

# Desempeño de concretos sustentables, adicionados con fibra de estopa de coco y polipropileno



## Colaboración

Humberto Raymundo González Moreno; David Arroyo Acosta, Tecnológico Nacional de México / Campus Mianlla

Fecha de recepción: 19 de julio del 2022

Fecha de aceptación: 16 de mayo del 2023

**RESUMEN:** En el presente artículo se comunica de forma precisa la relevancia de la utilización de esquilmos agrícolas en la búsqueda de elementos que estén enfocados a la construcción de viviendas. Asimismo, se estudia el efecto que otorga la fibra de estopa de coco adicionada a la matriz cementante sobre una de las principales propiedades del cemento Portland: resistencia a la compresión; misma que pudiera tener propiedades idóneas para su uso en la construcción, teniendo como ventaja la contribución al aspecto ecológico y económico.

De esta manera se permite que los beneficios resulten en la construcción y en la economía de los productores de coco en el Estado de Veracruz, aprovechando consigo las ventajas de tipo ecológico (climático y geográfico) que dispone el país para la producción y comercialización de fibra de cáscara de coco, incrementando con ello la oferta de trabajo rural y logrando disponer de una nueva materia prima para la industria.

La fibra de coco presentó una resistencia a la compresión a los 28 días de edad, puede llegar a adquirir una resistencia similar a mezclas de control de  $150 \text{ kg/cm}^2$ , siendo una opción viable en construcciones sustentables.

**PALABRAS CLAVE:** Cemento Portland, concreto sustentable, esquilmos agrícolas, fibra de coco, fibra de polipropileno, resistencia a la compresión.

**ABSTRACT:** This article precisely communicates the relevance of the use of agricultural waste in the search for elements that are focused on housing construction. Likewise, the effect of coconut tow fiber added to the cementitious matrix on one of the main properties of Portland cement is studied: compressive strength; same that could have ideal properties for use in construction, having as an advantage the contribution to the ecological and economic aspect.

In this way, the benefits are allowed to result in the construction and economy of coconut producers in the State of Veracruz, taking advantage of the ecological advantages (climatic and geographical) that the country has for the production and commercialization of fiber of coconut shell, thereby increasing the supply of rural labor and making available a new raw material for the industry.

The coconut fiber presented a resistance to compression at 28 days of age, it can reach a resistance similar to control mixtures of  $150 \text{ kg/cm}^2$ , being a viable option in sustainable constructions.

**KEYWORDS:** Portland cement, sustainable concrete, agricultural waste, coconut fiber, polypropylene fiber, compressive strength.

## INTRODUCCIÓN

Evaluación física mecánica de concretos sustentables con adiciones y sustituciones al cemento Portland por fibras de estopa de coco y de polipropileno

Uno de los principales retos a los que se enfrenta la industria cementera actual radica no solo en la optimización de sus procesos y materias primas, sino también en la reducción del impacto ambiental de sus operaciones [1].

Tomando en cuenta la gran demanda de construcción de viviendas y la necesidad de desarrollo de nuevos materiales de construcción [2], en el presente trabajo se investiga la manufactura y evaluación del cemento Portland, partir de la combinación de fibras naturales y artificiales, como la fibra de coco, en diferentes porcentajes, con el cemento, mismo que pudiera tener propiedades idóneas para su uso en la construcción y de esta manera las propiedades mecánicas de la fibra obtenida, principalmente sobre la resistencia a la compresión.

Asimismo, la fibra de coco forma parte del grupo de fibras duras conocidas, como el "sisal", el "henequén" y "abacá" [3]. Es una fibra multicelular que tiene como principales componentes la celulosa y el leño, lo que confiere elevados índices de rigidez y dureza [4]. A baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, son algunas de sus características. Por lo tanto, la resistencia, durabilidad y resiliencia, convierten a la fibra de coco en un material versátil y perfectamente indicado para los mercados del aislamiento [5] [6].

Destacando a su vez la relevancia de este proyecto, la cual radica no únicamente en la utilización de esquilmos agrícolas aplicados en la construcción [7], sino también uno de los principales propósitos es crear una conciencia ecológica, para que con ello ir construyendo día a día una educación en los seres humanos a utilizar materiales alternativos y así evitar destruir nuestros ecosistemas [8].

### Planteamiento del problema

En la actualidad, se señala a la industria cementera como uno de los sectores industriales que contribuyen mayoritariamente a la emisión de dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, generando el 8% a nivel mundial y siendo uno de los gases responsables del efecto invernadero con un 3% (el vapor de agua, metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonos constituyen el resto de los gases de efecto invernadero o GEI) [9].

En este sentido, las estructuras de concreto funcionan bastante bien, pero es posible mejorar su desempeño usando materiales modernos, así como también muy importante, materiales ecológicos. Por lo tanto, con la creciente necesidad de reparar o rehabilitar estructuras de concreto nace la tecnología de refuerzo con fibra de estopa de coco, la cual es una alternativa para la industria de la construcción.

Por otra parte, el concreto es conocido también como un material quebradizo, característica que es contrarrestada con la incorporación de un volumen de fibra como reforzamiento de su matriz basada en cemento, material que es obtenido mediante una mezcla cuidadosa de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua; esta mezcla después de realizada se endurece

en formaletas con la forma y las dimensiones adecuadas [10].

### Sustentabilidad

En la actualidad, la sustentabilidad es un tema de suma importancia por muchas razones, principalmente porque a través de ella se genera un impacto positivo en el ambiente y en todas las áreas de influencia de una población.

Se debe entender la sustentabilidad como "un proceso" que tiene el objetivo de encontrar el equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales, satisfaciendo las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras [11].

A su vez, la sustentabilidad tiene otros conceptos íntimamente ligados como la responsabilidad social y la sostenibilidad para asegurar un futuro. Adicionalmente, tiene a la economía circular y el valor compartido para lograr impactar lo menos posible al medio ambiente.

De este modo, con la utilización de las fibras de coco se disminuirá el inadecuado manejo de desechos ya que en nuestro país estos no son aprovechados en su totalidad. Los factores mencionados pueden repercutir en el ámbito económico, social y ambiental, tal como se observa en la Figura 1.

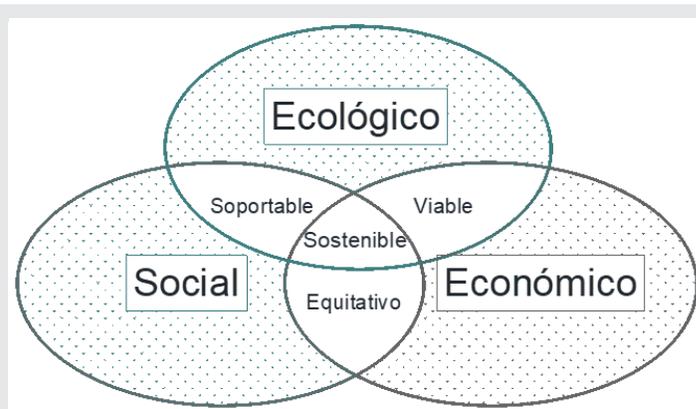


Figura 1. Factores del desarrollo sustentable.

Fuente: Elaboración propia.

### Vida de proyecto de las estructuras de concreto

Al diseñar y construir una estructura de concreto existe el compromiso implícito de hacer lo necesario para que, en el desempeño de sus funciones normales, preste el servicio requerido durante el tiempo de vida previsto. Por tanto, la vida de proyecto se refiere al tiempo de servicio considerado en el análisis técnico, económico, social y político de las obras; mientras que a su vez la vida útil se relaciona con el concepto de durabilidad ya que representa el tiempo de vida potencial de las estructuras en las condiciones operativas prevalecientes [12].

De acuerdo con lo anterior, para definir el tiempo de vida de proyecto de las estructuras no solamente debe

tomarse en cuenta los factores técnicos, económicos y sociopolíticos, sino también los que permitan estimar su tiempo de obsolescencia. En este sentido, a continuación se indica en la Figura 2 la vida de proyecto que se ha considerado para algunos tipos de estructuras.



Figura 2. Vida de proyecto considerado para diferentes tipos de estructuras.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la influencia de las grietas en la durabilidad de las estructuras de concreto puede ser muy variable por la diversidad de factores que intervienen, tales como la separación, longitud, posición y abertura de las grietas, las condiciones de exposición y servicio de las estructuras, las características del medio de contacto externo, entre otros [13].

En términos generales se considera que las grietas son más influyentes en la medida que alteran el desempeño mecánico del concreto y/o afectan la permeabilidad o estanqueidad de las estructuras, y/o propician la corrosión del acero de refuerzo. Por todo ello, e independientemente de su grado de injerencia, es conveniente hacer lo posible por evitarlas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La modalidad del presente artículo fue realizada en base a una investigación experimental [14], en la cual, con los ensayos realizados se determinaron los valores a resistencia a compresión de los especímenes de concreto con la adición de fibra de coco y de fibra sintética de polipropileno.

A su vez fue necesaria la realización de prácticas llevadas a cabo bajo la normativa de la ONNCCE, como por ejemplo el cuarteo, diferentes pruebas de agregados, entre las cuales se encuentran granulometría, contenido de humedad, absorción, densidad relativa, peso volumétrico, etc.; así como también los cálculos requeridos para el diseño de las mezclas cementantes por el método ACI [10].

Posteriormente, para la preparación de la matriz cementante se utilizó cemento Portland Tipo 1, de provee-

dor local; arena mediana de río; grava de tamaño máximo  $\frac{3}{4}$  pulgadas; agua potable para consumo humano; cal para blanquear, de proveedor local.

## Obtención de Aditivos naturales y artificiales

Se utilizaron fibras extraídas de estopa coco de la región comprendida de Costa Esmeralda, Ver. (franja costera que abarca del municipio de Nautla – municipio de Tecolutla); la fibra se extrajo en seco, utilizando un esmeril provisto de un cepillo, el cual arrojó la fibra limpia, como se observa en la Figura 3.

Finalmente se pesó el producto para formar las pacas que se utilizaron en el experimento y de esta manera ser utilizados en diversos campos de trabajo.

Igualmente, se obtuvo la fibra sintética de polipropileno como aditivo artificial.



Figura 3. Fibras extraídas de estopa de coco.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron diversas encuestas en diferentes puntos de la zona Costa Esmeralda (franja costera que se despliega e involucra el tramo entre Nautla – Tecolutla), así como también investigando previamente las características de la población; se obtuvo de forma organizada la información que permitió dar cuenta de las variables de interés en este proyecto, obteniendo con ello que el coco que se produce en la región se vende en \$17.00 MXN a los diversos locales de la zona, los cuales a su vez se encargan de venderlos a la población en general en \$30.00 MXN la pieza; vendiendo aproximadamente de 35 a 50 cocos diariamente dependiendo de la temporada del año en la que se encuentren, mismos que generan el 30% de sustento a su familia.

## Procesamiento de la Fibra de coco

El proceso que se le debe de dar a la fibra de coco para la elaboración de los cilindros de concreto es el siguiente:

1. Trituración de las cortezas de coco manualmente.
2. Se procede a secar la fibra de coco.

3. Se procede al tratamiento con cal, este procedimiento consiste en sumergir la fibra en una lechada de cal (10 gr de cal por cada litro de agua) durante un periodo de 48 horas.

4. Se enjuaga repetidas veces con agua, el tratamiento con solución de cal limpia la fibra de impurezas provenientes del fruto durante su pelado (aceite, agua, pulpa, etc.), durante su confinamiento (mugre, polvo) y del ataque microbiológico por parte hongos y levadura. Este tratamiento protege la fibra del deterioro debido a la alta alcalinidad de la pasta de cemento y mejora la adherencia.

5. Nuevamente se procede a secar la fibra en ambiente durante 30 minutos.

6. Se realiza cortes de 2 cm y 5 cm de longitud de la fibra de coco.

### Fibras sintéticas de Polipropileno

La fibra de polipropileno es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de polipropileno ensambladas en una matriz plástica [15]. El polipropileno se utiliza como material de refuerzo debido a que entre sus principales ventajas en el concreto en estado endurecido son: el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura y brinda mayor resistencia a la fatiga [16, 17]. Actualmente su presentación contiene 600 gramos de fibra en bolsa de papel como se observa en la Figura 4; ofreciendo un rendimiento de una bolsa de 600 gramos por 1 metro cúbico de concreto, cuyo precio oscila los \$140.00 MXN.



Figura 4. Bolsa de fibra sintética de Polipropileno, presentación de 600 grs.

Fuente: Elaboración propia.

### Dosificación por el método ACI

Se le conoce como dosificación al proceso donde el concreto de todo tipo se debe mezclar completamente hasta que tenga una apariencia uniforme en todos sus ingredientes [10].

De este modo se realizó el diseño de mezcla por el método ACI 211.1, mismo por el cual se elaboraron 4 mezclas diferentes. Como primera de ellas se diseñó una de control con 100% cemento Portland convencional; una con 100% cemento Portland convencional + 20% fibra de polipropileno; otra con 100% cemento Portland convencional + 20% fibra de estopa de coco; y una última con 70% cemento Portland + 20% fibra de estopa de coco + 10% fibra de polipropileno.

Asimismo, los parámetros para realizar el diseño de la mezcla se efectuaron para contar con una resistencia  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ , consecuentemente se elaboraron 32 especímenes de concreto de las cuatro mezclas antes descritas. Los moldes fueron hechos de material PVC, con dimensiones de 10 x 20 cm, realizando un corte de 90° a cada 10 cm de largo para así darle un corte recto.

La dosificación se realizó para la cantidad de 1 m<sup>3</sup>, a continuación se muestra en la Tabla 1 las proporciones adecuadas del material para elaborar un metro cúbico de concreto, por lo que se procedió a elaborar los especímenes prismáticos.

Tabla 1. Cantidad de materiales necesarios para diseñar un metro cúbico de concreto  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ .

Materiales	Cantidad para elaborar 1 m <sup>3</sup> de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$
Cemento	256.2820 Kg
Agregado grueso	782.416 Kg
Agregado fino	844.272 Kg
Agua	205 L

Fuente: Elaboración propia.

### Elaboración de especímenes prismáticos

Una vez que se conocen las proporciones necesarias de material que componen el concreto, se prosigue a obtener el volumen de los moldes que se utilizarán para el colado.

En este caso se utiliza un molde con volumen de 0.0016 m<sup>3</sup>.

En base a lo anterior y a la respectiva dosificación, se hace el cálculo para determinar cuánto material es necesario para el volumen de las probetas, resultados que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de materiales necesarios para el diseño de las Mezclas 1 a 4.

	Mezcla 1 (100% Cemento Portland Convencional)	Mezcla 2 (100% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Polipropileno)	Mezcla 3 (100% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Estopa de Coco)	Mezcla 4 (70% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Estopa de Coco + 10% Fibra de Polipropileno)
Cemento	0.4920 Kg	0.4920 Kg	0.4920 Kg	0.3444 Kg
Agregado grueso	1.5019 Kg	1.5019 Kg	1.5019 Kg	1.5019 Kg
Agregado fino	1.6210 Kg	1.6210 Kg	1.6210 Kg	1.6210 Kg
Agua	1.6210 L	1.6210 L	1.6210 L	1.6210 L
Fibra de Polipropileno	---	0.0984 Kg	---	0.0492 Kg
Fibra de coco	---	---	0.0984 Kg	0.0984 Kg

Después de haber obtenido los resultados para el diseño de las mezclas se continúa con el colado de especímenes, esto se debe hacer rápidamente ya que puede ocasionar que la mezcla pierda sus propiedades, para ello los moldes deben de encontrarse listos para usar como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Moldes de PVC utilizados para el colado de especímenes con dimensiones de 10 x 20 cm.  
Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo de manera correcta el colado se consideró la norma NMX-C-160-ONNCCE-2004, misma que describe que el concreto elaborado para cada una de las mezclas debe vaciarse con un cucharón en los moldes, en la cual cada porción de contenido en la charola debe ser representativa de la revoltura.

De este modo es necesario remezclar el concreto con una pala o cuchara para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes; después debe moverse el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose con el fin de asegurar una distribución uniforme del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso.

Posteriormente debe distribuirse el concreto usando la varilla de compactación antes de iniciar la misma y durante el colado de la capa final se debe añadir una cantidad de concreto tal que sobrepase el cupo del

molde y lo llene totalmente después de la compactación. De este modo y en seguida del compactado se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de metal tal como se muestra en la Figura 6; y por último para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar, deben cubrirse inmediatamente después de terminados



Figura 6. Colado de especímenes de concreto.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez pasadas las 24 horas de haber realizado el colado de los cilindros de concreto se prosiguió a descimbrar las probetas de los moldes como se observa en la Figura 7. Posteriormente e inmediatamente después se comenzó con el proceso de Curado (como se muestra en la Figura 8), para lo cual se colocaron en una pileta con agua que los cubrieran por completo durante 28 días en una condición húmeda a la temperatura  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de la prueba, como lo establece la normativa de la ONNCCE.



Figura 7. Descimbrado de cilindros de concreto.  
Fuente: Elaboración propia.

### Prueba de resistencia a compresión de los cilindros de concreto

Después de cumplir con los puntos anteriores, se realizó la prueba de resistencia a la compresión a los especímenes de concreto a las diferentes edades de fraguado.



Figura 8. Curado de especímenes.  
Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, antes de ocupar la máquina, esta se debe calibrar para poder realizar la prueba de resistencia a la compresión. Después de lo mencionado, los especímenes se colocaron sobre la máquina para ser sometidos a compresión, obteniendo los resultados para el análisis correspondiente y con ello, conseguir las conclusiones adecuadas.

Considerando la matriz de planeación y a su vez la metodología planteada, se realizó una primera prueba a compresión de las 4 diferentes mezclas con ayuda de la Prensa manual análoga, es decir, la prueba se realizó a los 7 días de elaboración de los especímenes. Posteriormente los periodos de pruebas se realizaron a los 14 días de la elaboración de los cilindros y a su vez a los 28 días, 2 meses, 3 meses, 4 meses, 5 meses y 6 meses como se muestran en la Figura 9. Para el proceso de pruebas se consideraron los siguientes aspectos:

- Diámetro, cm
- Sección, cm<sup>2</sup>
- Altura, cm
- Fecha de colado
- Fecha de ruptura
- Carga de ruptura, Kg



Figura 9. Ensayo de compresión de los especímenes de concreto.  
Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

A continuación se muestra en la Tabla 3 los resultados de los ensayos a diferentes edades de la prueba resistencia mecánica, las cuales se realizaron en un periodo mensual en base a la norma NMX-C-083-ONNC-CE-2014, mencionando además que la resistencia de los especímenes para este ensaye fue de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de las 4 mezclas realizadas.

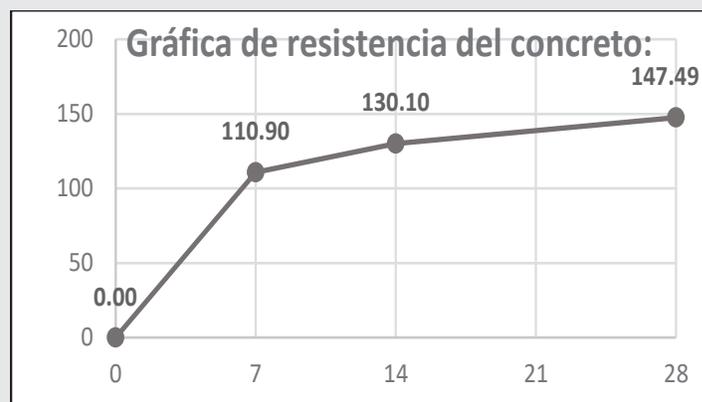
No. Mezcla	Resistencia a la Compresión en $\text{kg/cm}^2$				
	7 días	14 días	28 días	60 días	90 días
1	114.34	131.74	151.54	154.08	153.57
2	112.43	130.73	155.35	157.12	157.00
3	110.9	130.10	147.49	150.91	149.77
4	102.24	115.57	128.72	129.48	128.97

No. Mezcla	Resistencia a la Compresión en $\text{kg/cm}^2$		
	120 días	150 días	180 días
1	152.94	152.56	152.81
2	156.62	155.98	155.73
3	149.52	149.64	148.88
4	128.84	128.08	128.72

Con los datos obtenidos se observa que a los 28 días de edad (tiempo en el cual el concreto convencional alcanza el 100% de su resistencia), la mezcla de control alcanzó el 101% de la resistencia a la cual fue diseñada, del mismo modo, en la mezcla que contiene fibra de polipropileno se obtuvieron resultados favorables al cumplir con el 103% de su resistencia.

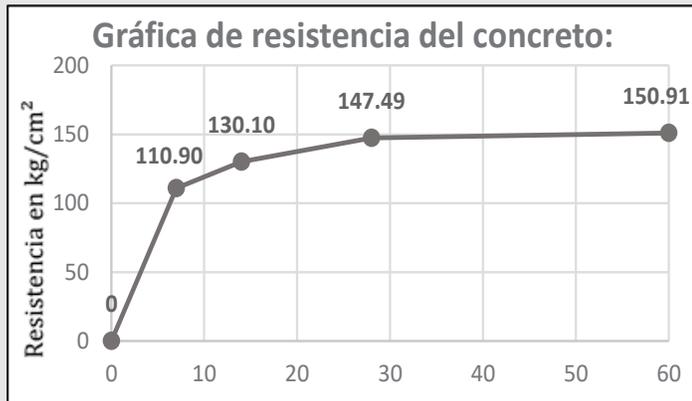
Caso contrario, en la mezcla número 3, la cual contiene fibra de estopa de coco, esta alcanzó un 98% de la resistencia del proyecto, tal como se muestra en la Gráfica 1, es decir, presenta una resistencia de  $147.49 \text{ kg/cm}^2$ .

Del mismo modo, en la mezcla número 4, esta alcanzó una resistencia de  $128.72 \text{ kg/cm}^2$ , siendo este el valor más bajo entre los cuatro tipos de concretos diseñados.



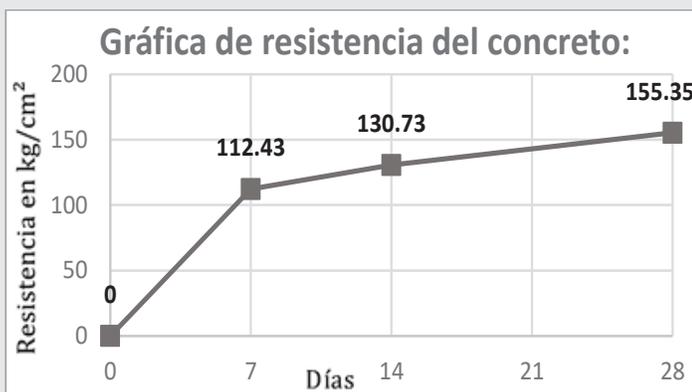
Gráfica 1. Resultados del ensayo a compresión a los 28 días del concreto con fibra de estopa de coco.

Continuando con los ensayos de resistencia a la compresión se consiguieron nuevos datos en la cuarta prueba, donde se define una edad de 60 días de los especímenes. Misma en la se observó que la resistencia mecánica mejoró en la mezcla que contiene fibra de coco, tal como se observa en la Gráfica 2; logrando establecer resistencias óptimas en los resultados y obteniendo de esta manera el 100% de la resistencia esperada.



Gráfica 2. Resultados del ensayo a compresión a los 60 días del concreto con fibra de estopa de coco.

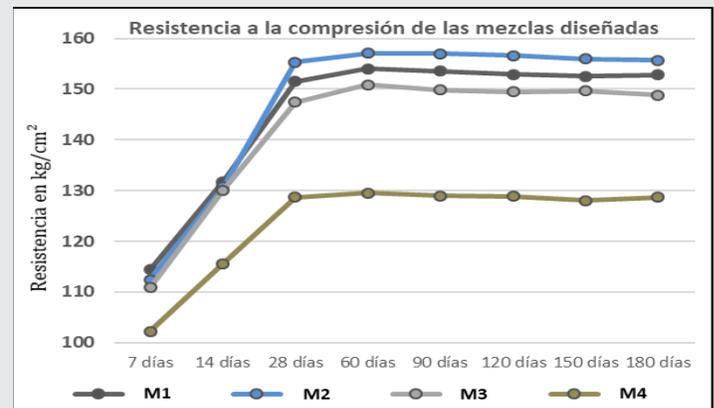
Del mismo modo, con los datos obtenidos se registra que la mezcla con polipropileno es la que presenta mayor resistencia respecto a las demás, obteniendo en este caso el 104.75% de la resistencia del proyecto a los 60 días. Mientras que la cuarta mezcla diseñada, aunque aumentó considerablemente su resistencia en el transcurso del último mes, sigue siendo el valor más bajo entre los cuatro tipos de concretos diseñados y solo adquiere el 86% de la resistencia del proyecto.



Gráfica 3. Resultados del ensayo a compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno.

Continuando con el presente análisis y con los datos obtenidos en la Tabla anterior, se realiza la Gráfica 4 en donde se observa que todas las mezclas 1, 2, 3 y 4 mantienen una misma resistencia mecánica promedio a la edad de 180 días, todas ellas presentando una disminución menor, pero conservando el mismo porcentaje

de resistencia del proyecto respecto al análisis mensual anterior.



Gráfica 4. Resultados del ensayo a compresión de las 4 mezclas de concreto diseñadas.

Por último y para finalizar el presente análisis, con los datos obtenidos se realizó un estudio de costo de producción en el que se evaluó (desde un punto de vista económico) si dicho proyecto puede llevarse a cabo, mantenerse en marcha y generar valor. A continuación, se muestra de manera cuantitativa y monetaria el costo de la operación del proyecto y su ejecución, permitiendo evaluar su rentabilidad y los recursos productivos necesarios para su realización.

Tabla 4. Costo por m³ de concreto  $f'c=150$  kg/cm² adicionado con fibra de coco.

CVE	DESCRIPCION	UNIDAD			
CON-150-FC	CONCRETO HECHO EN OBRA $f'c=150$ kg/cm², RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4"	M³			
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CEM-01	CEMENTO GRIS PORTLAND	M3	0.2562	\$ 3,140.00	\$ 804.47
ARE-01	ARENA	M3	0.8442	\$ 305.00	\$ 257.48
GRA-01	GRAVA	M3	0.7824	\$ 250.00	\$ 195.60
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.2050	\$ 105.00	\$ 21.53
FBA-PO	FIBRA DE COCO	BOLSA	1.0000	\$ 95.00	\$ 95.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$1,374.07</b>

En este sentido se muestra en la Tabla 4 el costo unitario en la producción de 1 m³ de concreto  $f'c=150$  kg/cm² adicionado con fibra de estopa de coco en su matriz cementante, así como también información relacionada con sus componentes.

Del mismo modo se realiza el análisis de precios unitarios para la extracción y obtención de la fibra de coco como se observa en la Tabla 5. Debido a que no se dispone del dato sobre el rendimiento neto de fibra de coco, solo es posible hacer una estimación de la cantidad total de fibra disponible, siendo este el 10% del peso del coco; calculando de esta manera que cada pieza contiene alrededor de 150 gramos de fibra.

Tabla 5. Costo de extracción y lavado de fibra de coco para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

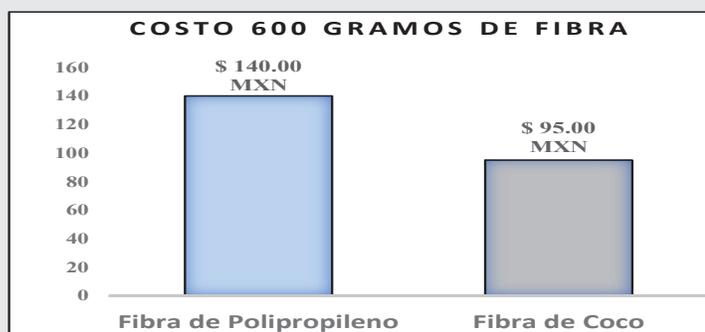
CVE	DESCRIPCION				UNIDAD
CON-150-FC	EXTRACCIÓN DE MANERA MANUAL DE LA FIBRA DE ESTOPA DE COCO. INCLUYE LAVADO DE LA FIBRA PARA TRABAJOS POSTERIORES.				M <sup>3</sup>
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CAS-CO	CÁSCARA DE COCO	PZA	4.00	\$ 17.00	\$ 68.00
GRA-01	CALHIDRA	TON	0.0005	\$ 1,750.00	\$ 0.87
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.0343	\$ 105.00	\$ 3.60
ARE-01	CUADRILLA (I AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.0625	\$ 360.50	\$ 22.53
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 95.00</b>

De igual manera se presenta el costo unitario en la producción de 1 m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  adicionado ahora con fibra sintética de polipropileno, tal como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Costo por m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con fibra sintética de polipropileno.

CVE	DESCRIPCION				UNIDAD
CON-150-FC	CONCRETO HECHO EN OBRA F' C=150 kg/cm <sup>2</sup> , RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4"				m <sup>3</sup>
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CEM-01	CEMENTO GRIS PORTLAND	M3	0.2562	\$ 3,140.00	\$ 804.47
ARE-01	ARENA	M3	0.8442	\$ 305.00	\$ 257.48
GRA-01	GRAVA	M3	0.7824	\$ 250.00	\$ 195.60
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.2050	\$ 105.00	\$ 21.53
FBA-PO	FIBRA DE POLIPROPILENO	BOLSA	1.0000	\$ 140.00	\$ 140.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$1,419.07</b>

Por lo tanto, se demuestra con ello que la utilización de fibras naturales resulta una alternativa viable para su uso en el ámbito constructivo, puesto que su adición produce un efecto positivo al momento de la falla, ya que logra que el concreto se mantenga unido y genera una buena adherencia de la fibra a la matriz. Del mismo modo su aplicación como material de refuerzo disminuye la explotación de materiales no renovables, permitiendo con ello el ahorro de materiales utilizados en la construcción, tal como se muestra en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Costo de 600 gramos de las fibras naturales y artificiales.

## CONCLUSIONES

La fibra de coco presentó una resistencia a la compresión de 147.49 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, (tiempo en la cual el concreto convencional alcanza el 100% de su resistencia), en comparación al diseño de la mezcla de control (0 % de fibra de coco) que presentó una resistencia de 151.54 kg/cm<sup>2</sup>.

Del mismo modo se demostró que la utilización del agregado de desecho de coco proporciona un grado aceptable de resistencia durante la realización de la cuarta prueba (en donde se define una edad de 60 días), logrando establecer de esta manera una resistencia óptima en el resultado, obteniendo por lo tanto el 100% de la resistencia esperada (150.91 kg/cm<sup>2</sup>) y produciendo además un efecto positivo al momento de la falla, logrando que el concreto se mantenga unido y generando una buena adherencia impidiendo que la grieta progrese en el material. Mencionando igualmente su rentabilidad desde un punto de vista económico, ya que el costo para un metro cubico de concreto con adición de fibra de coco es de \$1,374.07, resultando \$45.00 más barato en comparación al diseño de la mezcla con adición de fibra sintética de polipropileno \$1,419.07.

Asimismo, a través del presente artículo se demostró que una de las soluciones más eficientes para la disminución de la contaminación del medio ambiente es el reciclaje, el cual en los últimos años ha venido evolucionando.

Por último, se finaliza este artículo agregando que la importancia de este tipo de estudios es lograr, principalmente, que día a día se sumen más profesionistas interesados en la obtención de materiales alternativos que sean útiles en el ámbito constructivo y que, por supuesto, mantengan en vigor el cuidado de la naturaleza. Tratándose por lo tanto de una lucha constante para que las próximas generaciones crezcan con la conciencia de la utilización de materiales alternativos y tengan la posibilidad de vivir en una sociedad con más respeto a su entorno natural.

Se recomienda que en futuras investigaciones se trabaje más sobre fibras en el concreto que puedan llegar ser residuos en un futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Castillo Linton, C. E. (2015). *Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).*
- [2] Acosta, D., & Cilento, A. (2005). *Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. Tecnología y construcción, 21(1), 15-30.*
- [3] García, S. L. Q., & Salcedo, L. O. G. (2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propie-*

dades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, (20), 134-150.

[4] Villegas Girón, N. H., & Vélez Cervantes, R. P. (2007). *Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

[5] Alvear Solís, J. C. (2019). *Influencia de la incorporación de fibra de coco en comportamiento mecánico y termo acústico en planchas de yeso*.

[6] Estupiñan Reina, E., & Sánchez Ibarbo, W. J. (2019). *Plan de empresa para la creación de "Fibras de Coco", empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

[7] DE, T. C. E. C. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento* (Doctoral dissertation, Universidad de Colima).

[8] Salinas, J. M. C., & Sarzosa, G. V. (2018). *El cuidado del medio ambiente y su importancia en la educación inicial. Didascalia: didáctica y educación* ISSN 2224-2643, 9(4), 1-10.

[9] García Cruz, V. (2021). *Evaluación del impacto ambiental de materiales de construcción*.

[10]. Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

[11] Larrouyet, M. C. (2015). *Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta*.

[12] Torres Acosta, A., & Martínez Madrid, M. (2001). *Diseño de estructuras de concreto con criterios de durabilidad*. *Publicación técnica*, (181).

[13] Toirac Corral, J. (2004). *Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención*. *Ciencia y sociedad*.

[14] Galarza, C. A. R. (2021). *Diseños de investigación experimental*. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7.

[15] Intor Vásquez, C. E. (2015). *Resistencia a la comprensión del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con fibras de polipropileno*.

[16] González Salcedo, L. O., & Benavides Cerezo, W. (n.d.). *Fibras de Polipropileno para reforzamiento de matrices cementicias: Una recopilación sobre fibras comercialmente disponibles*. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

[17] Zerbino, R. L. (2020). *Uso de microfibras sintéticas en hormigón*.