



« Diseño de una mezcla de concreto con fibra de coco para mejorar sus propiedades mecánicas

Design of a concrete mixture with coconut fiber to improve its mechanical properties

CARLOS CÉSAR MORALES GUZMÁN

Universidad Veracruzana, México
dr.arqmorales@gmail.com

JESÚS CEBALLOS VARGAS

Universidad Veracruzana, México
jceballos@uv.mx

RESUMEN La presente investigación se centra en la implementación de fibras de coco en mezclas de concreto, un material conocido por su alta resistencia a la compresión y baja resistencia a la tensión, que a menudo enfrenta problemas como deformación diferida, contracción por secado y agrietamiento por temperatura. Al agregar fibra de coco, un material orgánico de desecho, se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días en distintas mezclas. La mezcla M-2, con 0,37% de fibra de coco, alcanzó una resistencia de 177,387 kg/cm² y una carga máxima de 32,625 kg. La mezcla M-3, con 0,55% de fibra, presentó una resistencia de 137,954 kg/cm² con una carga de 24,425 kg. Finalmente, la mezcla M-4, con 0,74% de fibra, logró una resistencia de 158,493 kg/cm² con una carga de 29,150 kg. Estos resultados sugieren que la adición de fibra de coco puede mejorar la resistencia del concreto, dependiendo de la proporción utilizada.

ABSTRACT The present research focuses on the implementation of coconut fibers in concrete mixtures, a material known for its high compressive strength and low tensile strength, which often faces problems such as delayed deformation, drying shrinkage and temperature cracking. By adding coconut fiber, an organic waste material, the aim is to improve the mechanical properties of the concrete. Compressive strength tests were carried out after 28 days on different mixtures. The M-2 mixture, with 0,37% coconut fiber, reached a resistance of 177,387 kg/cm² and a maximum load of 32,625 kg. The M-3 mixture, with 0,55% fiber, presented a resistance of 13,954 kg/cm² with a load of 24,425 kg. Finally, the M-4 mixture, with 0,74% fiber, achieved a resistance of 158,493 kg/cm² with a load of 29,150 kg. These results suggest that the addition of coconut fiber can improve the strength of concrete, depending on the proportion used.

Recibido: 23/05/2024
Revisado: 18/10/2024
Aceptado: 19/11/2024
Publicado: 29/07/2025

PALABRAS CLAVE fibra de coco, muestreo de piezas, diseño de mezclas, pruebas mecánicas, resistencia de material

KEYWORDS coconut fiber, piece sampling, mixture design, mechanical testing, material strength



Cómo citar este artículo/How to cite this article: Morales Guzmán, C. y Ceballos Vargas, J. (2025). Diseño de una mezcla de concreto con fibra de coco para mejorar sus propiedades mecánicas. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 14(28), 52-62. <https://doi.org/10.18537/est.v014.n028.a04>

e - ISSN: 1390 - 9274
ISSN: 1390 - 7263

estoa.ucuenca.edu.ec

1. Introducción

El concreto es ampliamente reconocido como el material más versátil y utilizado en la construcción, lo que demanda la continua adaptación y mejora de tecnologías que permitan la producción de concretos más eficientes y sostenibles. En este contexto, la industria de la construcción explora métodos para reforzar el concreto, mejorando su calidad y reduciendo costos mediante el empleo de fibras naturales o materiales reutilizables. Estos enfoques han captado la atención tanto de organismos gubernamentales como del sector privado (Castro y Naaman, 1981).

Entre las opciones de refuerzo se encuentran fibras de acero, vidrio y polipropileno. Sin embargo, estas alternativas suelen implicar un costo elevado, lo que limita su viabilidad en países en desarrollo. Las preocupaciones actuales relacionadas con el cambio climático, la contaminación ambiental y el calentamiento global impulsan la búsqueda de materiales más sostenibles que minimicen emisiones y residuos durante su fabricación. Además, se exploran formas de reutilizar materiales que tradicionalmente se consideran desechos, otorgándoles un nuevo valor en aplicaciones prácticas (NOM-031-STPS, 2019).

El uso de fibras naturales se perfila como una alternativa viable, especialmente en países como México, donde estas fibras están disponibles en abundancia y representan una fuente renovable. Por ejemplo, la cáscara de coco, a menudo considerada un residuo, puede aprovecharse como fuente de fibra de coco o bonote, para mejorar propiedades mecánicas del concreto, como su resistencia a la tensión, impacto y fatiga, al tiempo que reduce su impacto ambiental y fomenta una mayor conciencia ecológica (SERMANAT, 2020; Gobierno de México, 2020).

En México, diversas instituciones académicas han investigado el empleo de agregados naturales en el concreto. La Universidad de Colima, por ejemplo, ha desarrollado mezclas que mejoran la impermeabilidad en pisos habitacionales mediante el uso de fibras de coco. En el ámbito internacional, la Universidad Nacional de Colombia ya ha incorporado este tipo de mezclas en normativas, promoviendo su comercialización, mientras que programas como el CYTED apoyan la creación de materiales más respetuosos con el medio ambiente (ACI 318, 2016).

Una mezcla simple de concreto, utilizada como muestra de control en experimentos, consiste en cemento, agua y agregados fino y grueso, sin aditivos ni refuerzos especiales. Al compararse con mezclas que incorporan fibra de coco, se busca evaluar cómo estas fibras afectan las propiedades mecánicas del concreto, especialmente su resistencia a la compresión.

El uso de fibras naturales en la construcción tiene antecedentes históricos que se remontan a la prehistoria, cuando se empleaban materiales biodegradables como hierbas y ramas. Estas fibras, aunque débiles individualmente, adquieren propiedades estructurales cuando son entrelazadas o comprimidas. La fibra de coco, en particular, pertenece a la categoría de fibras duras y posee una composición de celulosa y lignina que le confiere resistencia al impacto, al agua y a las bacterias, además de propiedades térmicas y acústicas útiles para aplicaciones en construcción.

En este contexto, la investigación se centrará en comparar una mezcla simple de concreto con otras tres mezclas experimentales que incluirán diferentes proporciones de fibra de coco como material orgánico de desecho. Esta primera fase de experimentación empleará maquinaria disponible para realizar las mediciones y análisis de las propiedades mecánicas resultantes (IMCYC, 2012).

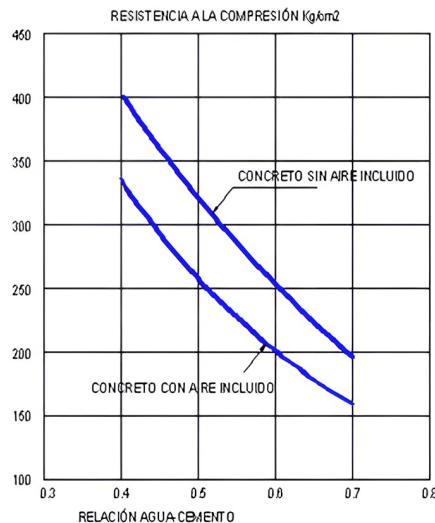


Figura 1: Relación agua - cemento (P/A). González y Quintero (2004)

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm²	Relación agua-cemento en peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	--
350	0,48	0,40
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Tabla 1: Valores Relación Agua – Cemento (PCA). González y Quintero (2004)

Parámetro	Unidad	Valor
PH	-	5
Conductividad eléctrica	ms/cm	2,15
Nitrógeno total	%	0,51
Fósforo total, P ₂ O ₅	%	0,20
Potasio total, K ₂ O	%	0,60
Calcio total, CaO	%	1,40
Magnesio total, MgO	%	0,20
Sodio total, NaO	%	0,187
Hierro total, Fe	%	0,206

Tabla 2: Características químicas de la fibra de coco. González y Quintero (2004)

2. Metodología

2.1. Relación agua-cemento

Una vez determinados los valores requeridos, se procedió al diseño de la mezcla. El primer parámetro definido fue la relación agua-cemento (Figura 1), cabe mencionar que, para este diseño, se optó por emplear los valores correspondientes a una mezcla sin aire incluido.

Para una mezcla con una resistencia de 250 kg/cm², el valor obtenido fue el indicado en la Tabla 1.

$$\text{Relación agua-cemento} = 0.62$$

2.2. Fibra de Coco

Para el desarrollo de la metodología, se utilizó fibra de coco perteneciente a la familia de las fibras duras, junto con el henequén, el sisal y el abacá. Este material, de naturaleza multicelular, está compuesto por celulosa y lignina, lo que le otorga rigidez, dureza, baja conductividad térmica y resistencia al impacto, al agua y a las bacterias. Estas propiedades hacen de la fibra de coco un material adecuado para aplicaciones en la construcción, incluyendo su uso como aislamiento térmico y acústico (Hernández-Vidal, 2018). Las principales características químicas de la fibra de coco ver en la Tabla 2.

Desde un punto de vista químico, la fibra de coco proviene del mesocarpio o estopa del fruto, que incluye tres tipos de fibras: largas y finas, toscas y cortas, siendo estas últimas las más abundantes, representando casi tres veces el volumen de las fibras largas.

Sobre esta base, se propuso experimentar con una mezcla de concreto simple, empleando proporciones estándar de cemento, agua y agregados finos y gruesos. Esta mezcla de control se comparó con tres mezclas experimentales, en las cuales se añadieron distintas proporciones de fibra de coco, considerada un material orgánico de desecho, con el objetivo de evaluar mejoras en las propiedades mecánicas del concreto.

En las pruebas iniciales, las fibras de coco se cortaron en longitudes de hasta 10 cm. Las proporciones utilizadas en relación con el peso del cemento fueron: 37% para la primera muestra experimental, 55% para la segunda y 74% para la tercera.

El procedimiento metodológico incluyó las siguientes etapas:

1. Preparación de mezclas:

- La mezcla de control no incluyó fibra de coco.
- Las tres mezclas experimentales se elaboraron a partir de la misma fórmula que la mezcla de control, con la adición de los porcentajes de fibra previamente definidos.

2. Elaboración de especímenes:

- Para cada mezcla se fabricaron 12 especímenes cilíndricos (tres por cada edad de ensayo: 24 horas, 7 días, 14 días y 28 días), resultando en un total de 48 especímenes para las cuatro mezclas (control y experimentales).
- Adicionalmente, se fabricaron 12 vigas (tres por mezcla), ensayadas a los 7, 14 y 28 días de edad.

3. Ensayos mecánicos:

- Se realizaron pruebas de compresión en los especímenes cilíndricos a las 24 horas y a los 7, 14 y 28 días, para determinar la resistencia a la compresión.
- Las vigas fueron sometidas a pruebas de flexión para obtener valores de ruptura a la tensión y la compresión. Los ensayos se llevaron a cabo utilizando prensas de operación manual.

4. Análisis estadístico:

Los datos obtenidos en los ensayos fueron analizados estadísticamente para evaluar el impacto de la fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto.

2.2. Diseño de la mezcla

Para el diseño de las mezclas, se siguieron las directrices del método ACI 2016, del manual de agregados para el concreto, dado que los métodos actuales de proporción por peso y volumen absoluto han evolucionado. Estos métodos de proporcionamiento por peso son sencillos y rápidos para estimar las proporciones de las mezclas, utilizando un peso supuesto o conocido del concreto por unidad de volumen.

La mezcla de concreto puede diseñarse a partir de experiencias previas (datos estadísticos) o de mezclas de prueba, siguiendo el método descrito en el manual ACI 211 y en las normas NMX-C-170-2019/ONNCCE, basadas en la norma C 170, que explica cómo realizar un muestreo manual debido a la ausencia de cuarteadora mecánica en el laboratorio. Tras realizar el cuarteo del material y su respectiva mezcla, se procede

a determinar su peso volumétrico seco suelto y varillado de gravas y arenas gruesas. También se mide la densidad y el módulo de finura de las arenas finas contenidas en la muestra. (ACI-318, 2016; NNCCE, 2019).

2.3. Cálculo de los volúmenes de material para la elaboración de un metro cúbico de concreto

Para calcular el volumen de material necesario para la elaboración de concreto por metro cúbico, se utilizó cemento tipo Portland 1, y los valores obtenidos se expresaron en peso. Estos se determinaron a partir de los volúmenes de cada componente para un metro cúbico de concreto. Las operaciones correspondientes se realizaron, y los resultados se resumen en la Tabla 3 (Benítez, et al, 2019; Aziz, 1981; Aguilar-Salazara, 2017).

Agua = 180 kg / peso volumétrico
 $\text{Agua} = (180 \text{ Kg}) / (1000 \text{ Kg/m}^3)$
 $\text{Agua} = 0,18 \text{ m}^3$
Cemento = 290,32 kg / peso volumétrico
 $\text{Cemento} = (290,32 \text{ Kg}) / (3.000 \text{ Kg/m}^3)$
 $\text{Cemento} = 0,10 \text{ m}^3$

Agregado grueso = 1.069,52 kg / peso volumétrico
 $\text{Agregado grueso} = 1.069,52 \text{ kg} / 2.652,00 \text{ Kg/m}^3$
 $\text{Agregado grueso} = 0,40 \text{ m}^3$
 $\text{Agregado fino} = 1 - (0,18 + 0,1 + 0,40)$
 $\text{Agregado fino} = 0,32 \text{ m}^3$
 $\text{Agregado fino (peso)} = 0,32 \text{ m}^3 \times 2590 \text{ kg/m}^3$
 $\text{Agregado fino (peso)} = 820,50 \text{ kg}$

Las dimensiones de los cilindros empleados fueron 0,15 m de diámetro y 0,30 m de altura, lo que da un volumen de 0,005 m³ por cilindro. Así, el volumen total de concreto requerido para la fabricación de los 48 cilindros fue:

- Volumen de concreto de cilindros = $(0,005 \text{ m}^3 / \text{cilindro}) \times (12 \text{ cilindros})$
- Volumen de concreto de cilindros = 0,25 m³

Posteriormente, se calculó el número de volúmenes de concreto necesarios para la fabricación de los cilindros, obteniendo un volumen total de 0,38 m³ de concreto requerido para la fabricación de los especímenes.

En cuanto a la fabricación de las vigas, como parte del trabajo de investigación, se fabricaron tres vigas por cada mezcla, lo que da un total de 12 vigas. Las vigas, con dimensiones de 0,15 m × 0,15 m × 0,45 m, tienen un volumen de 0,010 m³ por viga. Por lo tanto, el volumen total de concreto necesario para la fabricación de las vigas es:

- Volumen de concreto de vigas = $(0,01 \text{ m}^3 / \text{viga}) \times (12 \text{ vigas})$
- Volumen de concreto de vigas = 0,12 m³

Con base en los porcentajes de cada material necesarios para la fabricación de un metro cúbico de concreto, establecidos en la Tabla 3, se calcularon

Material	Cantidad	%
Agua	0,180 m ³	7,63
Cemento	0,097 m ³	12,30
Agregado grueso	0,403 m ³	45,31
Agregado fino (Volumen)	0,320 m ³	34,76
Agregado fino (Peso)	820,50 Kg	

Tabla 3: Volúmenes de materiales para un metro cúbico de concreto. (2016)

Material	%	Cantidad cilindros	Cantidad vigas	Cantidad total	Unidad
Agua	7,63	45,80	21,87	67,67	LTS
Cemento	12,30	73,88	35,27	109,15	KG
Grava	45,31	272,13	129,93	402,07	KG
Arena	34,761	208,79	99,69	308,48	KG
Total	100,00				

Tabla 4: Resultados de peso absoluto de materiales para los especímenes. (2016)

las cantidades de material en peso requeridas para la fabricación de los cilindros y las vigas, cuyos valores se muestran en la Tabla 4, que incluye también las cantidades totales (Rodríguez, 2003; Sandoval, 1997).

3. Resultados

Los datos obtenidos a partir de la metodología previamente descrita se generaron a partir de los ensayos realizados en los especímenes de las cuatro mezclas de cilindros. Estos ensayos se llevaron a cabo para verificar las pruebas de resistencia del material y obtener parámetros que permitan realizar un contraste y determinar cuál mezcla presenta mayor resistencia en los especímenes de ensayo (Jouve-Loor et al, 2021).

3.1. Ensayo de los Especímenes M-1

Se realizaron ensayos que muestran en orden las edades a las cuales se les aplicó carga a los especímenes de concreto correspondientes a la mezcla de control (M-1), sin la adición de fibra de coco. En el espécimen E-1, M-1, ensayado a las 24 horas, el cual soportó una carga máxima de 13,600 kg, manifestando su ruptura mediante una falla vertical apenas perceptible.

Posteriormente el espécimen E-2, M-1, ensayado a los 7 días, el cual presentó una falla vertical prolongada y perceptible. En el lado izquierdo, se observa otra falla en la parte media, con un pequeño desprendimiento de material que desciende hasta la base.

Continuando con el siguiente espécimen E-7, M-1, su ensayado fue a los 14 días, el cual presentó una falla vertical, además de una falla curva en el lado derecho, en la parte superior.

Finalmente, el espécimen E-9, M-1, ensayado a los 28 días, con fallas principalmente verticales y prolongadas, y algunas fallas diagonales menos pronunciadas en la parte superior derecha. El valor máximo del esfuerzo a la compresión de los especímenes ensayados a los 28 días de la mezcla 1 fue de 167,32 kg/cm².

El análisis de los resultados se muestra en la Figura 2, que presenta el comportamiento de los especímenes de la mezcla de control M-1 sin la adición de fibra de coco al aplicarles una carga para evaluar su esfuerzo a la compresión. La resistencia a los 28 días, con una carga máxima promedio de 29.625,00 kg, dio como resultado un esfuerzo a la compresión de 167,324 kg/cm², el cual se toma como el valor de referencia para comparar con las pruebas realizadas con fibra de coco.

3.2. Ensayo de Especímenes M-2

Muestran en orden las edades a las cuales se les aplicó carga a los especímenes de concreto correspondientes a la mezcla de control (M-2), con la adición del primer proporcionamiento de 0,37% de fibra de coco. En el espécimen E-1, M-2, ensayado a las 24 horas, el cual soportó una carga máxima de 14.000,00 kg, lo que resultó en un esfuerzo a la compresión de 98,75 kg/cm². La ruptura se manifestó mediante varias fallas, en su mayoría verticales, apenas perceptibles tanto en la parte superior como en la inferior.

Posteriormente el espécimen E-4, M-2, ensayado a los 7 días. Este presentó una serie de fallas diagonales muy visibles en la parte superior, junto con resquebrajamiento superficial del material; sin embargo, se observó que la fibra evitó el desprendimiento de este. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 7 días fue de 26.550,00 kg, lo que dio un esfuerzo a la compresión de 146,03 kg/cm².

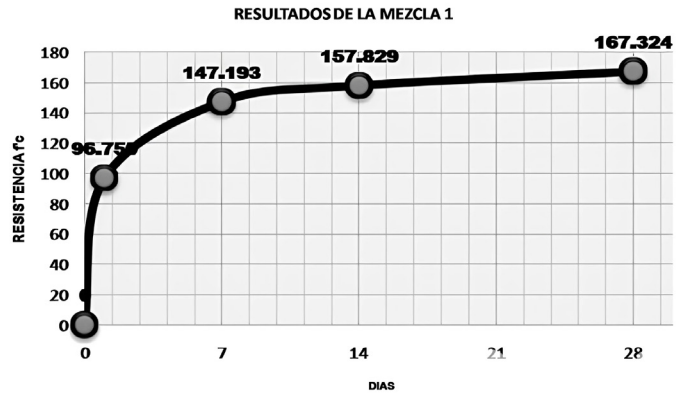


Figura 2: Curva esfuerzo – resistencia de la mezcla 1. (2016)

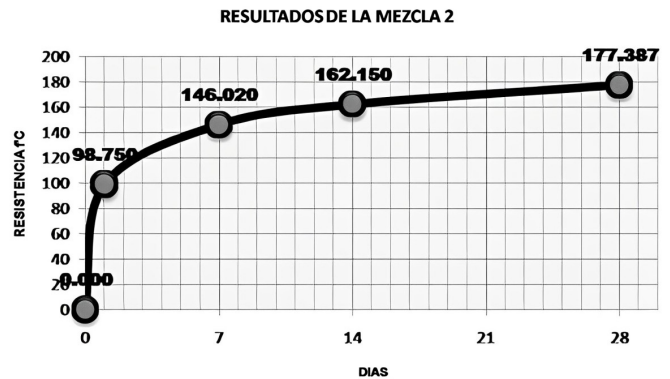


Figura 3. Curva esfuerzo – resistencia de la mezcla 2. (2016)

Continuando con el siguiente espécimen E-5, M-2, ensayado a los 14 días. Este mostró una falla vertical prolongada y otra corta, y en la parte superior se observó resquebrajamiento superficial del material, el cual se mantuvo unido por la fibra. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 14 días fue de 29.250,00 kg, resultando en un esfuerzo a la compresión de 162,15 kg/cm^2 .

Finalmente, el espécimen E-10, M-2, ensayado a los 28 días, el cual presentó una falla diagonal clara y, en la parte superior, un pequeño resquebrajamiento del material, aunque sin desprendimiento. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 28 días fue de 32.625,00 kg, lo que resultó en un esfuerzo máximo de compresión de 177,39 kg/cm^2 .

Por último, en la Figura 3 se presenta el comportamiento de los especímenes de la mezcla M-2, con la adición del primer proporcionamiento de 0,37% de fibra de coco al concreto, al aplicárseles una carga para evaluar su esfuerzo a la compresión. La resistencia a los 28 días, con una carga máxima promedio de 32.625,00 kg, dio como resultado un esfuerzo a la compresión de 177,39 kg/cm^2 .

3.3. Ensayo de Especímenes M-3

En el siguiente ensayo, se muestran en orden las edades a las cuales se les aplicó carga a los especímenes de concreto correspondientes a la mezcla de control (M-3), elaborada con la adición del segundo proporcionamiento de 0,55% de fibra de coco. En el espécimen E-2, M-3, ensayado a las 24 horas. Este mostró una falla vertical marcada en el lado derecho y otras en forma diagonal menos pronunciadas. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a las 24 horas fue de 9.250,00 kg, lo que resultó en un esfuerzo a la compresión de 51,78 kg/cm².

Posteriormente el espécimen E-5, M-3, ensayado a los 7 días. Las fallas observadas fueron verticales, poco visibles. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 7 días fue de 19.600,00 kg, resultando en un esfuerzo a la compresión de 107,81 kg/cm².

Continuando con el siguiente espécimen E-9, M-3, ensayado a los 14 días. Este mostró una falla diagonal prolongada, y en la parte superior del lado derecho se observó resquebrajamiento superficial de material. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 14 días fue de 29.266,66 kg, con un esfuerzo a la compresión de 120,16 kg/cm².

El espécimen E-12, M-3, ensayado a los 28 días, el cual presentó tres fallas verticales prolongadas, una diagonal y resquebrajamiento superficial del material, aunque sin desprendimiento. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 28 días fue de 24.425,00 kg, con un esfuerzo a la compresión máximo de 137,95 kg/cm².

Por último, en la Figura 4 se presenta el comportamiento de los especímenes de la mezcla M-3, con la adición del 0,55% de fibra de coco al concreto. Al aplicárseles carga para evaluar su esfuerzo a la compresión, la resistencia a los 28 días, con una carga máxima promedio de 24.425,00 kg, dio como resultado un esfuerzo máximo a la compresión de 137,95 kg/cm².

3.4. Ensayo de Especímenes M-4

Muestran en orden las edades a las cuales se les aplicó carga a los especímenes de concreto correspondientes a la mezcla de control (M-4), elaborada con la adición del tercer proporcionamiento de 0,74% de fibra de coco. En el espécimen E-1, M-4, ensayado a las 24 horas, el cual muestra una falla vertical y resquebrajamiento en la parte superior. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a las 24 horas fue de 12.250,00 kg, con un esfuerzo a la compresión de 66,74 kg/cm².

Posteriormente el espécimen E-6, M-4, ensayado a los 7 días, que presenta dos fallas verticales cortas y una falla diagonal visible en la parte media. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados

a los 7 días fue de 21.900,00 kg, con un esfuerzo a la compresión de 121,11 kg/cm².

Continuando con el siguiente espécimen E-7, M-4, ensayado a los 14 días, el cual muestra una falla diagonal prolongada que va desde la base superior hasta casi la base inferior. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 14 días fue de 25.500,00 kg, con un esfuerzo a la compresión de 140,62 kg/cm².

El espécimen E-10, M-4, ensayado a los 28 días, el cual presenta varias fallas verticales y diagonales unidas, junto con pequeños resquebrajamientos de material en las fallas diagonales. La carga máxima promedio de los tres especímenes ensayados a los 28 días fue de 29.150,00 kg, con un esfuerzo a la compresión máximo de 158,49 kg/cm².

Finalmente, en la Figura 5 se presenta el comportamiento de los especímenes de la mezcla M-4, con la adición del 0,74% de fibra de coco. Al aplicárseles carga para evaluar su esfuerzo a la compresión, la resistencia a los 28 días, con una carga máxima promedio de 29.150,00 kg, resultó en un esfuerzo máximo a la compresión de 158,49 kg/cm².

Los resultados obtenidos en las pruebas permiten comparar los efectos de los diferentes porcentajes de fibra de coco añadidos a los especímenes, lo que ayuda a identificar la mejor combinación de fibra de coco para optimizar las propiedades mecánicas del concreto (Gutiérrez, 2020; Rodríguez, 2011).

El tipo de falla observado en los cilindros durante los ensayos de compresión es crucial, ya que refleja la capacidad del material para soportar cargas antes del colapso y permite identificar las zonas más vulnerables del concreto. Las fallas verticales, diagonales y los resquebrajamientos superficiales indican distintos patrones de comportamiento estructural que permiten evaluar cómo la adición de fibra de coco influye en la resistencia y ductilidad del material. Estos resultados son clave para determinar la mezcla óptima de concreto, maximizando la resistencia a la compresión y minimizando el riesgo de fallos catastróficos bajo carga (Quiros, 2018; Polanco, 2016; Rivera, 2021).

4. Discusión

Para resumir los resultados anteriores, se observa en la Figura 6 el comportamiento de las cuatro mezclas de concreto estudiadas: la mezcla de control M-1 (sin adición de fibra de coco) y las mezclas M-2, M-3 y M-4, con diferentes proporciones de fibra de coco (0,37%, 0,55% y 0,74%). A estos especímenes se les aplicó carga para obtener el esfuerzo a la compresión a las edades de 24 h, 7, 14 y 28 días. Los resultados muestran que la mezcla M-2, con un 0,37% de fibra de coco, presenta el mejor desempeño, superando la mezcla de control M-1 con un esfuerzo a la compresión de 177,39 kg/cm², como se observa en la Figura 7.

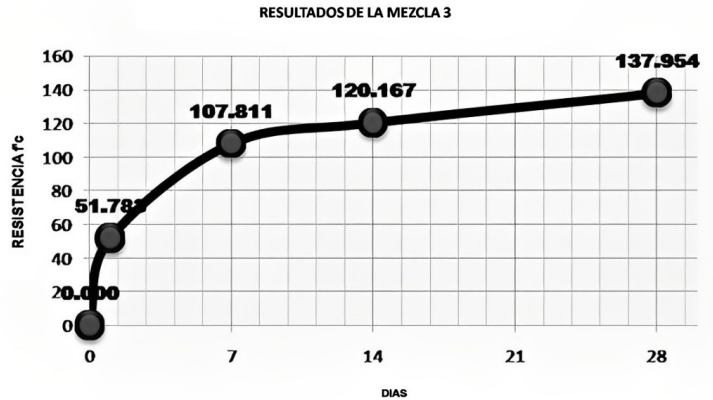


Figura 4: curva esfuerzo – resistencia de la mezcla 3. (2016)

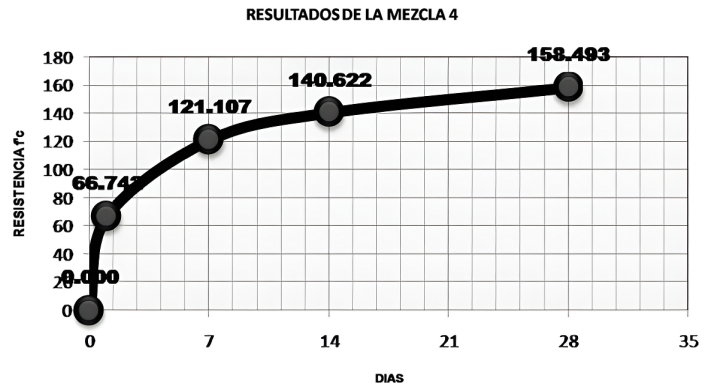


Figura 5. Curva esfuerzo – resistencia de la mezcla 4. (2016)

Para reforzar esta investigación, con la adición de fibra de coco se diseñó una mezcla de concreto capaz de modificar sus propiedades mecánicas y se evaluó su comportamiento al ser utilizada en un elemento horizontal. En este contexto, se realizaron ensayos con vigas fabricadas con el concreto en estudio, las cuales se construyó una viga M-1 corresponde a la mezcla de control sin fibra de coco, la viga M-2 contiene el primer proporcionamiento de 0,37% de fibra de coco, la viga M-3 contiene el segundo proporcionamiento de 0,55% y la viga M-4 contiene el tercer proporcionamiento de 0,74%. Los ensayos se realizaron a los 7, 14 y 28 días de maduración.

Para una presentación más ágil, se detallan los resultados de las vigas a los 28 días de maduración. En la viga V1 (M-1) presenta una falla en el tercio medio de la barra, con un módulo de ruptura de 48 kg/cm².

En la viga V3 (M-2) muestra una falla también en el tercio medio, con un módulo de ruptura de 51,20 kg/cm². En la viga V3 (M-3) presenta una falla similar en el tercio medio, con un módulo de ruptura de 34,67 kg/cm². Finalmente, en la viga V3 (M-4) muestra una falla en el tercio medio con un módulo de ruptura de 29,33 kg/cm².

En consecuencia, en la Figura 8 se presenta el comportamiento de las cuatro mezclas elaboradas con el concreto de estudio: la mezcla control M-1 sin la adición de fibra de coco, y las tres mezclas M-2, M-3 y M-4, con los diferentes proporcionamientos de fibra de coco descritos anteriormente. Con estas mezclas se fabricaron las vigas, a las cuales se les aplicó una carga para obtener el módulo de ruptura a las edades de 7, 14 y 28 días. (Medina, 2002; Quintero G., 2003).

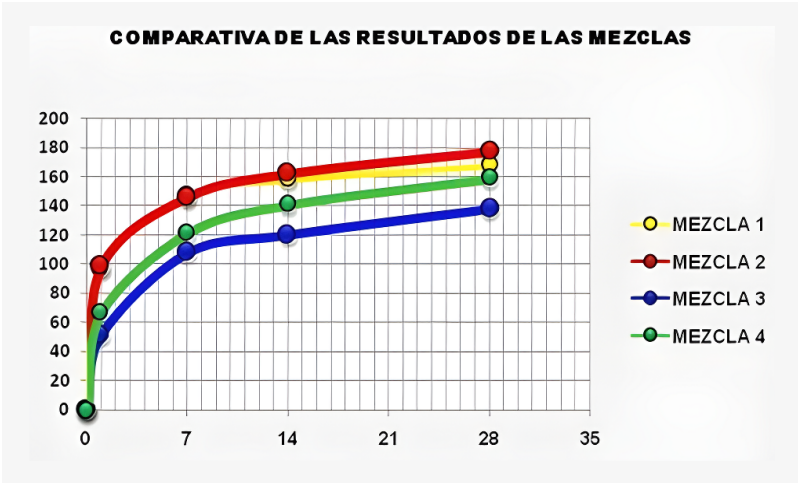


Figura 6: Curva esfuerzo – resistencia de las cuatro mezclas. (2016)

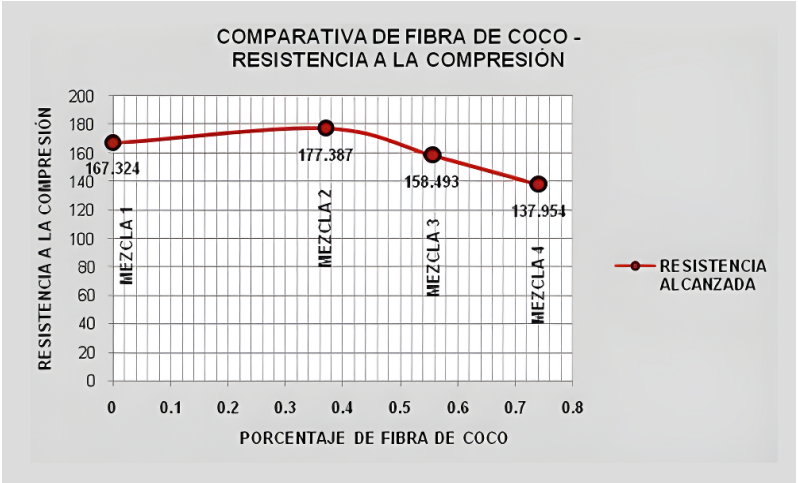


Figura 7: Comparativa de fibra de coco – resistencia a la compresión. (2016)

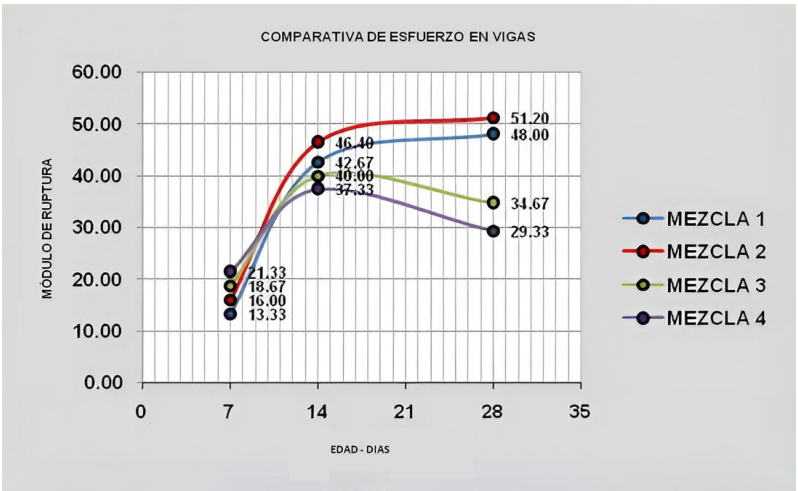


Figura 8: Comparativa de esfuerzos en vigas. (2016)

Las gráficas anteriores demuestran que los resultados obtenidos de la mezcla 2, con el proporcionamiento de fibra de coco, presentan los mejores valores de adherencia al concreto desde su aplicación y durante su maduración con el paso del tiempo. En consecuencia, una fase posterior de la investigación podría consistir en realizar aplicaciones en elementos constructivos para evaluar su comportamiento a largo plazo. Se observó que, con la adición de fibra de coco, se logró una mejora en las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en cuanto al aumento de su tensión y su capacidad para resistir el impacto y la fatiga. Paralelamente, esta adición contribuye a la reducción del daño al medio ambiente, lo que sugiere su potencial aplicación en la industria (González y Quintero, 2004; Gutiérrez, 2020; Martín, 2000 ; Maiti, 1995).

4. Conclusiones

La incorporación de fibra de coco al concreto mejora sus propiedades mecánicas, específicamente en el esfuerzo a la compresión y el módulo de ruptura, con un porcentaje óptimo de adición del 0,37%. Superar este porcentaje resulta en un detrimento de dichas propiedades.

En los ensayos realizados, el esfuerzo a la compresión del concreto aumentó aproximadamente un 6%, pasando de 167,32 kg/cm² en la mezcla 1 a 177,39 kg/cm² en la mezcla 2, ambas evaluadas a los 28 días. De manera similar, el módulo de ruptura mostró una mejora del 7%, pasando de 48 kg/cm² en la mezcla 1 a 51,2 kg/cm² en la mezcla 2 en el mismo periodo.

El concreto con fibra de coco presentó una falla sin desprendimiento de material y una influencia significativa en la resistencia a la flexión. En los ensayos de vigas, se determinó que la proporción óptima de fibra de coco es del 0,37%. Sin embargo, incrementos superiores a esta proporción reducen la resistencia a la flexión. Las vigas resultantes son más compactas y menos quebradizas, aunque no significativamente más flexibles.

En los ensayos a compresión, la mezcla óptima correspondió a un promedio de resistencia de tres especímenes con la misma proporción de 0,37% de fibra de coco respecto al cemento. Las fallas observadas en los cilindros no mostraron deformaciones significativas.

Este estudio tiene como objetivo sensibilizar a la comunidad académica sobre el aprovechamiento de materiales de desecho, como la fibra de coco, para su reutilización en la construcción, representando una alternativa sostenible para futuras aplicaciones en concretos.

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

© **Derechos de autor:** Carlos César Morales Guzmán y Jesús Ceballos Vargas, 2025.

© **Derechos de autor de la edición:** *Estoa*, 2025.

5. Referencias bibliográficas

- Aguilar Salazar, A. (2017). *Diseño de una mezcla de concreto como material de construcción, utilizando reciclado de PET*, <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/5598>
- American Concrete Institute ACI-318. (2016). *State of the art on fiber reinforced concrete, ACI Manual of concrete Practice*. https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/314RS-16_preview.pdf
- Aziz, M.A., Paramasivam, P. & Lee, S.L. (1981). Prospects for Natural Fibre Reinforced Concretes in Construction. *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, 3, 123-132. [https://doi.org/10.1016/0262-5075\(81\)90006-3](https://doi.org/10.1016/0262-5075(81)90006-3)
- Benítez Rodríguez, G., Galván López, J. L., Inciarte Fermín, G., & Inciarte Labarca, G. (2019). *Estado del arte y factibilidad de uso del concreto celular y de lechadas de baja densidad en la industria de la construcción (caso de estudio Poza Rica de Hidalgo; Veracruz). Proyecto de investigación de la Universidad Veracruzana*. <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/600f48742fb896704130993b/1611614333115/Memorias+del+Congreso+Cel+aya+2016+--+Tomo+12.pdf>
- Brañes Ballesteros, R. (2012). *Manual de derecho ambiental mexicano*. Editorial Instituto de Investigaciones Jurídicas. https://sistemabibliotecario.scjn.gob.mx/sisbib/CST_2014/000062367/000062367.pdf
- Castro, J. O., & Naaman, A. E. (1981). *Cement Mortar Reinforced with Natural Fibers*. 78(1), 69-78. <https://doi.org/10.14359/6912>
- Garduño, M. A. (2011). *Ciencia de los Materiales*. Editorial Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/14560>
- Gobierno de México. (2020). *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)*. <https://www.gob.mx/inifap>
- González S., L.O. y Quintero G., S.L. (2004). *Evaluación del uso de la fibra de la estopa de coco, para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto*. Editorial Universidad Nacional de Colombia
- Gutiérrez Espinoza, L. (2020). *La influencia de la adición de fibra de coco en las propiedades físicas y mecánicas del mortero, ciudad de Lima*. Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Civil. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_896fb15f1e9ea8b38265da7ee14ec302
- Hernández Vidal N. E. (2018). Caracterización química de la Fibra de Coco (Cocos nucifera L.) de México utilizando Espectroscopia de Infrarrojo (FTIR) *Revista Ingeniería y Región*, 20. <https://doi.org/10.25054/22161325.1914>
- Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), (2012). *Propiedades del Concreto reforzado con fibra de estopa de Coco. Construcción y tecnología en concreto*, 10. <http://www.imcyc.com/revistacyt/noviembre2012/pdfs/posibilidades.pdf>
- Jouve-Loor, A.D., Andrade-Lastra, O.A., y Areche-García, J.N. (2021). Mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones. *Revista Polo del Conocimiento*, 6. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i4.2564>
- Maiti M.R. (1995). *Fibras vegetales en el mundo, aspectos botánicos, calidad y utilidad*. Editorial Trillas.

- Medina López, Y. (2002). *Análisis de los Mercados de diversos materiales vírgenes y reciclados para la producción de envases*. Editorial Instituto Nacional de Ecología.
- Neville, A. (1999). *Tecnología del concreto*. Editorial Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. <https://pdfcoffee.com/tecnologia-del-concreto-adam-m-neville-imcyc-7-pdf-free.html>
- Norma Oficial Mexicana. (2019). *Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo NOM-031-STPS*. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4376/stps/stps.htm#>
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C ONNCCE. (2019). *Normas*. <https://www.onncce.org.mx/es/venta-normas/fichas>
- Paricaguan-Morales, B., Albano, C., Torres, R., Camacho, N., Infante, J., Muñoz, J. (2013). *Effect of the Coconut Fibers on the Flexural Strenght of Concrete Mixtures*. Editorial DYNA, 88(4), 424-432. <https://doi.org/10.6036/5646>.
- Peck, M. (2007) "Detail Praxis". *Hormigón, diseño construcción, ejemplos*. Editorial Gustavo Gili.
- Petróleo Mexicanos (PEMEX.) (2017). *Análisis de muestras de aguas. Poza Rica de Hidalgo, Veracruz: PEMEX. Laboratorio de cementaciones y estimulación de pozos*. https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2014i/Documentos/Auditorias/2017_0297_a.pdf
- Polanco Rodríguez, A. (2016). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*. Editorial Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Quintero G., S.L. (2003). Evaluación del uso de la estopa de coco (Cocos nucifera), obtenida como residuo de la industria alimenticia en el Valle del Cauca, para la elaboración de elementos prefabricados de concreto aligerado. *Ingeniería y Desarrollo*, (20), 134-150. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf>
- Quiros Rodríguez, L. (2018). *Estudio del Comportamiento Mecánico del Mortero Reforzado con Fibra de Coco y Modificado con Óxido de Hierro*. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Arquitectura y Diseño, Facultad de Diseño Industrial. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4228>
- Rivera Miranda, M. (2021). Fibra de Coco aditivo de mejoramiento en la elaboración de bloques, *Revista Nexa*, 34 (6). <https://doi.org/10.5377/nexov34i06.13125>
- Rodríguez Morales, L. (2011). La práctica constructiva en la ciudad de México. El caso del tezontle, siglos XVIII-XIX. *Revista Monumentos Históricos*, 22 (1), 155-178. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/boletinmonumentos/article/view/2168>
- Rodríguez, C. (2003). *Fabricación de tejas fibrorreforzadas con fibra natural*. Editorial Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. SICA. www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/fibras/tejas.htm
- Sandoval, E. y Bocanegra, R.A. (1997). *Análisis del comportamiento mecánico del concreto fibro reforzado*. Universidad del Valle
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT.) (2020). *Informe de la situación del medio ambiente en México, Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores claves y de desempeño ambiental*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/575593/MEDIO_AMBIENTE_2-INFORME-DE-LABORES__3__compressed.pdf
- Steven H. Kosmatka y William C. Panarese (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Editorial Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, A.C.
- Villanueva, N. E. (2016). *Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto*. Universidad Privada del Norte.
- Waddell Joseph J. y Dobrowolski Joseph A (1977). *Manual de la construcción con concreto*. Editorial Mc Graw-Hill.