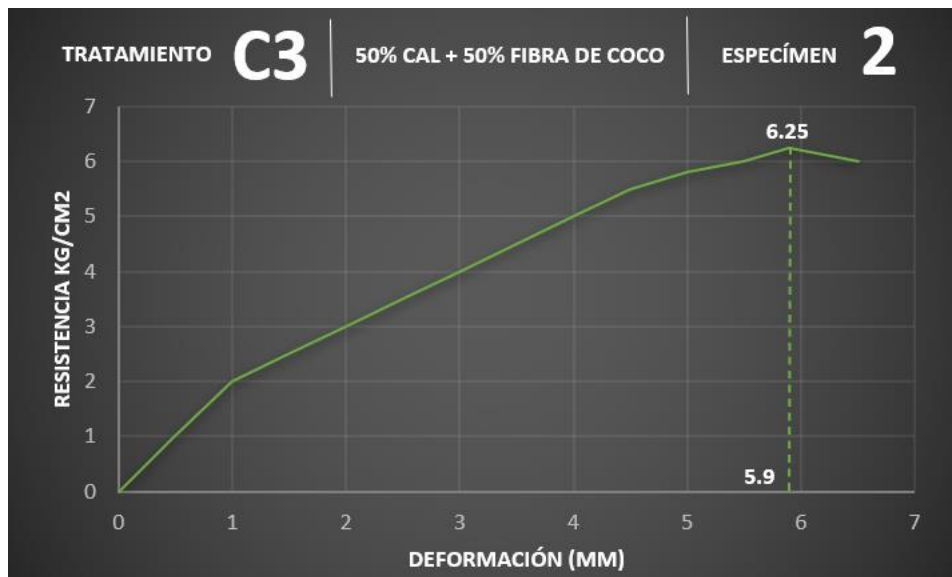
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
C-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 2.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.152 Kg.	
	Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	6.25	6.37

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.24.- Probeta C3- espécimen 3.

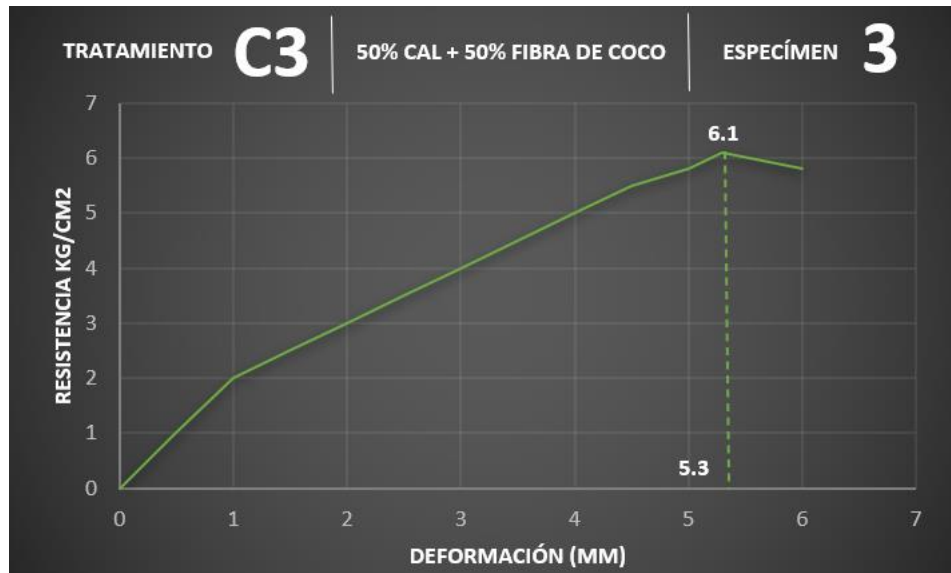
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.152 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	6.1	6.22

III.- GRÁFICA.



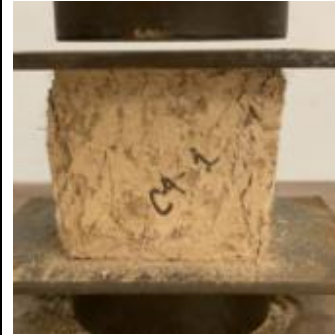
ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.25.- Probeta C4- espécimen 1.

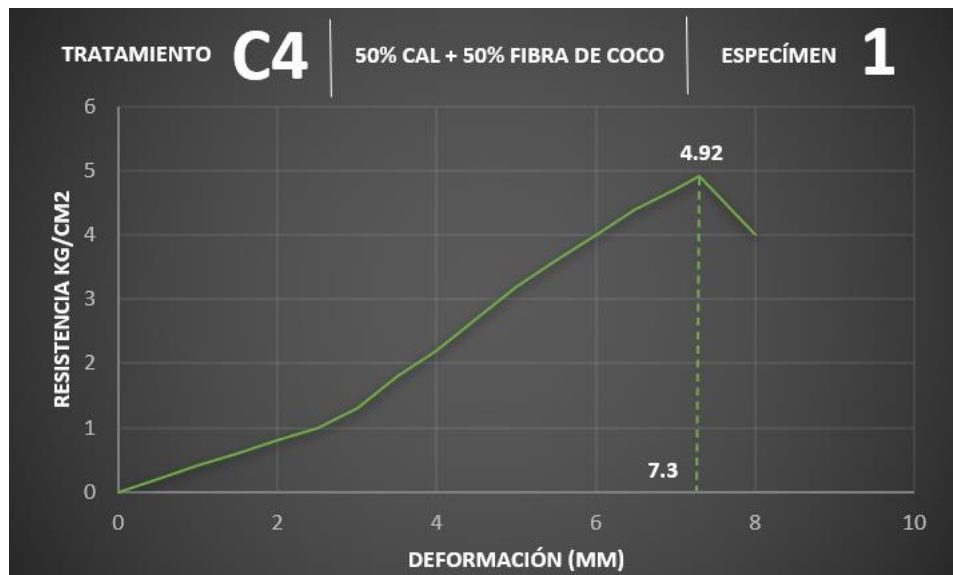
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 0.894 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	4.92	5.02

III.- GRÁFICA.



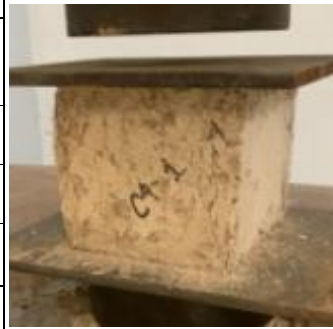
ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.26.- Probeta C4- espécimen 2.

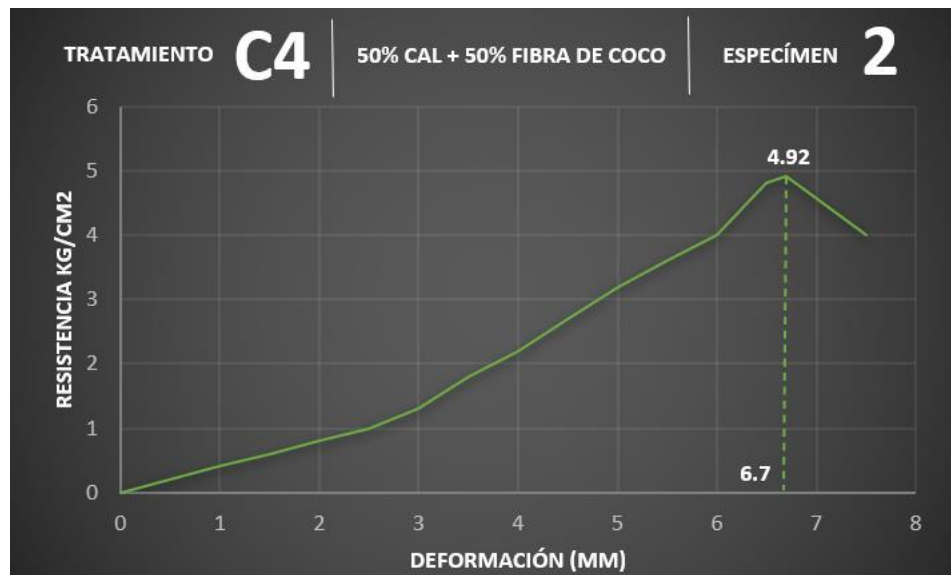
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
C-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 0.894 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	4.92	5.02

III.- GRÁFICA.



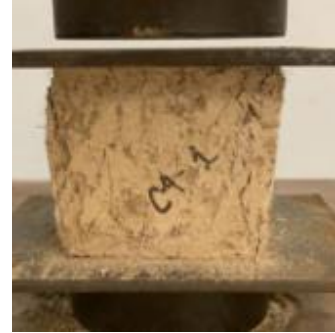
ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.27.- Probeta C4- espécimen 3.

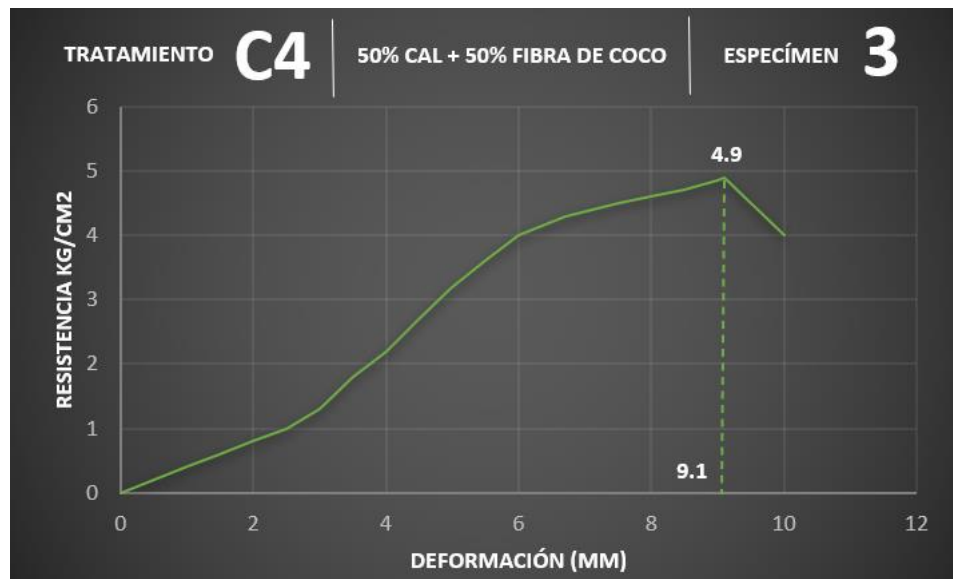
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
C-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 3.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 0.894 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	4.9	5.00

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.28.- Probeta D1- espécimen 1.

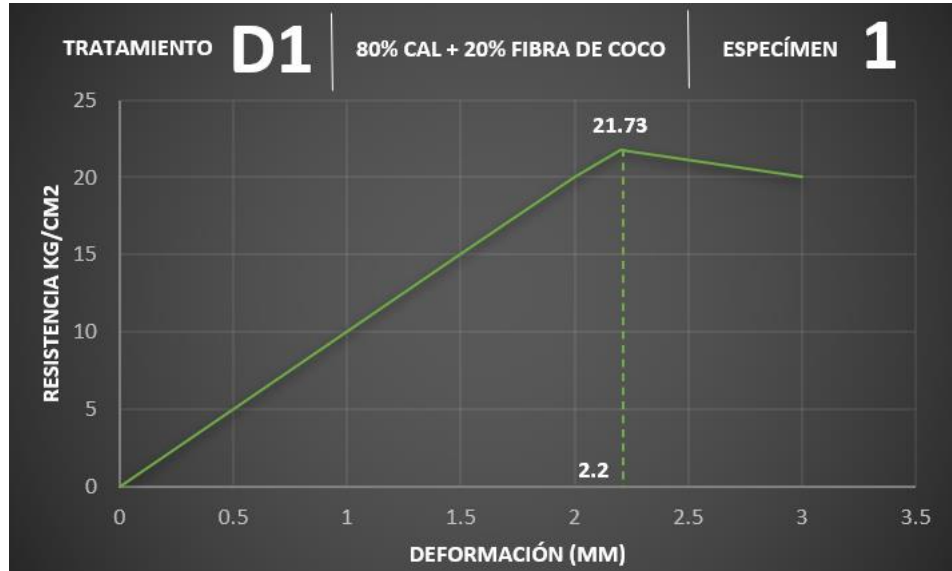
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
D-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.608 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	21.73	22.16

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.29.- Probeta D1- espécimen 2.

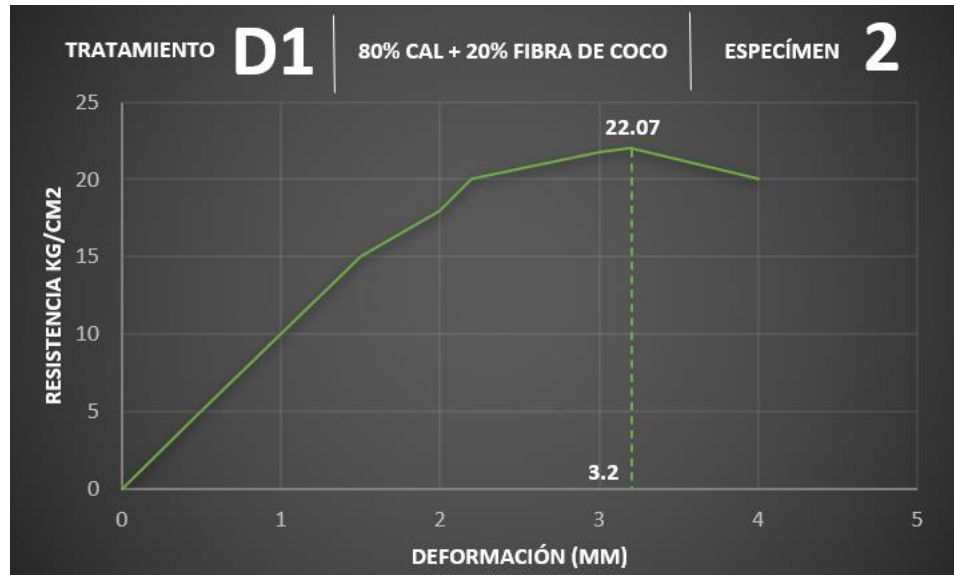
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 2.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.608 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	22.07	22.51

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.30.- Probeta D1- espécimen 3.

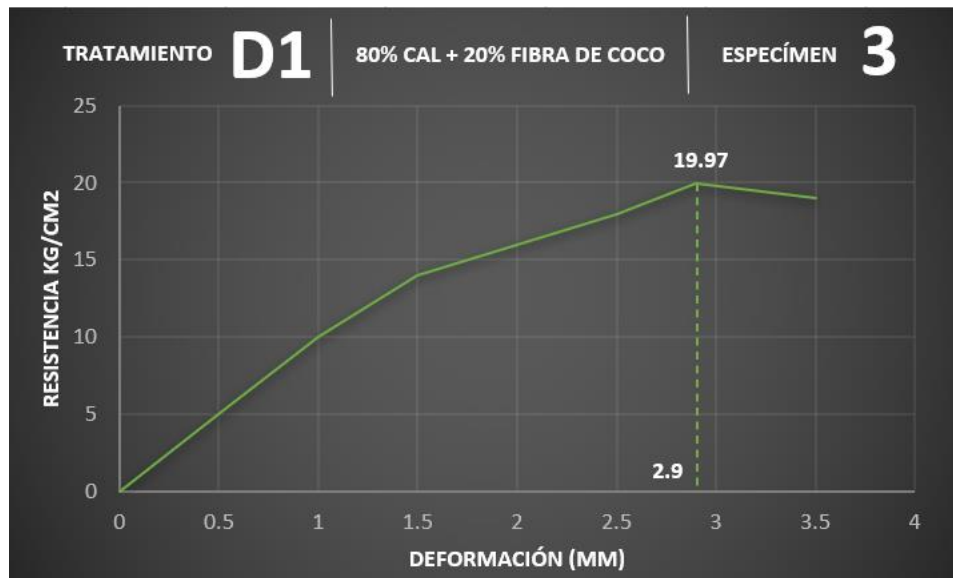
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
D-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.608 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	19.97	20.36

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.31.- Probeta D2- espécimen 1.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
D-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.399 Kg.
		Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	19.02	19.40

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.32.- Probeta D2- espécimen 2.

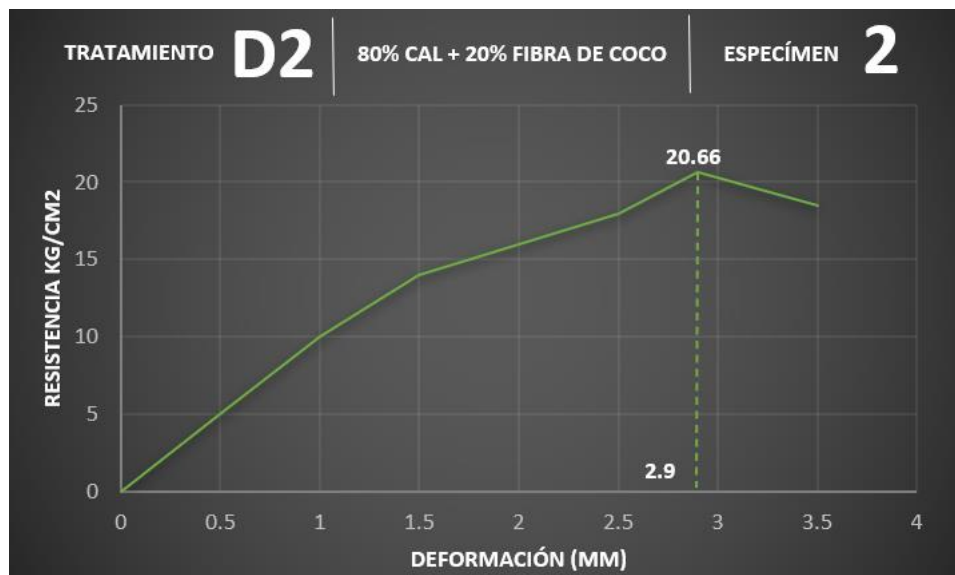
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
D-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.399 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	20.66	21.07

III.- GRÁFICA.




ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.33.- Probeta D2- espécimen 3.

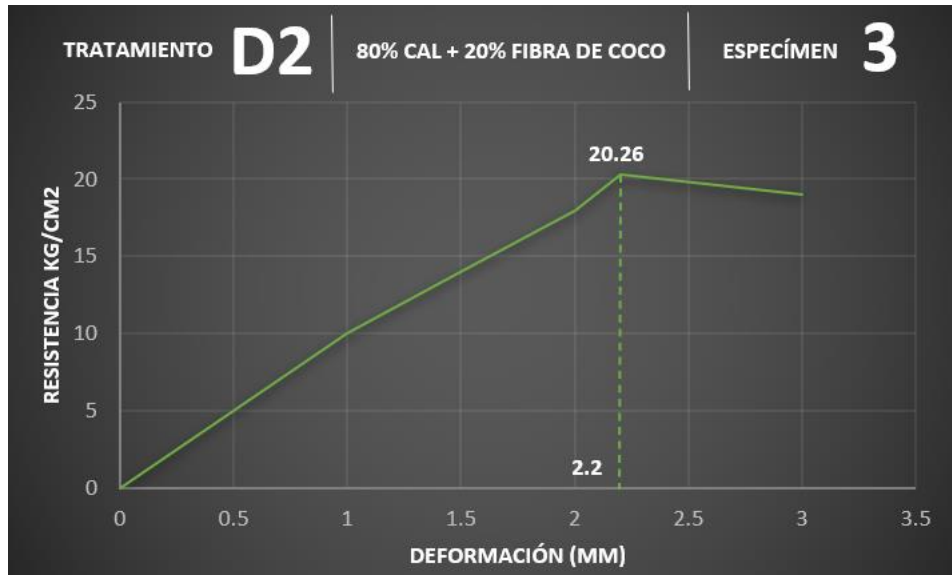
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 3.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.399 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	20.26	20.66

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.34.- Probeta D3- espécimen 1.

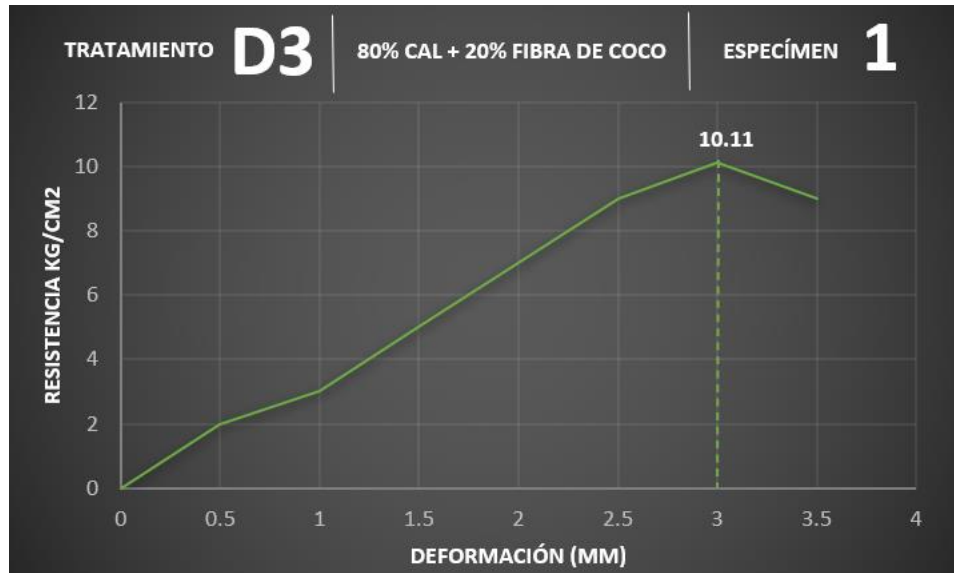
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
D-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.182 Kg.
		Fotografía: Sin ensayar.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	10.11	10.31

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.35.- Probeta D3- espécimen 2.

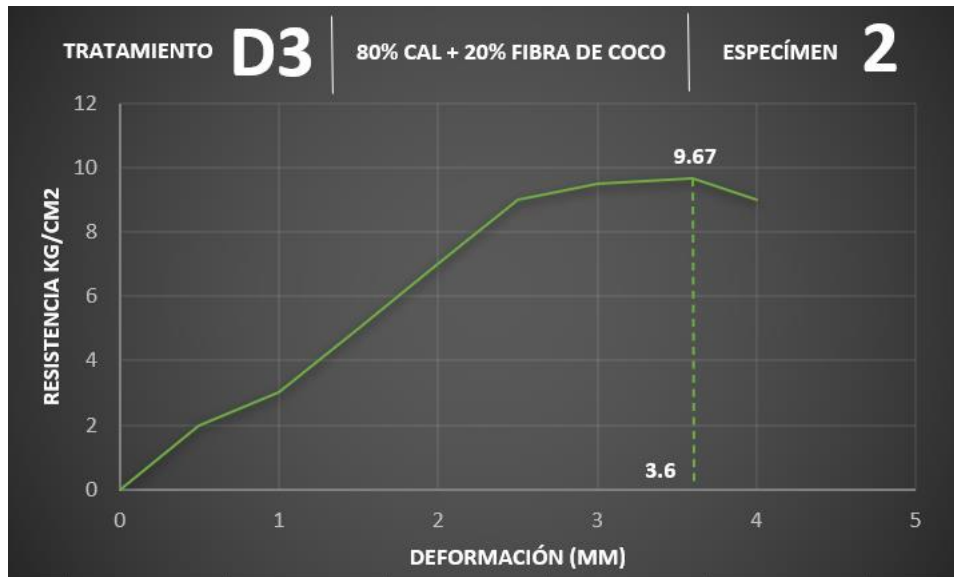
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 2.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.182 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	9.67	9.86

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.36.- Probeta D3- espécimen 3.

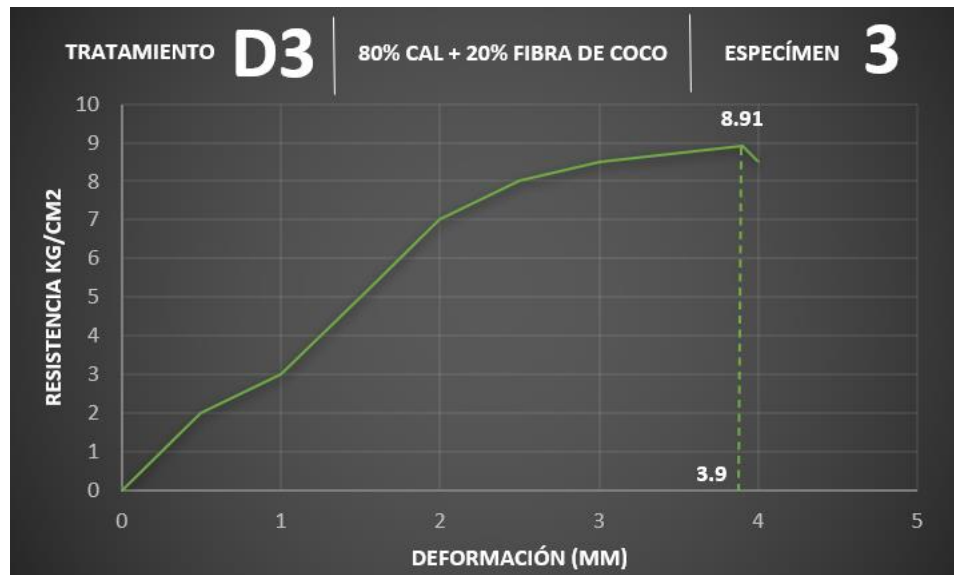
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 3.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.182 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	8.91	9.09

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.37.- Probeta D4- espécimen 1.

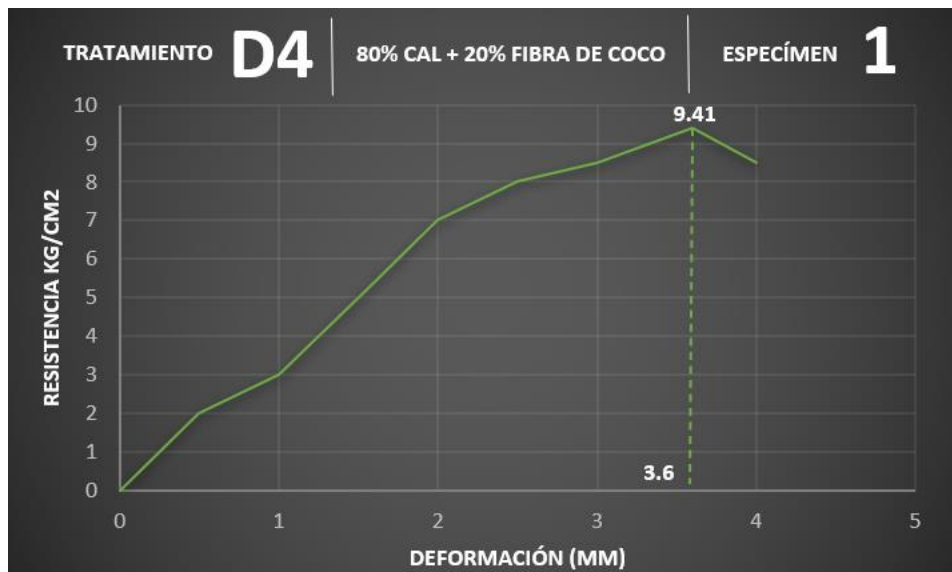
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.		
PROBETA	COMPOSICIÓN	
D-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).	
Espécimen: 1.	Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 0.996 Kg.	
	Fotografía: Sin ensayar.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	9.41	9.60

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.38.- Probeta D4- espécimen 2.

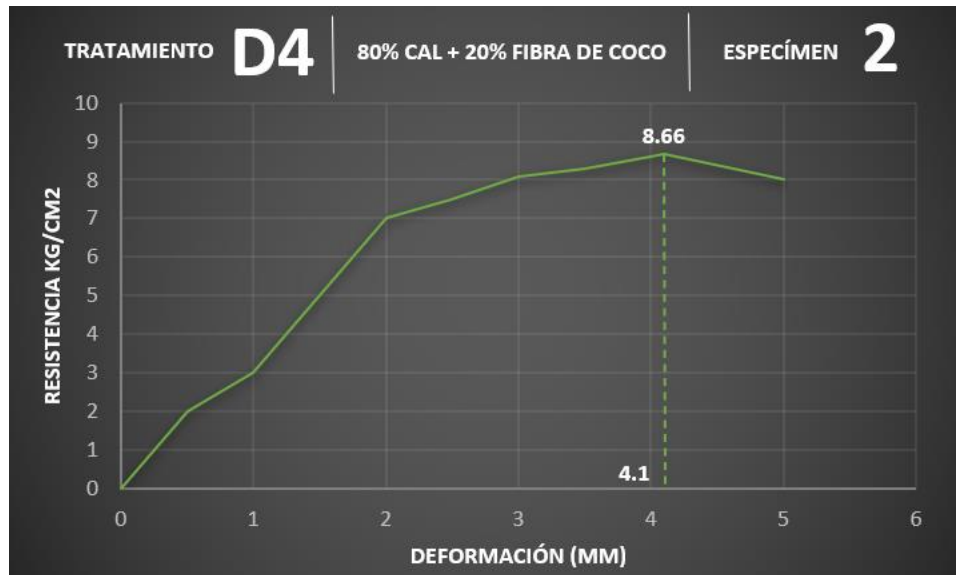
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
D-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 0.996 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	8.66	8.83

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.39.- Probeta D4- espécimen 3.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 3.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 0.996 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	8.02	8.18

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.40.- Probeta E1- espécimen 1.

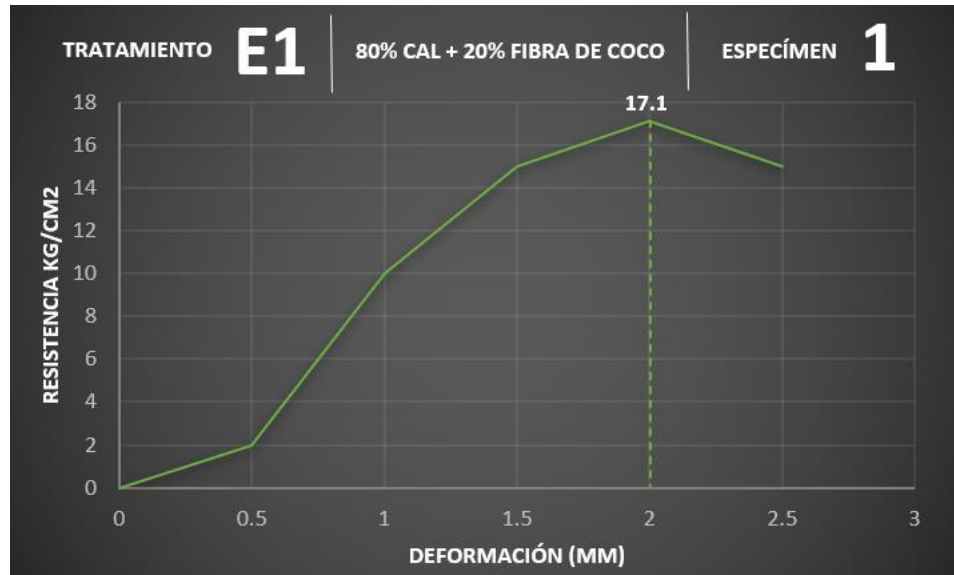
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
E-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).
Espécimen: 1.	Edad: 1 mes.
Equipo: Prensa universal.	Fecha: 23-abril-2021.
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.	Peso: 1.581 Kg.
	Fotografía: Ensayado.



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	17.1	17.44

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.41.- Probeta E1- espécimen 2.

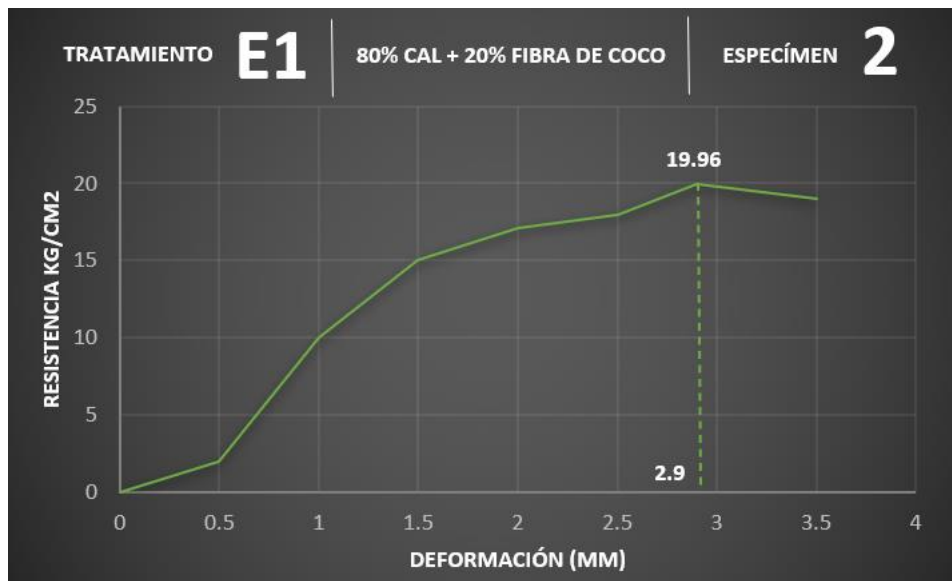
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.581 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	19.96	20.35

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.42.- Probeta E1- espécimen 3.

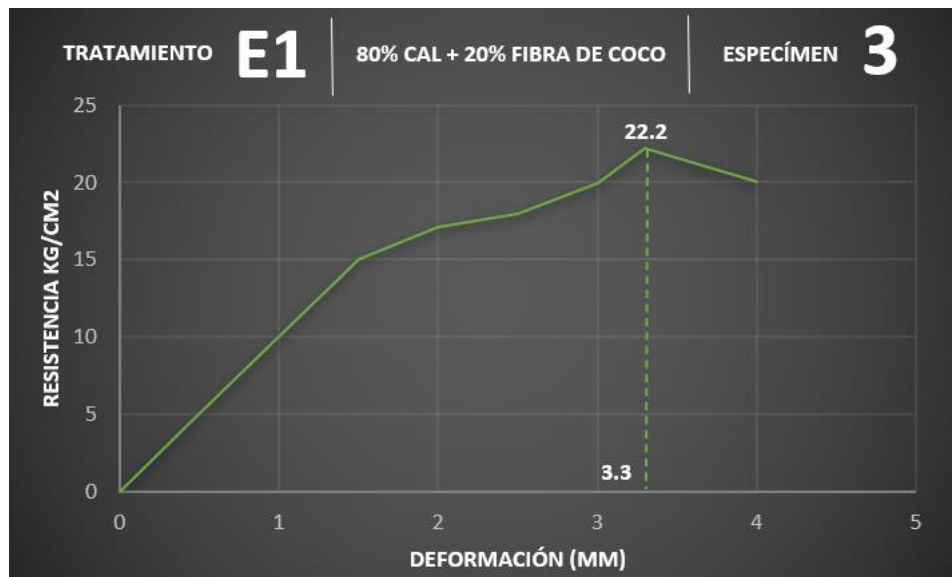
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.581 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	22.2	22.64

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.43.- Probeta E2- espécimen 1.

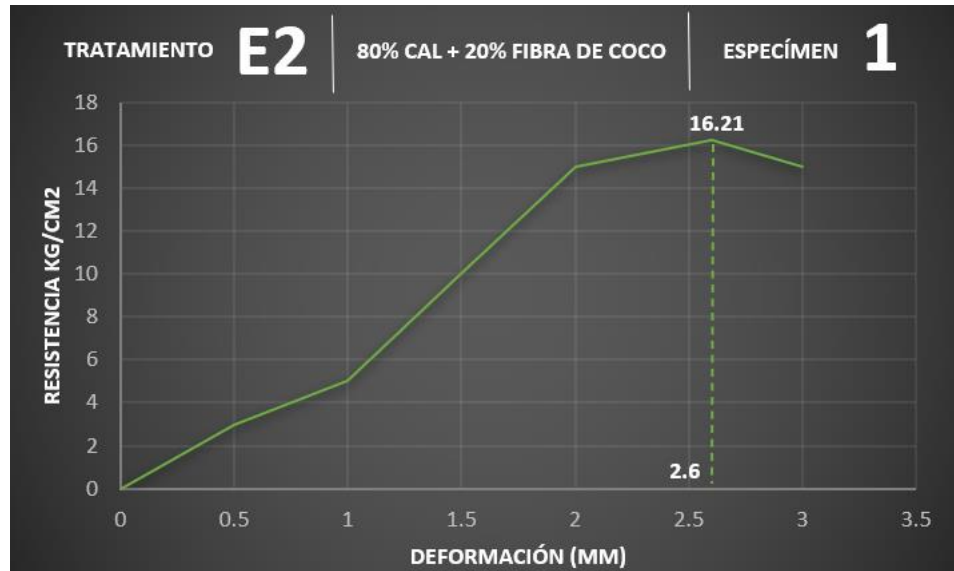
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.374 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	16.21	16.53

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.44.- Probeta E2- espécimen 2.

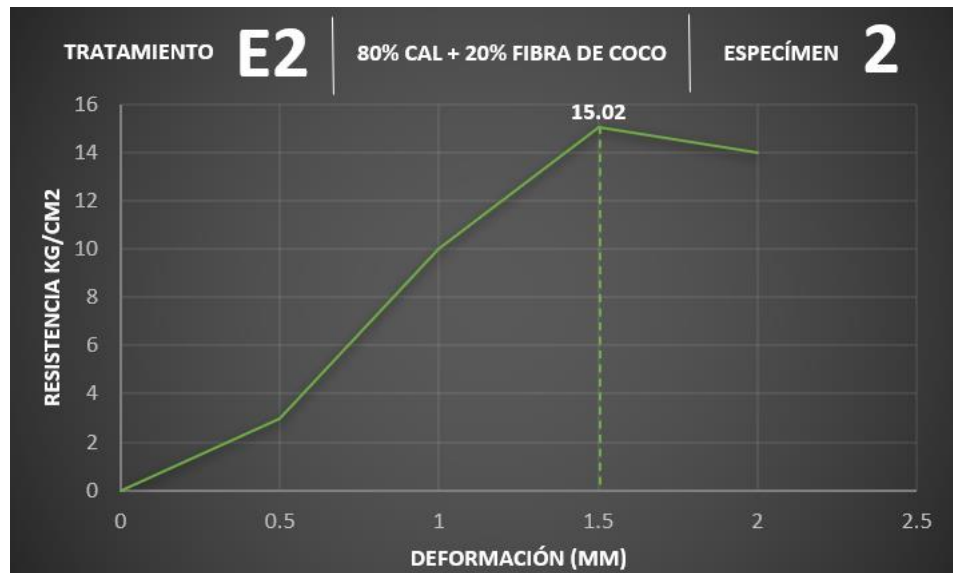
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.374 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	15.02	15.32

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



1.45.- Probeta E2- espécimen 3.

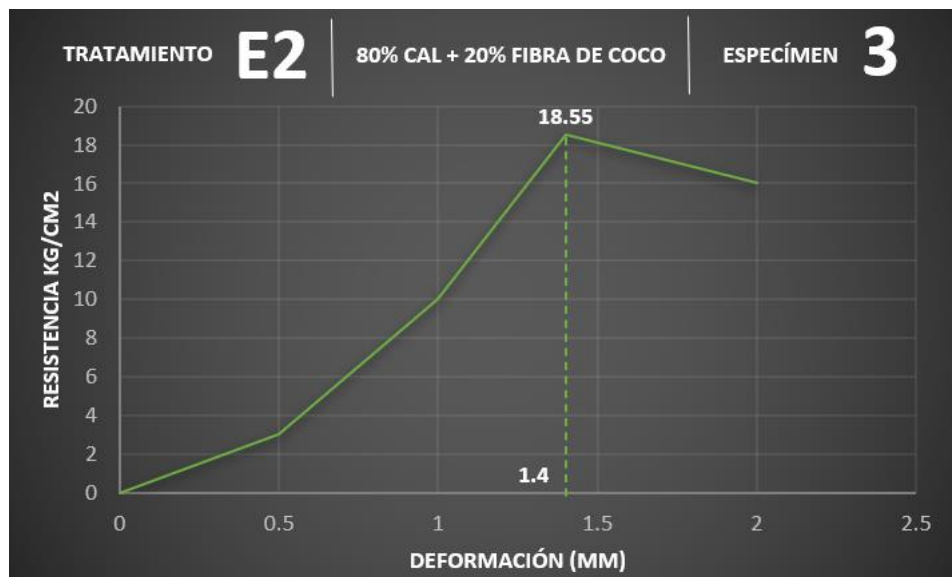
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.374 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	18.55	18.92

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.46.- Probeta E3- espécimen 1.

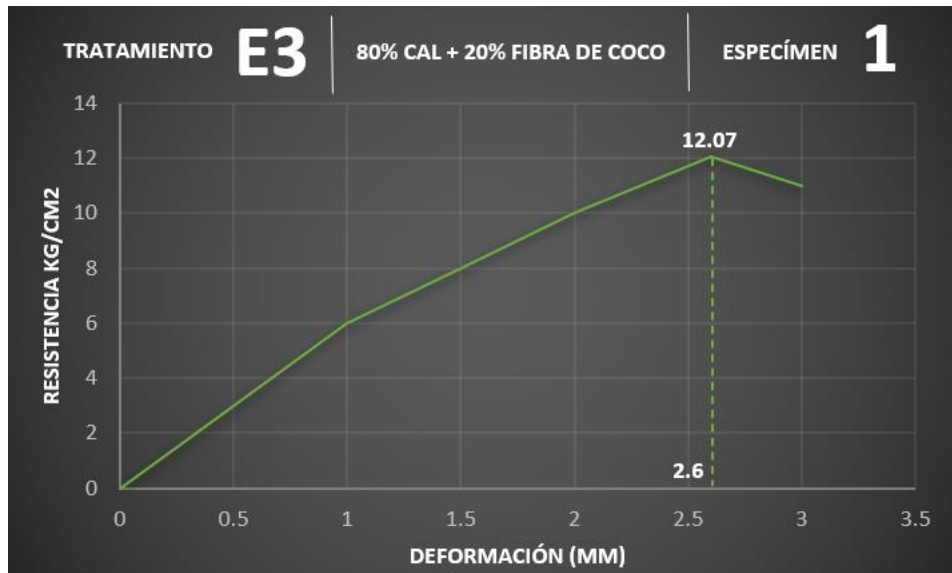
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.228 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	12.07	12.31

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.47.- Probeta E3- espécimen 2.

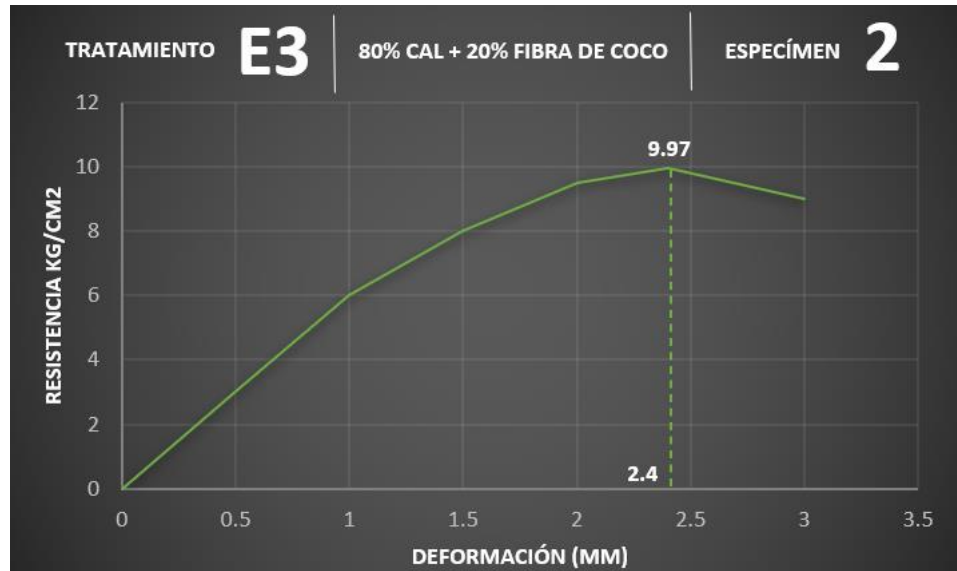
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.228 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	9.97	10.17

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.48.- Probeta E3- espécimen 3.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.228 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm <sup>2</sup>	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm <sup>2</sup>
10 x 10 x 10.	100	10.81	11.02

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.49.- Probeta E4- espécimen 1.

FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 1.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.074 Kg.	
		Fotografía: Sin ensayar.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	12.97	13.23

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.50.- Probeta E4- espécimen 2.

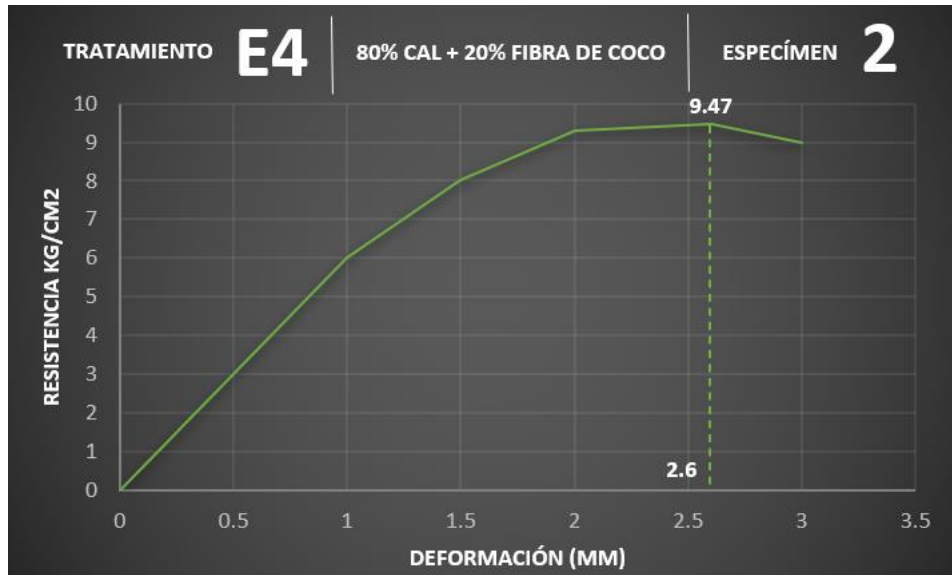
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 2.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.074 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	9.47	9.66

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

1.51.- Probeta E4- espécimen 3.

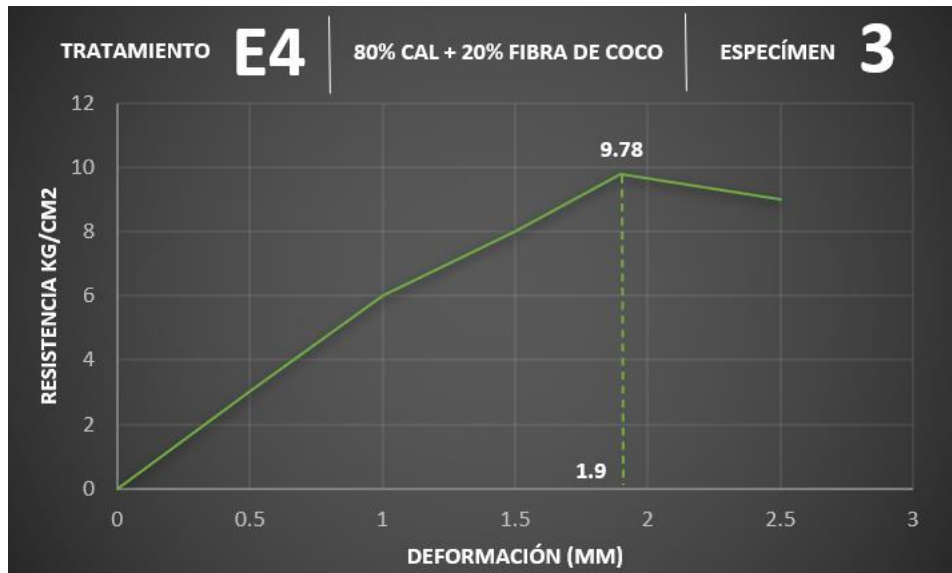
FICHA DE PRUEBA A COMPRESIÓN.

I.- DATOS GENERALES.			
PROBETA	COMPOSICIÓN		
E-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO).		
Espécimen: 3.		Edad: 1 mes.	
Equipo: Prensa universal.		Fecha: 23-abril-2021.	
Lugar: Laboratorio de mecatrónica, Instituto tecnológico de Colima, TecNM, Villa de Álvarez, Colima.		Peso: 1.074 Kg.	
		Fotografía: Ensayado.	



II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
Dimensión Cm.	Área de carga Cm2	Carga máxima kN	Esfuerzo máximo Kg/cm2
10 x 10 x 10.	100	9.78	9.97

III.- GRÁFICA.



ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



ANEXO 2. FICHAS DE PRUEBA DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO.

2.1.- Probeta T1.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
Testigo	100% TIERRA.
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.785	0.001	1785

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.675	1.693	1.691	1.686
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.43	0.438	0.438	0.435
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	232.3	228.2	228.3	229.6
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.257	0.259	0.259	0.258
Margen de error.	0.0032	0.0033	0.0033	0.0033

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.2.- Probeta A1.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
A-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.582	0.001	1582

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.639	1.713	1.702	1.685
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.289	0.317	0.308	0.305
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	346.1	315	324.5	328.53
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.176	0.185	0.181	0.181
Margen de error.	0.0010	0.0022	0.0014	0.0015

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.3.- Probeta A2.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
A-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (0% CAL + 100% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.018	0.001	1018

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.175	1.188	1.187	1.183
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.171	0.174	0.173	0.173
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	585.5	575.1	578.8	579.8
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.145	0.146	0.146	0.146
Margen de error.	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.4.- Probeta B1.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
B-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.512	0.001	1512

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.963	2.009	2.011	1.994
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.328	0.327	0.323	0.326
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	305.3	306.1	309.3	306.9
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.167	0.163	0.161	0.164
Margen de error.	0.0015	0.0005	0.0007	0.0009

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.5.- Probeta B2.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
B-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (20% CAL + 80% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.3	0.001	1300

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	0.589	0.605	0.612	0.602
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.226	0.23	0.231	0.229
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	442.3	434.1	433.4	436.6
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.384	0.381	0.377	0.381
Margen de error.	0.0035	0.0034	0.0034	0.0034

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

“ MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD ”

2.6.- Probeta C1.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
C-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 X 10 X 10	1.532	0.001	1532

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.985	1.999	1.997	1.994
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.297	0.302	0.301	0.300
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	337	330.6	332.4	333.3
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.150	0.151	0.151	0.151
Margen de error.	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.7.- Probeta C2.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
C-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.361	0.001	1361

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.589	1.681	1.674	1.648
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.238	0.249	0.24	0.242
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	420.9	401.5	417.3	413.2
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.15	0.148	0.143	0.147
Margen de error.	0.0011	0.0009	0.0005	0.0008

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



2.8.- Probeta C3.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
C-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.117	0.001	1117

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.031	1.055	1.058	1.048
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.226	0.226	0.228	0.227
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	442.4	442.7	439	441.4
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.219	0.214	0.215	0.216
Margen de error.	0.0012	0.0013	0.0011	0.0012

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.9.- Probeta C4.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
C-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (50% CAL + 50% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	0.944	0.001	944

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.06	1.106	1.144	1.103
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.139	0.142	0.144	0.142
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	718.5	704.4	696.7	706.5
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.131	1.28	0.129	0.513
Margen de error.	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

**2.10.- Probeta D1.**

**FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.**

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.533	0.001	1533

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.205	1.2	1.204	1.203
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.236	0.239	0.24	0.238
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	423.7	417.6	417.2	419.5
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.196	0.2	0.199	0.198
Margen de error.	0.0016	0.0021	0.0020	0.0019

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.11.- Probeta D2.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.389	0.001	1389

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	2.395	2.512	2.477	2.461
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.307	0.32	0.31	0.312
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	325.7	312.8	322.9	320.5
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.128	0.127	0.125	0.127
Margen de error.	0.0018	0.0005	0.0006	0.0010

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.12.- Probeta D3.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-3	40% TIERRA + 60% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.153	0.001	1153

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.232	1.296	1.288	1.272
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.195	0.201	0.2	0.199
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	511.9	496.9	499.5	502.8
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.159	0.155	0.155	0.156
Margen de error.	0.0020	0.0008	0.0008	0.0012

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.13.- Probeta D4.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
D-4	20% TIERRA + 80% AGREGADOS (80% CAL + 20% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.032	0.001	1032

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.34	1.303	1.287	1.310
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.213	0.185	0.178	0.192
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	469.5	541.7	561.9	524.4
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.159	0.142	0.138	0.146
Margen de error.	0.0030	0.0008	0.0006	0.0015

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.

2.14.- Probeta E1.

FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
E-1	80% TIERRA + 20% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.394	0.001	1394

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	1.237	1.272	1.275	1.261
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.263	0.285	0.281	0.276
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	380.8	351.4	356.1	362.8
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.212	0.224	0.22	0.219
Margen de error.	0.0013	0.0015	0.0011	0.0013

IV.- OBSERVACIONES.
Sin observaciones.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



**2.15.- Probeta E2.**

**FICHA DE PRUEBA TÉRMICA.**

I.- DATOS GENERALES.	
PROBETA	COMPOSICIÓN
E-2	60% TIERRA + 40% AGREGADOS (100% CAL + 0% FIBRA DE COCO)
Equipo: KD2-PRO.	
Fecha: 20 de abril del 2021.	
Lugar: Facultad de Ingeniería Civil, UCOL.	
Campus: Coquimatlán.	
Estado: Colima.	
Edad de la probeta: 1 mes.	

II.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.			
DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
10 x 10 x 10	1.214	0.001	1214

III.- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS.				
CARACTERÍSTICA.	MEDICIÓN.			PROMEDIO
	1	2	3	
Calor específico (C) MJ/m3-K	5.963	6.695	5.333	5.997
Conductividad térmica (K) W/m-K	0.521	1.118	0.466	0.702
Resistividad térmica (RHO) C-cm/W	191.9	89.47	214.6	165.3
Difusividad térmica (D) mm2/S	0.087	0.167	0.087	0.114
Margen de error.	0.0737	0.0493	0.0549	0.0593

**IV.- OBSERVACIONES.**

El ensayo de esta probeta no es confiable, por el grado de error que marca el cual no es permisible, esto se debió a la composición del material el cual al ser muy frágil presentaba un desgaste mayor en las perforaciones y eso ocasionó un mayor margen de error al momento de ensayar la probeta.

ELABORÓ

Arq. Pedro Cipriano Magaña Mendoza.



“ MEJORAMIENTO DEL ADOBE, INTEGRANDO ÓXIDO DE CALCIO Y FIBRA DE COCO; PARA EVALUAR SUS RESISTENCIAS: DE COMPRESIÓN, TÉRMICA Y ABSORCIÓN DE HUMEDAD ”