

INFLUENCE OF CARROT FIBER ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE F'C=210KG/CM², TRUJILLO

Carrera Farro, Martín Eduardo¹, Garay Chávez, Jenny Marleny²,

¹Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú, mcarreraf@ucvvirtual.edu.pe

²Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú, jgarayc@ucvvirtual.edu.pe

Abstract – *The main objective of this research is to determine the influence of Carrot Fiber (CF) on the physical and mechanical properties of structural concrete with a compressive strength of F'c=210 kg/cm², assessing its viability as an eco-friendly material for the construction sector. Tests were conducted in accordance with national and international standards on 60 cylindrical specimens measuring 10 x 20 cm (NTP 339.034), 60 specimens for tensile strength (NTP 339.059), and 30 prismatic beams measuring 15 x 15 x 45 cm (NTP 339.084), incorporating various percentages of carrot fiber (0.00%, 0.45%, 0.50%, 0.55%, and 0.60%), subjected to curing periods of 7, 14, 28, and 56 days. Additionally, two pilot structures measuring 0.50 m x 0.50 m x 0.50 m were designed using standard concrete and concrete modified with 0.50% CF. These structures underwent diamantina tests to extract core samples and measure in-situ strength according to NTP 339.181 and ASTM C805. The results showed that the incorporation of carrot fiber significantly improved the physical and mechanical properties of concrete, with increases of 6.43% in compressive strength, 7.80% in tensile strength, and 7.86% in flexural strength compared to the standard mix. Furthermore, In the case of the resistance of the witnesses of the in situ tests, an increase of 4.07% is observed, the modified concrete maintained adequate workability and durability without compromising structural cohesion. This research concludes that carrot fiber is a viable and sustainable additive that enhances the performance of structural concrete, promoting environmentally responsible practices in the construction sector. It is recommended to explore the use of other natural fibers in future studies to further optimize concrete properties and expand its applications in construction.*

Keywords-- Natural fibers, fiber-reinforced concrete, carrot fibers, compressive strength, tensile and flexural strength, diamond test.

Influencia de la Fibra de Zanahoria en las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto $F'_c=210\text{kg/cm}^2$, Trujillo

Carrera Farro, Martín Eduardo¹, Garay Chávez, Jenny Marleny²

¹Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú, mcarreraf@ucvvirtual.edu.pe

²Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú, jgarayc@ucvvirtual.edu.pe

Resumen – El objetivo principal de la investigación es determinar la influencia de la Fibra de Zanahoria (FZ) en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón estructural con una resistencia a la compresión de $F'_c=210\text{ kg/cm}^2$, evaluando su viabilidad como material ecológico para el sector de la construcción. Se realizaron ensayos, de acuerdo con normas nacionales e internacionales, en 60 probetas cilíndricas de $10 \times 20\text{ cm}$ (NTP 339.034), 60 probetas de resistencia a la tracción (NTP 339.059) y 30 vigas prismáticas de $15 \times 15 \times 45\text{ cm}$ (NTP 339.084), incorporando diversos porcentajes de fibra de zanahoria (0,00%, 0,45%, 0,50%, 0,55% y 0,60%), sometidos a un tiempo de curado de 7, 14, 28 y 56 días. Adicionalmente, se diseñaron dos estructuras piloto de $0,50\text{ m} \times 0,50\text{ m} \times 0,50\text{ m}$ utilizando concreto estándar y concreto modificado con 0,50% FZ. Estas estructuras se sometieron a ensayos de diamantina para extraer muestras de núcleos y medir la resistencia in situ según NTP 339.181 y ASTM C805. Los resultados mostraron que la incorporación de fibra de zanahoria mejoró significativamente las propiedades físicas y mecánicas del concreto, con aumentos de 6,43% en la resistencia a la compresión, 7,80% en la resistencia a la tracción y 7,86% en la resistencia a la flexión en comparación con la mezcla estándar. Además, en el caso de la resistencia de los testigos de los ensayos in situ, se observa un aumento de 4,07%, el concreto modificado, manteniendo una trabajabilidad y durabilidad adecuadas sin comprometer la cohesión estructural. Esta investigación concluye que la fibra de zanahoria es un aditivo viable y sostenible que mejora el desempeño del concreto estructural, promoviendo prácticas ambientalmente responsables en el sector de la construcción. Se recomienda explorar el uso de otras fibras naturales en estudios futuros para optimizar aún más las propiedades del hormigón y ampliar sus aplicaciones en la construcción.

Palabras clave - Fibras naturales, concreto fibroreforzado, fibras de Zanahoria, resistencia a la compresión, tracción, flexión, ensayo de diamantina.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el concreto es considerado uno de los materiales esenciales en la ingeniería civil, el cual ha sido objeto de investigación continua y desarrollo constante con el fin de buscar y/o implementar mejoras en sus propiedades y su rendimiento en diversas aplicaciones [1]. Es importante destacar que los materiales utilizados en la construcción y en los acabados influyen significativamente en el nivel de energía que se consume, influyendo directamente en el medio ambiente y la economía de la población [2]. [3].

En el contexto peruano, según un informe de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) en el año 2020, el 67% de las viviendas construidas en los años 2008 y 2020, fueron edificadas de manera informal con materiales de pésima calidad, obteniendo concreto deficiente, debido a los

limitados recursos económicos de la población; Asimismo, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) afirma que la autoconstrucción y el uso de materiales económicos elevan la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones[4]. lo que conlleva a la presencia significativa de fisuras, grietas, desprendimiento y corrosión, generando hasta 53 veces más probabilidades de colapso durante un sismo [5].

Frente a esta problemática, se ha incrementado el interés y la importancia de explorar nuevos productos, aditivos y materiales naturales que contribuyan y puedan fortalecer y optimizar la calidad del concreto en la construcción, promoviendo aquellos que ayuden al medio ambiente. Entre las alternativas más prometedoras destacan los materiales provenientes de residuos o fibras naturales [6].

Un material emergente que ha captado la atención de diversos investigadores es la Fibra de zanahoria, debido al potencial que presenta para lograr la mejora en las propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural. Su composición química es beneficiosa al ser coincidente con la composición del concreto favoreciendo su integración [7]. Estudios recientes como el realizado por [8], han demostrado que, al adicionar Fibra de zanahoria en la mezcla del concreto, puede aumentar significativamente las propiedades mecánicas del concreto, pudiendo ser un aditivo valioso y viable para su uso en proyectos de infraestructura urbana. Estos hallazgos han sido confirmados por otros estudios que refuerzan la viabilidad de su implementación [9], [10].

En función a todo lo indicado, se analizó a detalle la influencia del uso la Fibra de zanahoria en el concreto $F'_c=210\text{ kg/cm}^2$ evaluando su factibilidad de aplicación en la ciudad de Trujillo, desde una perspectiva ingenieril, llevando a cabo múltiples ensayos de laboratorio con el fin de evaluar su efectividad en términos de resistencia, y trabajabilidad del concreto. Además, se identificaron áreas de investigación futuras y se propusieron recomendaciones para su implementación práctica en proyectos de ingeniería civil, abordando el problema general que se formula con la siguiente interrogante. ¿Cuál es la influencia de la adición de Fibra de zanahoria en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $F'_c=210\text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Trujillo? Así como también teniendo como objetivo general, Determinar la Influencia de la Fibra de zanahoria en las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Trujillo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

a. Cemento: Material principal para la elaboración del concreto, actuando como aglutinante esencial en la elaboración de concretos y morteros[11].

b. Cemento Portland Extraforte: Considerado ideal para concretos estructurales, debido a su composición química y características físicas.

Tabla 01
Características del Cemento Pacasmayo

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	REQUERIMIENTO SEGÚN NORMA
COMPOSICIÓN QUÍMICA		
Mgo - Óxido de magnesio	2.0 %	6.00%
SO3 - Trióxido de azufre	2.8 %	3.00%
COMPOSICIÓN FÍSICA		
Pérdida de ignición	2.9 %	3.00%
Residuos insolubles	0.6 %	0.75%

Fuente: Cementos Pacasmayo

c. Agregados: Son los componentes fundamentales de las mezclas de concreto, en diferentes proporciones afectan a la resistencia, trabajabilidad y comportamiento estructural del concreto. Estudios como [12]. [13]., destacan la importancia de caracterizar los agregados finos y gruesos según normativas como la ASTM C33 y la ACI 211.1-9 [14]. Para la investigación los agregados usados se obtuvieron de la cantera “El Milagro”, ubicada en el distrito el Milagro de la Provincia de Trujillo.

Agregados finos: Conocidos como arena, mejoran la trabajabilidad y cohesión de la mezcla al llenar los espacios que se genera al agregar el agregado grueso. Las características como granulometría y peso específico son clave para garantizar la calidad y la durabilidad del concreto, estas deben evaluarse bajo las normativas NTP 400.012 y la ASTM C136.

Agregados gruesos: Constituidos por grava o piedra partida, los que aportan resistencia y estabilidad estructural. La selección cuidadosa de su granulometría y contenido de humedad afecta directamente las propiedades como resistencia a la compresión y durabilidad, así como también para maximizar la estabilidad de la mezcla. La caracterización se hace bajo la normativa NTP 400.011.

d. Los aditivos y las adiciones: Son materiales o sustancias que ayudan a reforzar las propiedades del concreto, ajustándose a las condiciones específicas del proyecto. En este contexto la fibra de zanahoria, desempeñan un rol importante, no solo refuerzan la resistencia mecánica y la durabilidad del material, sino que también disminuyen la formación de fisuras, incrementan la cohesión y favorecen la trabajabilidad[15]. Este estudio se enfoca en evaluar cómo las fibras de zanahoria impactan las propiedades físicas y mecánicas del concreto, proponiendo una solución innovadora y sostenible para optimizar su rendimiento en aplicaciones constructivas[16]. [17]. [18]. Considerando las características físicas y químicas de la zanahoria conforme [19]. [20]. [21]., que se detallan en la siguiente Tabla.

Tabla 02
Propiedades Físicas y Químicas

PROPIEDADES FÍSICAS - QUÍMICAS DE LA ZANAHORIA	
1 Tamaño	Como mínimo un 30% de retención en la malla 100
2 Porcentaje de humedad	Un máximo de 10% de porcentaje de humedad
3 Cantidad de agua retenida	Como mínimo debe de tener un peso de 26
4 PH/1% de solución	Debe de encontrarse entre 4 y 6
5 Densidad	Densidad de 205 g/lt

Nota: (Vásquez & Huacachoque, 2022) [18].

Metodología. En la investigación se consideró ciento cincuenta (150) probetas, de los cuales sesenta (60) para compresión, sesenta (60) para tracción y treinta (30) para flexión. Considerando las dosificaciones de 0.45%, 0.50%, 0.55% y 0.60% de cantidad de Fibra de zanahoria por proporción del peso del cemento. Dichas muestras se llevaron a tiempos de curado que variaron de 7, 14, 28 y 56 días de curado. Asimismo, se elaboraron 2 bloques de concreto, 1 elaborado con concreto patrón y la otra con concreto modificado con 0.5% de fibras de zanahoria, de las que se extrajeron 2 testigos y se realizaron los ensayos a compresión de las muestras in situ.

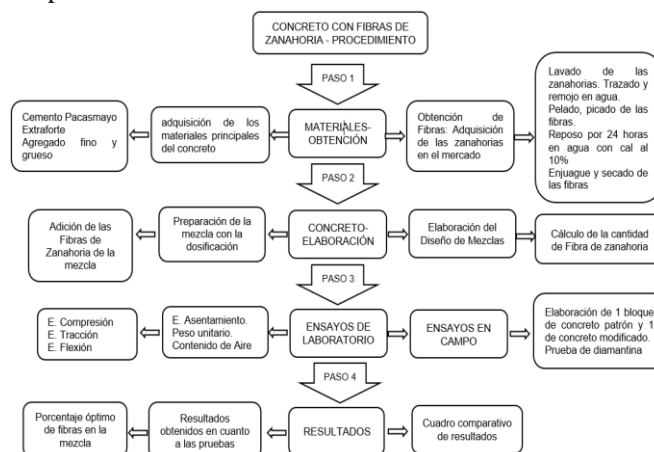


Gráfico 01: Procedimiento para elaboración de Concreto con Fibras de Zanahoria

III. RESULTADOS

a. **Caracterización del agregado fino:** Los resultados obtenidos determinan que el agregado fino se encuentra dentro de los márgenes que estipula la NTP 400.012, la NTP 400.37 y las especificaciones del ASTM C136 y C33, obteniendo resultado que el módulo de finura alcanza 2.58 en función a lo obtenido se puede definir que es una arena fina de finura gruesa. Así mismo, la curva que forma el porcentaje de agregado que pasa en cada tamiz, se encuentra dentro de los límites normativos como se muestran en la siguiente Tabla y gráfico:

Tabla 03
Resultados de Ensayos al Agregado Fino

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS
Contenido de humedad	0.10%
Peso unitario suelto	1,640 kg/cm ³
Peso unitario compactado	1,814 kg/m ³
Peso específico de la muestra seca	2.52 g/cm ³
Absorción	0.50%
Módulo de finura	2.58

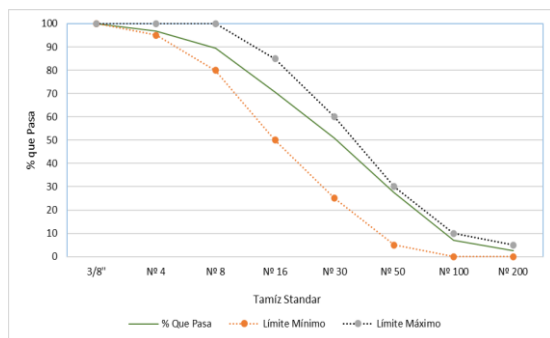


Gráfico 02: Granulometría del agregado fino



Fig. 01: Protocolos para el Muestreo, Preparación y Prueba de Agregado Fino

b. Caracterización del agregado grueso: Los ensayos realizados al agregado grueso, determinan que se encuentra dentro de los márgenes que estipula la NTP 400.011 y la NTP 400.37, teniendo como resultado un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", mientras que la curva granulométrica formada por los porcentajes de agregado que pasa en cada tamiz se aprecia que el agregado grueso se encuentra dentro de los límites como se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla 04
Resultados de ensayos al agregado grueso

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS
Contenido de humedad	0.9%
Peso unitario suelto	1,433 kg/cm ³
Peso unitario compactado	1,599 kg/m ³
Peso específico de la muestra seca	2.45 g/cm ³
Absorción	1.6%
Máximo nominal	$\frac{3}{4}$ "
Módulo de finura	6.71

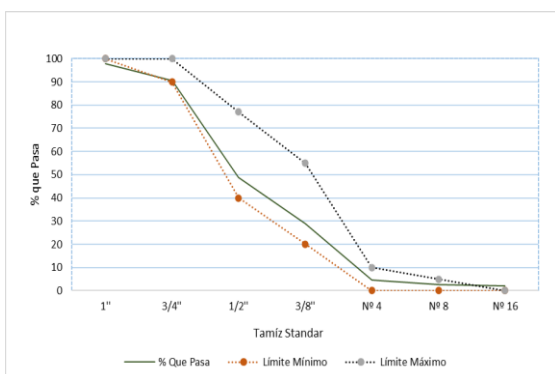


Gráfico 03: Granulometría del agregado grueso



Fig. 02: Procesos de Preparación y Prueba de Agregado Grueso en el Laboratorio

c. Ensayo experimental de la fibra: Para la obtención de la fibra. Se inició con el trozado de la zanahoria, para luego pasar por la mandolina o cortadora para obtener la fibra considerando que el tamaño de 20 mm, siguiendo lo que se considera en la ACI 544.4R-18, culminado el proceso de obtención de la fibra se inició con el proceso de tratamiento de estabilización con 10% de CaO (Fig. 03) dejando las fibras en la solución por 24 horas, se enjuagó y se llevó al proceso de secado por 48 horas.



Fig. 03: Proceso de tratamiento de la fibra de zanahoria

Después de verificar la estabilización de las fibras, estas fueron trasladadas al laboratorio, donde hubo la recomendación de los especialistas del laboratorio que la fibra ingresara al horno por una hora para que así perdiera mayor cantidad de agua y no influya de una manera negativa en la mezcla y mantenga su flexibilidad.

d. Diseño de Mezclas: Se elaboró el diseño de mezclas considerando la resistencia estándar $F'c=210$ kg/cm², conforme a lo estipulado en la Norma Técnica E.060 de Concreto Armado, complementada con la ASTM C39 para la resistencia a la compresión. Se adicionaron Fibra de zanahoria en diversas proporciones con base en cálculos realizados en función del peso del cemento, lo que permitió determinar la proporción óptima de fibra para cada mezcla.

Tabla 05
Relación agua-cemento

DESCRIPCIÓN	VALORES
$F'c$ (kg/cm ²)	210
$F'cr$ (kg/cm ²)	294
Relación agua cemento	0.553
Asentamiento	2" - 5"

Tabla 06
Cantidad de Material por m³ de concreto

MATERIAL	VOLUMEN	PESO (kg/m ³)
Cemento Pacasmayo extraforte	0.13025	387.000
Agua	0.21400	214.000
Agregado fino	0.21377	536.000
Agregado grueso	0.42198	1018.000
Contenido de Aire	0.02000	2.0%
Fibra de zanahoria	-	1.283

Tabla 07
Cantidad de Material por cada concreto

CONCRETO	CEMENTO (kg)	AGUA (lt)	A. FINO (kg)	A. GRUESO (kg)	F. Z (kg)
PATRÓN	72.72504	40.21488	100.72512	191.30256	0.0000
C + 0.45% F. Z	72.72504	40.21488	100.72512	191.30256	0.3273
C + 0.50 % F. Z	72.72504	40.21488	100.72512	191.30256	0.3636
C + 0.55% F. Z	72.72504	40.21488	100.72512	191.30256	0.4000
C + 0.60 % F. Z	72.72504	40.21488	100.72512	191.30256	0.4364

Tabla 08
Cantidad de Material por cada tanda (0.032m³)

CONCRETO	CEMENTO (kg)	AGUA (lt)	A. FINO (kg)	A. GRUESO (kg)	F. Z (kg)
PATRÓN	12.38	7.14	17.18	32.86	0.0000
C + 0.45% F. Z	12.38	7.14	17.18	32.86	0.0557
C + 0.50 % F. Z	12.38	7.14	17.18	32.86	0.0619
C + 0.55% F. Z	12.38	7.14	17.18	32.86	0.0681
C + 0.60 % F. Z	12.38	7.14	17.18	32.86	0.07428

e. Propiedades físicas del Concreto: Obtenido los valores del diseño de mezclas tanto para el concreto patrón como para cada uno de los concretos modificados, se inició la elaboración teniendo en consideración los valores obtenidos, para dar cumplimiento a la NTP E060. Teniendo como resultado lo que se muestra en los gráficos a continuación:

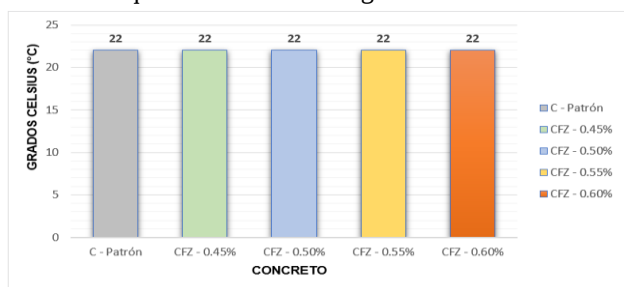


Gráfico 04: Resultados de los ensayos temperatura

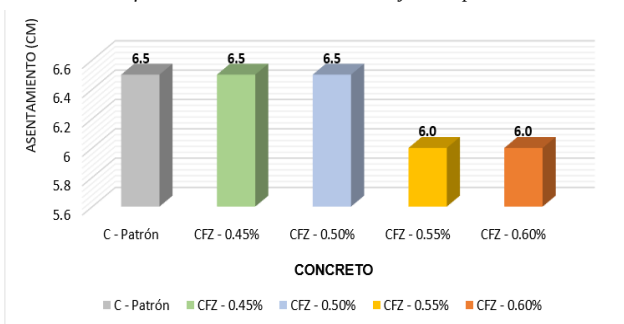


Gráfico 05: Resultados de los ensayos de asentamiento

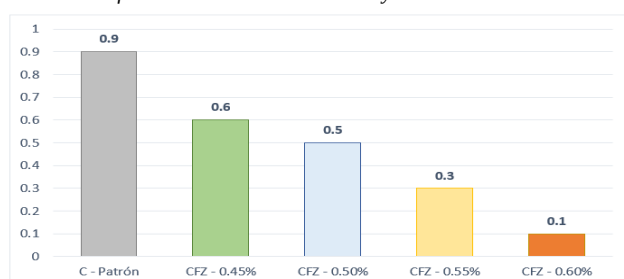


Gráfico 06: Resultado de ensayos respecto del contenido de aire

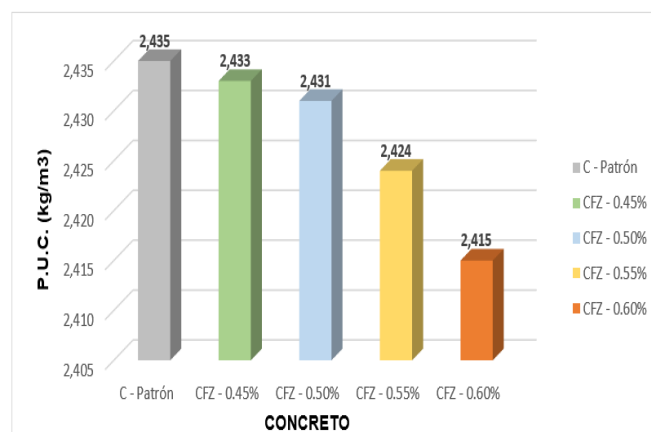


Gráfico 07: Resultados de ensayos respecto del peso unitario del concreto

Los resultados obtenidos de los ensayos, se determina que todas las muestras de concretos presentan una misma temperatura de 22°C, encontrándose dentro de los parámetros descritos por la NTP 339.184, en el caso del asentamiento cuando se aumenta la cantidad de la fibra y sobrepasa el 0.50%, se puede notar que hay una disminución del asentamiento, pero se encuentra dentro de los parámetros de la ASTM C 143-00. Por otro lado, el contenido de aire que se registró se encuentra dentro de los parámetros del diseño de mezcla que especifica un 2% de aire como máxima proporción.

f. Propiedades mecánicas del Concreto: Se realizaron ensayos y pruebas al concreto en su estado endurecido, para determinar la influencia de la fibra en las propiedades mecánicas del concreto ya sea la resistencia a compresión, tracción y flexión.

g. Resistencia a la compresión: Para la elaboración de los ensayos a compresión se siguió lo establecido en la NTP 339.034 y la ASTM C39, teniendo en consideración las probetas a 7, 14, 28 y 56 días de curado, las primeras probetas fueron llevadas a la máquina compresora donde se sometieron a cargas para determinar la resistencia, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 09, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 09
Resultados del ensayo a compresión a los 7 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-01	17.80	182	181
	CP-02	17.60	180	
	CP-03	17.90	183	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-01	17.00	173	177
	CFZ-0.45-02	18.00	183	
	CFZ-0.45-03	17.20	176	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-01	18.90	193	191
	CFZ-0.50-02	18.70	190	
	CFZ-0.50-03	18.60	190	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-01	16.70	170	167
	CFZ-0.55-02	16.50	169	
	CFZ-0.55-03	16.00	163	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-01	16.30	167	160
	CFZ-0.60-02	15.50	158	
	CFZ-0.60-03	15.30	156	

Tabla 10
Resultados del ensayo a compresión a los 14 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	19.70	201	205
	CP-05	20.00	204	
	CP-06	20.50	209	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	19.00	194	194
	CFZ-0.45-05	18.40	188	
	CFZ-0.45-06	19.60	200	
	CFZ-0.50-04	20.60	210	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	20.20	206	207
	CFZ-0.50-06	20.00	204	
	CFZ-0.55-04	18.70	191	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-05	18.50	189	189
	CFZ-0.55-06	18.20	186	
	CFZ-0.60-04	18.40	188	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-05	18.10	185	185
	CFZ-0.60-06	17.90	182	

Tabla 11
Resultados del ensayo a compresión a los 28 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	23.30	238	242
	CP-05	23.80	243	
	CP-06	24.10	245	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	23.70	242	239
	CFZ-0.45-05	23.80	243	
	CFZ-0.45-06	22.70	232	
	CFZ-0.50-04	24.50	250	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	23.20	237	246
	CFZ-0.50-06	24.80	252	
	CFZ-0.55-04	22.70	231	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-05	23.70	242	237
	CFZ-0.55-06	23.20	237	
	CFZ-0.60-04	22.10	225	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-05	22.50	229	231
	CFZ-0.60-06	23.40	238	

Tabla 12
Resultados del ensayo a compresión a los 56 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	24.70	252	249
	CP-05	24.22	247	
	CP-06	24.42	249	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	23.80	243	245
	CFZ-0.45-05	24.28	248	
	CFZ-0.45-06	23.96	244	
	CFZ-0.50-04	26.63	272	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	26.37	269	265
	CFZ-0.50-06	24.88	254	
	CFZ-0.55-04	24.16	246	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-05	23.56	240	240
	CFZ-0.55-06	23.84	233	
	CFZ-0.60-04	22.39	228	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-05	24.14	246	235
	CFZ-0.60-06	22.52	230	

De los datos obtenidos a los 56 días, el concreto con 0.45% de fibras tiene una disminución del 1.61% (4 kg/cm²), el concreto con 0.50% FZ tiene un aumento del 6.43% (16 kg/cm²), el concreto con 0.55% FZ tiene una disminución de 3.61% (9 kg /cm²) y el concreto con 0.60% FZ tiene una disminución de 5.62% (14 kg/cm²). Concordando con lo descrito por [9].[18].[22].[16].

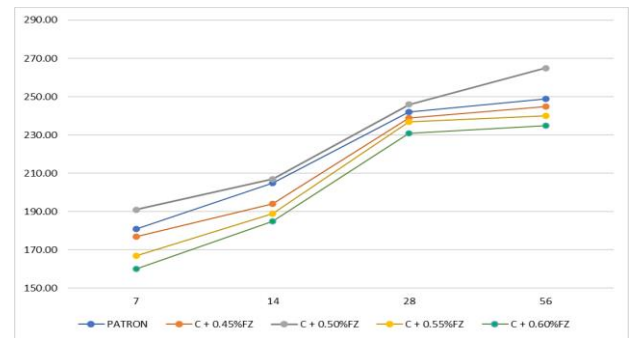


Gráfico 08: Resumen de los datos obtenidos en los ensayos a compresión

Con los datos recabados en los ensayos realizados a las probetas a 7, 14, 28 y 56 días se puede determinar que la adición de la Fibra de zanahoria al concreto aumenta la resistencia a la compresión desde una edad temprana hasta un porcentaje de 6.43%, siendo que el porcentaje más favorable es el de 0.50% de fibra de zanahoria.

h. **Resistencia a la Tracción:** Para los ensayos a tracción y el análisis de los resultados obtenidos se tuvo en cuenta la NTP 339.084 y el ASTM C496, así como también las edades del concreto (7, 14, 28 y 56 días). Pasado los primeros días de curado, las probetas destinadas para los ensayos a tracción fueron llevadas a la máquina de tensión o máquina de ensayos universal, donde fueron sometidas a esfuerzos a tensión para verificar el comportamiento de las probetas.

Tabla 13
Resultados del ensayo a tracción a los 7 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-01	2.10	21.10	20.10
	CP-02	1.90	19.10	
	CP-03	2.00	19.90	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-01	1.90	19.30	19.40
	CFZ-0.45-02	1.80	18.30	
	CFZ-0.45-03	2.00	20.50	
	CFZ-0.50-01	2.20	22.1	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-02	2.00	20.5	21.2
	CFZ-0.50-03	2.10	21.1	
	CFZ-0.55-01	2.00	19.9	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-02	1.80	18.6	19.0
	CFZ-0.55-03	1.80	18.5	
	CFZ-0.60-01	1.80	18.0	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-02	1.80	18.70	18.8
	CFZ-0.60-03	1.90	19.6	

Tabla 14
Resultados del ensayo a tracción a los 14 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	2.20	22.8	24.10
	CP-05	2.50	25.6	
	CP-06	2.30	23.8	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	2.40	24.2	23.3
	CFZ-0.45-05	2.30	23.8	
	CFZ-0.45-06	2.20	21.9	
	CFZ-0.50-04	2.30	23.4	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	2.70	27.3	25.4
	CFZ-0.50-06	2.50	25.4	
	CFZ-0.55-04	2.40	24.7	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-05	2.10	21.8	22.8
	CFZ-0.55-06	2.10	21.8	
	CFZ-0.60-04	2.30	23.4	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-05	2.10	21.3	21.6
	CFZ-0.60-06	2.30	23.2	

Tabla 15
Resultados del ensayo a tracción a los 28 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	2.90	29.7	28.20
	CP-05	2.60	26.4	
	CP-06	2.80	28.6	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	2.80	28.7	28.10
	CFZ-0.45-05	2.70	27.9	
	CFZ-0.45-06	2.70	27.7	
	CFZ-0.50-04	2.90	29.5	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	3.00	31.0	29.60
	CFZ-0.50-06	2.80	28.3	
	CFZ-0.55-04	2.60	26.8	
	CFZ-0.55-05	2.70	27.5	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-06	2.40	24.8	26.40
	CFZ-0.60-04	2.50	25.2	
	CFZ-0.60-05	2.60	26.7	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-06	2.50	25.3	25.7

Tabla 16
Resultados del ensayo a tracción a los 56 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-04	2.95	30.1	29.50
	CP-05	2.89	29.5	
	CP-06	2.82	28.8	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-04	2.91	29.7	29.30
	CFZ-0.45-05	2.66	27.1	
	CFZ-0.45-06	3.04	31.0	
	CFZ-0.50-04	3.18	32.4	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-05	3.03	30.9	31.80
	CFZ-0.50-06	3.15	32.1	
	CFZ-0.55-04	2.85	29.1	
	CFZ-0.55-05	2.93	29.9	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-06	2.71	27.6	28.90
	CFZ-0.60-04	2.88	29.4	
	CFZ-0.60-05	2.59	26.4	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-06	2.83	28.9	28.2

Los resultados obtenidos muestran que el concreto con 0.45% de fibras presenta una disminución de 0.68%, el concreto con 0.50% F. Z un aumento del 7.80%, el concreto con 0.55% F. Z tiene una disminución de 2.03% y el concreto con 0.60% F. Z tiene una disminución de 4.41%. lo que concuerda por lo descrito por [22]. [9]. [23]. [17].

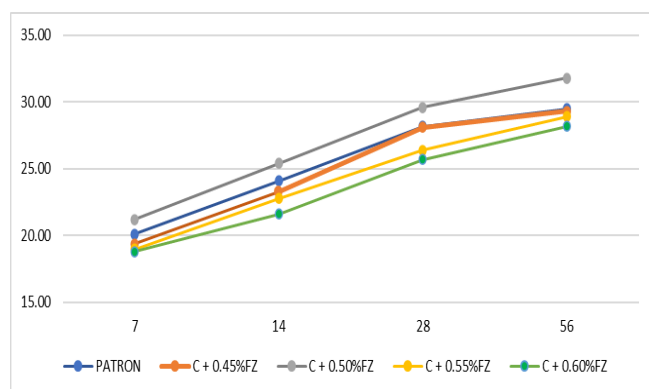


Gráfico 09: Resumen de los datos obtenidos en los ensayos a tracción

Con los resultados obtenidos de los ensayos a tracción a los 7, 14, 28 y 56 días de curado de las probetas, se determinó que la adición de 0.50% de Fibra de zanahoria a la mezcla del concreto aumenta la resistencia a los esfuerzos de tracción desde edades tempranas llegando a valores de hasta 7.80% más que el patrón.

i. Resistencia a la Flexión: En el caso de los ensayos a flexión, se siguió lo establecido en la NTP 339.078 y el ASTM C78, para la realización del ensayo y el análisis de resultados obtenido. Las probetas destinadas para este ensayo tuvieron un tiempo de curado de 28 y 56 días. Obteniendo como resultados los que se muestran en la Tabla 17 y Tabla 18, destacando el comportamiento de fibra a los esfuerzos a flexión.

Tabla 17
Resultados del ensayo a flexión a los 28 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-01	3.70	37.6	37.10
	CP-02	3.10	31.9	
	CP-03	4.10	41.7	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-01	3.70	38.1	32.20
	CFZ-0.45-02	3.00	30.5	
	CFZ-0.45-03	2.70	27.9	
	CFZ-0.50-01	4.30	44.0	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-02	3.60	36.3	39.90
	CFZ-0.50-03	3.90	39.3	
	CFZ-0.55-01	2.70	27.7	
	CFZ-0.55-02	3.70	37.7	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-03	2.90	29.2	31.50
	CFZ-0.60-01	2.70	18.0	
	CFZ-0.60-02	3.00	18.70	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-03	3.00	19.6	29.50

Tabla 18
Resultados del ensayo a flexión a los 56 días

CONCRETO	CÓDIGO	F'C (MPa)	F'C (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRÓN	CP-01	4.12	41.99	40.70
	CP-02	4.14	42.25	
	CP-03	3.72	37.96	
C + 0.45% F. Z	CFZ-0.45-01	3.77	38.47	36.80
	CFZ-0.45-02	3.39	34.59	
	CFZ-0.45-03	3.66	37.30	
	CFZ-0.50-01	4.30	43.88	
C + 0.50 % F. Z	CFZ-0.50-02	4.87	49.63	43.90
	CFZ-0.50-03	3.75	38.25	
	CFZ-0.55-01	3.16	32.25	
	CFZ-0.55-02	3.70	37.75	
C + 0.55% F. Z	CFZ-0.55-03	3.45	35.13	35.00
	CFZ-0.60-01	3.13	31.92	
	CFZ-0.60-02	3.25	33.12	
C + 0.60 % F. Z	CFZ-0.60-03	3.31	33.72	32.90

Los resultados obtenidos en los ensayos a flexión muestran que el concreto con 0.45% de fibras presenta una disminución de 9.58%, el concreto con 0.50% FZ un aumento del 7.86%, el concreto con 0.55% FZ tiene una disminución de 14.00% y el concreto con 0.60% F. Z tiene una disminución de 19.16%. lo que concuerda con los estudios de [9]. [17]. [22]. [23]. [24]. [25]. [26].

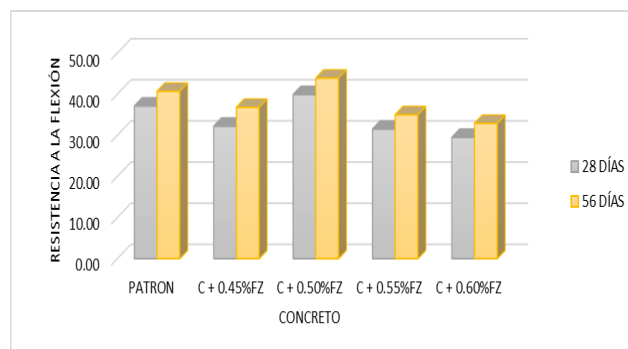


Gráfico 10: Datos obtenidos en los ensayos a flexión

Considerando los datos recopilados, se determinó que la Fibra de zanahoria en un porcentaje de 0.50% aumentan la resistencia a flexión, alcanzando hasta el 7.86% en comparación al patrón.

j. **Ensayos de Diamantina:** Se elaboraron dos (02) bloques de concreto con dimensiones de 0.50m x 0.50m x 0.50m, uno con concreto patrón y otro modificado con un 0.50% de Fibra de zanahoria en peso respecto al cemento, porcentaje determinado como óptimo en ensayos previos como el de [17]. [27]. [28].

Se procedió con el diseño de mezcla proporcionado por el laboratorio respetando la relación agua / cemento (A/C) de 0.553 y una dosificación de 1:1.65:3.25 (cemento: arena: agregado grueso). El mezclado se realizó en cumplimiento con la normativa vigente, asegurando la homogeneidad y consistencia adecuada del concreto.

Por último, los bloques fueron sometidos a un curado diario mediante rociado de agua, asegurando condiciones óptimas de humedad y temperatura hasta el momento de la extracción de los testigos. Este proceso es importante para el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del concreto, permitiéndose evaluar el efecto de la Fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, ofreciendo una comparación adecuada y directa entre el concreto patrón y el modificado.



Fig. 04: Elaboración de los bloques de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$

Pasado los 28 días de elaborados los bloques de concreto patrón y modificado, con el proceso de curación diario, se procedió a la extracción de los testigos según la norma vigente.



Fig. 05: Proceso de extracción de los testigos de concreto

Después de obtenidos los testigos, estos fueron embalados para evitar el contacto con el ambiente, la humedad que existe y otro agente que podría repercutir en los resultados de las muestras, para luego ser trasladadas al laboratorio para un tiempo de reposo de por lo menos 5 días para ser ensayadas a compresión, obteniendo como resultados los que se muestran a continuación.

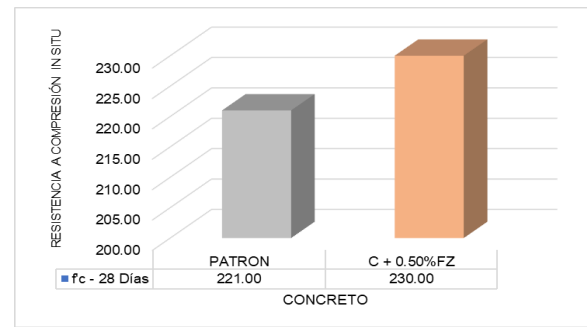


Gráfico 11: Datos obtenidos en el ensayo de Diamantina

En los resultados obtenidos en el ensayo el concreto modificado con 0.50% de fibra de zanahoria presento un incremento de 4.07% en comparación de lo obtenido con el concreto patrón.

IV. CONCLUSIONES

- La adición de Fibra de Zanahoria (FZ) en la matriz cementicia del concreto $F'c$ 210 kg/cm^2 demostró una influencia directa en sus propiedades físicas durante el proceso realizado evidenciándose que, a mayor contenido de fibra, se reduce la trabajabilidad de la mezcla, reflejado en la disminución del asentamiento. No obstante, esta modificación proporcionó mejoras significativas en la cohesión y uniformidad del concreto, aspectos fundamentales para su aplicación en la construcción.
- De la interpretación y evaluación de los datos obtenidos en los ensayos de Asentamiento se demuestra que al aumentar la proporción de Fibra de Zanahoria (FZ), la mezcla pierde plasticidad de manera proporcional, disminuyendo el asentamiento. A pesar de esta reducción, los valores registrados permanecen dentro del rango señalado por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y normas como ASTM C143. Las mezclas con 0.55% y 0.60% de FZ presentan una disminución del asentamiento de hasta 7.69%, consistente y reafirmando los hallazgos de [18]., quienes encontraron reducciones proporcionales en el asentamiento con incrementos de fibra. Asimismo, [24]. reportaron que altas dosificaciones de FZ requieren ajustes en la relación agua/cemento para mantener adecuadamente su trabajabilidad.
- En el estudio experimental se reveló que la adición de Fibras de Zanahoria (FZ) en el concreto $F'c$ 210 kg/cm^2 ha demostrado que mejora las propiedades mecánicas, al adicionarse una proporción de 0.50% FZ, generando incrementos significativos en la resistencia a la compresión, tracción y flexión, con aumentos de hasta 6.43%, 7.80% y 7.86% respectivamente. Estos resultados evidencian que las FZ actúan como un refuerzo adecuado, mitigando la propagación de microfisuras y funcionando como anclajes mecánicos que distribuyen de manera más eficiente los esfuerzos internos en la matriz cementicia. Sin embargo, sería de suma importancia para fortalecer futuras investigaciones en torno a su durabilidad y comportamiento a largo plazo, especialmente en ambientes húmedos, expuestos a ciclos de congelamiento, deshielo o cargas dinámicas, donde la degradación de las fibras vegetales podría comprometer la integridad estructural del concreto.
- En los ensayos de resistencia a la compresión, se determinó que una dosificación de 0.50% de FZ optimiza

adecuadamente la resistencia desde edades tempranas, logrando incrementos de hasta 6.43% respecto al concreto patrón. Estos resultados son consistentes con [18]., quienes identificaron un aumento máximo con 0.65% de FZ, mientras que porcentajes mayores resultaron en disminuciones de resistencia. Otros estudios, como [9]. además, el de [29]., confirman que fibras naturales refuerzan la matriz cementicia, reduciendo la porosidad y mejorando la resistencia. Esto coincide con la normativa ASTM C39, que enfatiza la importancia de la homogeneidad y cohesión en la mezcla para optimizar propiedades mecánicas

- La resistencia a la tracción demostró un comportamiento favorable con la adición de 0.50% de FZ, alcanzando incrementos de hasta 7.80% en los valores registrados a los 56 días. En comparación a ello, [22]. [17]. identificaron aumentos significativos en la resistencia a la tracción con proporciones óptimas de hasta 0.80%. Esto sugiere que, aunque la adición de fibra mejora la resistencia, exceder ciertos límites podría comprometer la homogeneidad del concreto, como también lo señala la norma ACI 544.1R-96 sobre fibras en concreto.
- En el caso de la resistencia a la flexión, se determinó que el porcentaje óptimo de FZ es 0.50%, con incrementos de hasta 7.86% a los 56 días. Estos hallazgos están en línea con estudios como [23]. [25]., que demostraron que la incorporación de fibras naturales, combinadas con un pretratamiento adecuado, mejora significativamente esta propiedad al redistribuir las tensiones en la matriz cementicia. Según la ASTM C78, el uso de fibras puede ser particularmente beneficioso para estructuras sujetas a cargas de flexión.
- En los resultados de los ensayos de diamantina realizados en los bloques in situ, confirman la efectividad de la adición Fibra de Zanahoria, donde el concreto modificado con 0.50% de fibra presentó un incremento del 4.07% en comparación con el concreto patrón, validando los resultados obtenidos en laboratorio y demostrando su aplicabilidad en condiciones reales de construcción.
- Esta investigación destaca la importancia de la optimización de materiales compuestos con FZ en el sector construcción en Perú, demostrando que intervenciones microestructurales relativamente simples generan mejoras significativas en el desempeño mecánico del concreto, abriendo nuevas perspectivas para el desarrollo de concretos estructurales con propiedades mecánicas y físicas mejoradas, contribuyendo así a la innovación en la industria de la construcción y promoviendo el uso de materiales sostenibles en la construcción.

V. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones complementarias, se recomienda desarrollar una investigación exhaustiva donde se analicen las propiedades geométricas, mecánicas, físicas y químicas de la Fibra de zanahoria con una caracterización profunda que incluya parámetros como densidad, porcentaje de humedad, longitud crítica, módulo de elasticidad, diámetro, índice de cristalinidad, ángulo micro fibrilar, resistencia a tracción, y composición química (porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa) permitiéndose así comprender los mecanismos que interactúan entre las

fibras y la matriz cementicia, optimizando así su gran potencial como refuerzo estructural.

- Ampliar la Investigación sobre las proporciones de Fibra de zanahoria, enfocándose en rangos entre 0.40% a 0.50% en adición del cemento, y el tipo de pretratamiento que se realice a la fibra, evaluándose la influencia en las propiedades mecánicas, prestando especial atención a los cambios en resistencia a compresión, tracción y flexión para determinar el punto óptimo de adición que maximice las mejoras estructurales sin comprometer la trabajabilidad y las características fundamentales del concreto.
- Explorar técnicas innovadoras de tratamiento para la Fibra de zanahoria que mejoren su estabilidad en medios alcalinos, fundamental en la matriz cementicia. Centrándose en métodos que preserven la integridad de las fibras vegetales, previniendo su deterioro y manteniendo su capacidad de refuerzo. Se sugiere evaluar tratamientos superficiales, modificaciones químicas y estrategias de compatibilización que aumenten la durabilidad y eficiencia de las fibras en el concreto.
- Profundizar estudios con incorporación de Fibra de zanahoria en concreto armado, analizando su interacción con elementos metálicos tradicionales donde se determine el aporte específico de las fibras a esfuerzos de flexión, comparando su comportamiento con el refuerzo de varillas de acero requiriéndose así un análisis detallado de la interfaz fibra-acero-matriz, evaluando potenciales mejoras en la distribución de esfuerzos y la resistencia de los elementos estructurales.
- Investigar la relación entre la Fibra de zanahoria y diversos aditivos químicos utilizados en la construcción en Perú evaluando la compatibilidad química, los efectos en las propiedades reológicas del concreto (tensión de fluencia, tiempos de relajación, viscosidad y conformidad) y el impacto en el rendimiento mecánico, realizando un análisis de ciclo de vida que determine el potencial de sostenibilidad, considerando la reducción de residuos agrícolas, la disminución de la huella de carbono y las implicaciones económicas de la implementación de esta tecnología en la industria de la construcción.
- Profundizar estudios que evalúen el desempeño del concreto fibroreforzado con zanahoria bajo diversas condiciones ambientales controladas y extremas en diversas regiones del país, donde se incluyan tratamientos de protección eficiente a las fibras, recubrimientos químicos que reduzcan la absorción de humedad y mejoren la degradación por agentes químicos, sales y contaminantes, así como la interacción fibra-matriz en diversos ciclos térmicos y exposición a rayos ultravioleta, realizando pruebas de envejecimiento acelerado para verificar el comportamiento a largo plazos en concretos de mayor edad.

REFERENCIAS

- [1] Chen, C., Lok, K., & Agyekum, K. (2021). The Critical Role of the Construction Industry in Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): Delivering Projects for the Common Good. *Sustainability*, 13(16), 9112. <https://doi.org/10.3390/su13169112>
- [2] Galbati, G., Medici, F., Graf, F., & Marino, G. (2021). Methodology for energy retrofitting of Modern Architecture. The case study of the Olivetti office building in the UNESCO site of Ivrea. *Journal Of Building Engineering*, 44, 103378. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103378>

- [3] Hill, J. (2004). The construction of the real and the ideal: Case studies in 20th century architecture. Routledge.
- [4] RPP. (2021). [En línea]. El 80% de las viviendas en el Perú son informales y serían vulnerables ante un terremoto. 23 de junio del 2021. Recuperado de: <https://rpp.pe/economia/economia/el-80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-informales-y-serian-vulnerables-ante-un-terremoto-noticia-1343757>.
- [5] Toirac, J., (2004). Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón ; origen y prevención . Ciencia y Sociedad, 29(1),72-114. ISSN: 0378-7680. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>
- [6] Kumar, P., Gautam, P., Kaur, S., Chaudhary, M., Afreen, A., & Mehta, T. (2021). Bamboo as reinforcement in structural concrete. Materials Today: Proceedings, 46, 6793-6799. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.342>
- [7] Chipatecua, L. (2021). ¿Cuál es la composición química del cemento y cómo afecta a sus propiedades?. México, 2021. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/cual-es-la-composicion-quimica-del-cemento-y-como-afecta-sus-propiedades/>
- [8] Colonia, S., Solís, R. (2024). Repercusión de la fibra de zanahoria en la permeabilidad del concreto 210 kg/cm2 para losas aligeradas, Jimbe 2022. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4725>
- [9] Chagua, L., & Gil, A. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto F'c= 210 kg/cm2 usando Fibra de zanahoria, Lima 2021. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/83364>
- [10] Martínez, P., Hans, S., & Araya, M. (2021) [En línea]. Comportamiento físico y mecánico de elementos no estructurales a base de concreto elaborado con fibra de cáscara de arroz. 2021. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i5.5915>
- [11] Pérez, T. (2015). Concreto Armado y Alteraciones. Sistemas Constructivos capítulo 5. 6 de junio del 2015. Revisado: 10-06-2024. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/digitales/article/download/5422/5749/9579#:~:text=El%20concreto%2C%20llamado%20tambi%C3%A9n%20hormig%C3%B3n,componentes%2C%20o%20es%20incluido%20intencionalmente>
- [12] León, M., & Ramírez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. Revista ingeniería de construcción, 25(2), 215-240. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- [13] Obando V. (2023) Valor del peso específico del cemento para diseño de concretos. Tecnología en Marcha. Vol. 36, N°4. Diciembre, 2023. Pág. 59 - 67. https://www.researchgate.net/publication/374412617_Valor_del_peso_especifico_del_cemento_para_diseno_de_concretos
- [14] N.T.P. 400.012, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, Lima: NORMA TÉCNICA PERUANA, 2013
- [15] Constructivo. (2022). [En línea]. Ingenieros de la Universidad de Lancaster investigan material vegetal que puede emplearse como aditivo de concreto. visitado: 10 de 05 de 2024. <https://constructivo.com/noticia/ingenieros-de-la-universidad-de-lancaster-investigan-material-vegetal-que-puede-emplearse-como-aditivo-de-concreto-1632496978>
- [16] Naranjo, C., & Rodas, P. (2023). Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de F'c 210kg/cm2 incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano. Universidad Católica de Cuenca. 2023. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13788>
- [17] Salas, K. (2021). "Influencia de la adición de Fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64423>
- [18] Vasquez, I., & Huancachoque, R. (2022). Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto f'c=210kg/cm2 y f'c=280kg/cm2 adicionando la Fibra de zanahoria, Cusco – 2022. Universidad César Vallejo, 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97706>
- [19] Ortiz, F. (2020). Desarrollo tecnológico de extracto de zanahoria (daucus carota l.) pasteurizado y determinación de vida útil. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4646>
- [20] Castro, E. (2007). Parámetros Mecánicos y Textura de los Alimentos. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121381>
- [21] Díaz, S. (2020). Fraccionamiento hidrotermal de zanahoria en planta piloto en ciclos y separación por membrana de ultrafiltración. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/44707>
- [22] Cabello, W., & Polo, C. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto F'c 210 kg/cm2 adicionando fibras de papa y zanahoria triturado, Puente Piedra 2020. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/62127>
- [23] Long, W., & Wang, Y. (2021). Effect of pine needle fibre reinforcement on the mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials, Volume 278, April 5, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122333>.
- [24] Llontop, C. y Ruiz, M. Mezcla con Fibra de zanahoria para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019, 148 pp. [fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2627>
- [25] Kudva, A., Kotian, A., Mahesha, G., & Dayananda P. (2023). Experimental investigation of mechanical properties of bamboo/carbon fiber reinforced hybrid polymer matrix composites. Materials Today: Proceedings. 2023. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.398>
- [26] Avubothu, M., Ponaganti, S., Sunkari, R., & Ganta, M. (2021). Effect of high temperature on coconut fiber reinforced concrete. Materials Today: Proceedings. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.036>
- [27] Bittner, C. M., & Oettel, V. (2022). Fiber Reinforced Concrete with Natural Plant Fibers—Investigations on the Application of Bamboo Fibers in Ultra-High Performance Concrete. Sustainability, 14(19), 12011. <https://doi.org/10.3390/su141912011>
- [28] B. Paricaguán y J. Muñoz, "Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar", 2019 [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/html/>
- [29] Nambiar, R., & Haridharan, M. (2021). Mechanical and durability study of high performance concrete with addition of natural fiber (jute). Materials Today: Proceedings. Volume 46, Part 10. 2021. Pages 4941-4947. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.339>
- [30] Cedeño, J., Vences, J. & Guerra, J. (2023). Coconut fiber and its effect on the simple compressive strength and porosity of concrete. Polo del Conocimiento. (Edición núm. 85). Vol. 9. No 1. enero 2024. pp. 1948-1962. ISSN: 2550 - 682X. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6475>
- [31] Chairman, J., & comité ACI 544. (2002). State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete. [https://greengrey.qa/uploads/downloads/State_of_The_Art_Report_\(5441r_96\).pdf](https://greengrey.qa/uploads/downloads/State_of_The_Art_Report_(5441r_96).pdf)
- [32] Chen, L., Chen, Z., Xie, Z., Wei, L., Hua, J., Huang, L., & Yap, P. (2023). Recent developments on natural fiber concrete: A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities. Developments in the Built Environment, 16. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100255>
- [33] Choo, S., Shaaban, I., Rizzuto, J., Khan, S., Mohamed, D., Muhammad, N., Aziz, A. (2024). Predictive models for mechanical properties of hybrid fibres reinforced concrete containing bamboo and basalt fibres. Structures. Volume 61. 2024. 106093. ISSN 2352-0124. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106093>
- [34] Coronel, Y., Altamirano L., & Muñoz, S. (2021) Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura. Revistas de investigación UNMSM. <https://doi.org/10.15381/iigoe.v25i49.20814>
- [35] Dayananda, N., Gowda, K., & Prasad, E. (2018). A Study on Compressive Strength Attributes of Jute Fiber Reinforced Cement Concrete Composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. DOI: 10.1088/1757-899X/376/1/012069 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/376/1/012069/meta>
- [36] Ghavami, K. (2005). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Cement and Concrete Composites, 27(6), 637-649. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.06.002>
- [37] Gram, H. (1983). Durability of natural fibers in concrete. Construction and Building Materials, 24(7), 1727-1733. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(16\)30026-9](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(16)30026-9)
- [38] Hannant, D. J. (1998). Fiber Cements and Fiber Concretes. John Wiley & Sons.

- [39] INTECO (2018). INTECO. Cemento hidráulico requisitos, INTECO 147:2015, INTECO, 2018.
- [40] Jaimes, D., García, J., & Rondón, J. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. Universidad Francisco De Paula Santander, Facultad de ingeniería, Cúcuta, Colombia. Revista formación estratégica, 01, 2. <https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/18>
- [41] J. Betancourt, P. Hernández, R. Narayanasamy e J. Rentería, "Revisión sobre el Uso de Fibras en Concretos y su Comportamiento Mecánico", 2018. [En línea]. Disponible: <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6009e0250f4d6a58cfa23575/1611259949190/Compendio+de+Investigaci%C3%B3n+Academia+Journals+Los+Mochis+2018+-+Tomo+02.pdf>
- [42] Khedari, J., Charoenvai, S., & Hirunlabh, J. (2001). New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. Building and Environment, 36(3), 485-492. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00030-6)
- [43] Linares, J., Linares, D., Melgarejo, L., Campos, N., y Manturano, R., 2021. Influencia de adición de fibras depolipropileno al concreto. 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Recuperado de: <https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/meta/FP211.html>
- [44] M. Shahjalal, K. Islam, J. Rahman, K. S. Ahmed, M. R. Karim y A. M. Billah, "Flexural response of fiber reinforced concrete beams with waste tires rubber and recycled aggregate", J. Cleaner Produc., vol. 278, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123842>
- [45] Nawab, M., Ali, T., Qureshi, M., Zaid, O., Kahla, N., Sun, Y., Anwar, N., & Ajwad, A. (2023). A study on improving the performance of cement-based mortar with silica fume, metakaolin, and coconut fibers. Case Studies in Construction Materials, 19, 9–10. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2023.E02480>
- [46] Onuaguluchi, O., & Banthia, N. (2016). Plant-based natural fiber reinforced cement composites: A review. Cement and Concrete Composites, 68, 96-108. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014>
- [47] Osorio, J., Varón, F., & Herrera, J. (2007). [En línea]. Comportamiento Mecánico de Concreto reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar. 2007. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v74n153/a08v74n153.pdf>
- [48] Page, M., Mckenzie, J., Bossuyt, P., Boutron I., & Hoffmann, T. (2021). [En línea]Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española de Cardiología. Septiembre 2021. Visitada el 17 de junio del 2024. <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
- [49] Pescador, D. (2022). elDiario.es. [En línea] 31 de diciembre de 2022. [Citado el: 10 de 05 de 2024.] https://www.eldiario.es/consumoclaro/hormigon-provoca-8-emisiones-mundiales-co2-alternativas-existen_1_9827092.html
- [50] Quirós, L., 2018. Estudio del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibra de coco y modificado con Óxido dehierro (Tesis de grado). Recuperado de: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4228>
- [51] Rendon A. & Neyra L. (2020). Fibras naturales. CONABIO. 2020 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México. <https://biodiversidad.gob.mx/diversidad/fibras-naturales>
- [52] Rodgers, L. (2018). BBC News. [En línea] 17 de diciembre de 2018. [Citado el: 10 de 05 de 2024.] <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- [53] Santillan, M. (2020). [En línea]. Concreto Reforzado con Fibras Aporta Beneficios a la Construcción. Universidad autónoma de México. 07 de diciembre del 2020. <https://ciencia.unam.mx/leer/1069/concreto-reforzado-con-fibras-aporta-beneficios-a-la-construccion>
- [54] Sarangi, S. & Singh, B. (2022). Influence of textile fiber in the mechanical characteristic of hybrid fiber reinforced concrete. Journal of Natural Fibers, 19(15), 10572–10587. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.2002754>
- [55] Seguro, J. (2016). Conociendo las propiedades del concreto (I). Aceros Arequipa. noviembre del 2016. <https://acerosarequipa.com.pe/es/download/file/BOLETIN-CONSTRUYENDO-30.pdf?boletines/archivos/2020-03#:~:text=Esta%20prueba%20de%20consistencia%2C%20llamada,la%20mezcla%20luego%20de%20desmoldarlo>
- [56] Setién, J., Casado, J., Diego, S., & Thomas, C. (2015). Materiales - G704 / G742. Lección 4: Resistencia a la tracción. 27 de abril del 2015. https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2225/course/section/2110/leccion_04.pdf
- [57] Smith, T., Johnson, R., & Brown, S. (2022). Optimizing fiber content in concrete for enhanced performance: challenges and solutions. Construction and Building Materials
- [58] Souza E. (2019). Concreto reforzado con fibras para una arquitectura resistente y ligera. Arch Daily. 01 de Julio del 2019. <https://www.archdaily.pe/pe/919971/concreto-reforzado-con-fibras-resistencia-y-ligereza>
- [59] Toledo, R., Scrivener, K., England, G., & Ghavami, K. (2003). Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibers in cement mortar composites. Cement and Concrete Composites, 25(1), 37-49. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(99\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(99)00039-6)
- [60] Tlemat, H., Pilakoutas, K., & Neocleous, K. (2006). Stress-strain characteristics of SFRC using recycled fibers. Materials and Structures, 39(3), 365-377. DOI: 10.1007/s11527-005-9009-4
- [61] Vegas Romero, N. Y., Velasquez Rodriguez, N. S., Rivera Muñoz, M. L., Valderrama Pusan, M. W., Llaque Fernandez, G. I., & Calvanapon Alva, F. A. (2022). Natural Fibers and the Mechanical Properties of Simple Concrete, a Systematic Review between the years 2012 – 2022. Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.32>
- [62] Viera, P., Morillo, D. & Parion, J. (2022). Influencia de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento - arena, y cemento, cal y arena. FIGEMPA: <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3410>
- [63] 360 en concreto (2023). [En línea] ¿Qué es el Concreto Reforzado con Fibras? Recuperado de: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-concreto-reforzado-con-fibras/>