



HORMIGÓN A BASE DE FIBRAS DE ZANAHORIA PARA POTENCIALIZAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS

CONCRETE BASED ON CARROT FIBERS TO
POTENTIALIZE ITS MECHANICAL PROPERTIES



HORMIGÓN A BASE DE FIBRAS DE ZANAHORIA PARA POTENCIALIZAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS

CONCRETE BASED ON CARROT FIBERS TO POTENTIALIZE ITS MECHANICAL PROPERTIES

David Alejandro López Niama¹

¹ Instituto Superior Tecnológico Riobamba, Ecuador, dalopez@institutos.gob.ec

RESUMEN

Las fibras naturales se han utilizado como una forma de refuerzo en el hormigón en muchos países para viviendas ya que estos cuentan con este recurso de manera abundante. Por eso sabiendo que la fibra de zanahoria es una fibra vegetal que abunda en muchas partes de Ecuador, la presente investigación demuestra el mejoramiento de las propiedades mecánicas del hormigón, como la trabajabilidad, durabilidad, consistencia, costos y una reducción del impacto ambiental. La provincia de Chimborazo es la que más origina este tubérculo, siendo en Colta, Guamote y Chambo, producen 10.300 toneladas.

Con los resultados obtenidos de los ensayos en probetas de un total de 32 unidades, se pudo determinar que las únicas mezclas que presentaron resistencia a la compresión mínima ensayada fueron probetas que contenían una cantidad de fibra de 1% con relación a las muestras que no contenían la fibra de zanahoria. Se determinó una resistencia por sobre los 240 kg/cm² dando un efecto positivo con la incorporación de la fibra de zanahoria al hormigón, el efecto obtenido es una buena adherencia de la fibra a la matriz cementicia e impide que las grietas progresen en el hormigón al ser ensayado.

Palabras clave: fibra, hormigón, resistencia a la compresión, zanahoria.

ABSTRACT

Natural fibers have been used as a form of reinforcement in concrete in many countries for housing since they have this resource in abundance. Therefore, knowing that carrot fiber is a vegetable fiber that is abundant in many parts of Ecuador, the present research demonstrates the improvement of the mechanical properties of concrete, such as workability, durability, consistency, costs and a reduction of the environmental impact. The province of Chimborazo is the largest producer of this tuber, with Colta, Guamote and Chambo producing 10,300 tons.

With the results obtained from the tests on specimens of a total of 32 units, it was determined that the only mixtures that presented resistance to the minimum compressive strength tested were specimens that contained an amount of fiber of 1% in relation to the samples that did not contain carrot fiber. A resistance of over 240 kg/cm² was determined, giving a positive effect with the incorporation of carrot fiber to the concrete, the effect obtained is a good adherence of the fiber to the cementitious matrix and prevents cracks from progressing in the concrete when tested.

Keywords: fiber, concrete, compressive strength, carrot.

Recibido: 17/11/2022 Aceptado: 05/04/2023
Received: 17/11/2022 Accepted: 05/04/2023

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, a pesar del crecimiento económico de los últimos años, aún existen muchas carencias en el sector de la construcción más visible, es precisamente por el crecimiento de este sector que la cantidad de materiales de construcción se ha incrementado en los últimos años. Por ello, se buscan alternativas de solución para que estas industrias puedan suplir la necesidad de vivienda segura y que esté dentro de sus posibilidades económicas. («Impacto del Sector de la Construcción en el Ecuador», 2018)

Por otro lado, el uso de cemento está aumentando en todo el mundo, lo que provoca mucha contaminación por la quema de combustibles fósiles, que ocupa el tercer lugar en términos de emisiones de dióxido de carbono. Actualmente se están realizando esfuerzos para reducir esto agregando fibras al concreto para reducir la proporción utilizada en las mezclas de concreto y promover otras ganancias en resistencia. (Frohmann & Olmos, s. f.)

De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo menciona que la construcción es uno de los ejes de desarrollo económico más fuertes en nuestro país y de la provincia de Chimborazo, corresponde a un (17.31%), de crecimiento, donde la presente investigación aportará con la búsqueda de nuevos materiales para la construcción de obras civiles, haciéndola más sustentable con el medio ambiente, eficiente y viable.

En este contexto este nuevo material como se lo ha denominado “Zanagón” busca modificar las propiedades físicas, mecánicas del hormigón, a través de la inclusión de fibras orgánicas (zanahoria) tratadas, como una alternativa en el uso de materiales cotidianos.

La producción de zanahoria amarilla en la provincia de Chimborazo equivale a las 9620 toneladas, de acuerdo a ministerio de agricultura y pesca zona 3, Censo Nacional Agropecuario año 2000, con esa amplia producción, existe también el desperdicio, en las diferentes plazas de captación, lavado comercialización y transporte hacia las ciudades con mayor densidad poblacional, donde estas son consumidas o aprovechadas en la industria alimentaria. (Tomo_CNA.pdf, s. f.)

El hormigón es producto de la mezcla de 4 elementos principales cemento (planta de producción cemento Chimborazo), agregado fino

(arena lavada de Penipe), agregado grueso (mina de cerro negro) y agua, además a la mezcla se le puede añadir aditivos, que modifiquen el comportamiento físico o mecánico de acuerdo a las necesidades del constructor.

Todos estos elementos son producto de la explotación de minas y el uso de productos químicos, que causan un impacto en el medio ambiente. Es donde ZANAGÓN, tiene como propuesta mejorar las propiedades mecánicas sustituyendo el uso de aditivos que mejoran la resistencia del hormigón, teniendo en cuenta un buen manejo en el proceso de curado de las fibras, aplicación y fraguado del material de construcción, considerando la descomposición de la materia orgánica, la falta de control de los procesos constructivos, etc.

2. ESTADO DEL ARTE

Zongo, K (2018). Este estudio forma parte del problema general del desarrollo de materiales de construcción innovadores con bajo impacto ambiental para las mejoras del medio ambiente. Para ello, se realizaron pruebas para la formulación de compuestos cementicios a base de fibras de rinoceronte (*borassus aethiopum mart.*) y cascarilla de arroz. Los resultados permitieron obtener la proporción óptima en partículas de biomasa y contenido de agua que condujeron a las mejores propiedades físicas y mecánicas de los compuestos (*Compuestos cementantes fibroreforzados de bajo impacto ambiental comportamiento mecánico*, s. f.)

El uso de fibras vegetales ha recuperado interés en diferentes campos. De hecho, las fibras vegetales pueden representar una alternativa a las fibras tradicionales incorporadas en materiales de construcción, como las fibras de polipropileno. El desarrollo sostenible requiere la adopción de materiales ecológicos y naturales. (España Espinoza, 2020)

Reyna, C (2016). En la presente investigación se logró determinar los resultados de reutilizar los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Se utilizó como materia prima, para el diseño de 15 mezclas, el cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2", arena gruesa y los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, estos residuos sustituyeron a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5%,

10% y 20% respectivamente. (LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE, s. f.)

Narváez, Jairo (2017). En su tesis el objetivo de esta investigación es determinar la influencia en la resistencia a la compresión del uso del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la elaboración de bloques para mampostería liviana. El presente trabajo se enmarca dentro de la investigación experimental, dado que durante el desarrollo del mismo se ejecutarán ensayos en muestras de hormigón preparadas con fibras de bagazo de caña de azúcar añadido a la matriz del hormigón convencional y se determinará la influencia de dichas fibras en las propiedades físicas y mecánicas del mismo. En este proyecto se usará la investigación que tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que se realizará un análisis de los agregados. (Narváez Guevara, 2017)

En el Ecuador el cultivo de zanahoria está muy extendido en los valles de Machachi en la Provincia de Pichincha y de Chambo en la Provincia de Chimborazo, siendo cultivado en mediana escala en toda la serranía ecuatoriana. Este es un cultivo de clima templado que se localiza especialmente en los valles interandinos, de preferencia se desarrolla en las provincias de Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Cotopaxi y Tungurahua; abre amplias posibilidades a la producción en zonas no tradicionales aprovechando que los mercados internacionales presentan una demanda diversificada de “zanahoria”, como se muestra en la Tabla N° 1. Según el cuadro de estimación de la producción en (Tn) en el año 2005 de zanahoria amarilla.

Provincia	Toneladas
Carchi	355
Imbabura	131
Pichincha	1425
Cotopaxi	3656
Tungurahua	2569

Chimborazo	9620
Cañar	225
Loja	956

Fuente:

<http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm#3>.

La superficie sembrada de zanahoria amarilla (*Daucus carota*) en el Ecuador se estima en 2932ha, con una producción de 18127Tn. En la provincia de Chimborazo la superficie sembrada es de 120ha.

La zanahoria amarilla tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla N° 2. Clasificación Taxonómica de la Zanahoria Amarilla

Nombre común	Zanahoria
Nombre científico	<i>Daucus carota</i> L.var. Sativa.
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Umbelliflorae
Familia	Umbelliferae
Género	<i>Daucus</i>
Especie	<i>D. Carota</i>

Fuente:

<http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm#3>.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar las dosificaciones de fibra de zanahoria para aumentar la resistencia del hormigón
- Determinar el porcentaje de fibra de zanahoria para obtener el asentamiento óptimo de la mezcla de hormigón.

HIPÓTESIS

Al realizar el diseño de la mezcla de hormigón con fibras de zanahoria se mejorará sus propiedades mecánicas

3. METODOLOGÍA

El tipo de investigación fue explicativo, descriptivo y correlacional porque se realizaron diseños de mezcla, los cuales se llevaron al laboratorio para ser ensayados.

En cuanto a la metodología fue de carácter deductivo, porque intenta demostrar las teorías universales en un lugar determinado con el fin de que se cumpla la información.

El nivel de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que mediante los ensayos y sus respectivos resultados se realizaron los cálculos para determinar los objetivos planteados. Y también el diseño fue experimental porque se realizaron ensayos de laboratorio y recolección de datos.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación de campo y se tomó muestras para los ensayos de acuerdo a las normas ASTM C31 (preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra), C39 (Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto), C143 (método estándar para la prueba de asentamiento en el concreto de cemento portland) y la NTE INEN 3124 (hormigón, elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio), las cuales especifican el procedimiento para obtener datos de los ensayos del hormigón a compresión.

Para la investigación se elaboraron en total 48 probetas divididas en 3 probetas para los diseños patrón y con fibra de zanahoria, para los 7, 14, 21 y 28 días del ensayo de compresión. (*Seguridad, calidad y competitividad - Inicio ASTM*, s. f.)

El proceso de cada uno de los materiales utilizados que debió seguirse para la elaboración del hormigón, a continuación, se detalla:

Fibra de zanahoria: Para el tratamiento de la fibra de zanahoria se usó cal hidráulica, la misma que tiene como finalidad preservar la fibra, eliminando la presencia de micro organismos para su adición al diseño.

Se debe señalar que la hortaliza (zanahoria) debe ser lavada y enjuagada repetidas veces, para dejarla secar a temperatura ambiente, para que la humedad de la fibra no incida en la absorción del agua dentro de la mezcla, para la obtención del producto Zanagón la hortaliza debe ser triturada, secada a temperatura ambiente y tratada.

La fibra de zanahoria obtenida será adicionada en la mezcla de hormigón en un 0.50%, 1.00% en relación al peso del agregado fino.

Diseño del Hormigón

La dosificación utilizada fue; 1:2:3:0.5, es decir 1 saco de cemento, 2 partes de agregado fino, 3 partes de agregado grueso, 0,5 kg (1%) de fibra de zanahoria y 65 litros de agua.

Para el diseño de hormigón se empleará las proporciones de agregados adecuadas que se necesitan en la mezcla para poder obtener óptimos resultados en el diseño patrón de mezcla, utilizando los siguientes materiales:

Agregados Fino: arena – Penipe

Agregado Grueso: mina de Cerro Negro

Cemento: Cemento Portland Puzolánico Tipo IP (Chimborazo).

Cal: Cal Hidráulica

Zanahoria: Tipo amarilla procedente del Cantón Chambo

Para los siguientes diseños de mezcla se usaron los datos del diseño patrón añadiendo la fibra de zanahoria, en varios porcentajes 0.50 %,1% y 1.5%. La relación agua cemento se corrigió en función del ensayo de asentamiento del hormigón; Las fibras de zanahoria fueron agregadas junto con el agua, para que se unifique durante el proceso de reacción química entre los diferentes materiales.

Elaboración de testigos de hormigón

Se utilizaron moldes con dimensiones de 100mm de diámetro * 200mm de altura, de acuerdo a la norma, la toma de muestras se realizó de inmediato, en una zona plana y libre de vibraciones, con todos los equipos y materiales necesarios conde los moldes deben estar previamente engrasados para su facilidad de desmolde.

Para la toma de muestras se llena los moldes en dos capas, la primera capa a la mitad del molde y compactándole con una barra de acero lisa con una

punta redondeada de 5/8" de diámetro con 30 cm. de longitud, con el que se realiza 25 penetraciones dentro del molde con uniformidad repartidos de manera espiral, para eliminar las posibles burbujas o vacíos de aire que se encuentran dentro de la probeta se debe emplear un martillo de goma y golpean el molde por 4 ocasiones una por cada punto cardinal. Este proceso se repite en la segunda capa, para darle un terminado o acabado con la ayuda de la varilla liza realizamos rasante amos y procedemos a colocar un membrete.

Los cilindros no deben ser movidos por un periodo de 24 horas, para su posterior desencobrado y ubicación en una piscina de curado, donde permanecerán hasta 24 horas antes de su rotura, misma que se procedido a realizarse en un periodo de 7, 14, 21 y 28 días como dicta la norma.

Ensayo de asentamiento

El método indicado para medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el cono de Abrams, ya que permite verificar en campo la consistencia de la mezcla, bajo parámetros del contenido de agua presente en la pasta y la altura que alcanza a una medida determinada (60cm), verificando que nuestra muestra tiene una diferencia de altura entre la pasta y la varilla de 12cm libres. [4]

Ensayos de concreto endurecido - Resistencia a compresión

Este ensayo consiste en aplicar una carga axial a una velocidad controlada a los testigos cilíndricos hasta su rotura y falla. La resistencia a la compresión de la probeta ensayada es calculada por división de la carga máxima en kN por el área de la muestra.

3. RESULTADOS

El proceso a la fibra de zanahoria ayudó a mejorar la propiedad de trabajabilidad y dentro de los mejores resultados se menciona que debe ser un material tratado mediante un proceso durante 24 horas sumergido en cal hidráulica, ya que ayuda a disminuir el porcentaje de porosidad de los cilindros, al ocupar estos espacios a nivel molecular.

Los ensayos destructivos de las probetas, han permitido observar la correcta adherencia de las fibras de zanahoria con los diferentes elementos de

los que está compuesto el hormigón, resaltando que se realizaron probetas anteriores a las definitivas en donde se saturaba totalmente de agua la mezcla y no podían desencofrarse del molde.

Una vez aplicada la dosificación para hormigones de 210 kg/cm², con diferentes porcentajes de fibra de zanahoria (0.5%, 1%, 1.5%) se determinó que con el 1% de fibra a los 28 días, la propiedad mecánica de la resistencia a compresión se incrementa en un 15%, versus al hormigón tradicional, es decir se obtuvo una resistencia de 241 kg/cm².

4. DISCUSIÓN

Se menciona que solo existe investigaciones con un grado de similitud a la investigación que utilizan las fibras de zanahoria en el hormigón que menciona lo siguiente:

Llontop Carolina (2019) en sus conclusiones menciona que, de acuerdo con los resultados de los ensayos realizados, la resistencia a la compresión llegó a los 389.50 kg/cm², con la adición del 0.5% de fibra de zanahoria. Para los otros 2 diseños de 1.0% y 1.725% de adición de fibra de zanahoria los valores obtenidos fueron: 355.67 kg/cm² y 346.47 kg/cm². En todos los diseños llegan a superar al diseño patrón que alcanzo una resistencia de 346.4 kg/cm². (Esquerre et al., s. f.)

En otras investigaciones similares, pero con distintas fibras menciona Pajares Édison, (2015). Analizó el incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal (cabuya) en porcentajes de 0.50%, 1.00% y 2.00% del volumen del concreto, así como también la reducción de costos basados en las resistencias alcanzadas tomando como patrón de diseño a un concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

5. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados, la resistencia a la compresión llegó a los 241.50 kg/cm², con la adición del 1% de fibra de zanahoria. Para los otros 2 diseños de 0.5% y 1.5%

de adición de fibra de zanahoria los valores obtenidos fueron: 185.17 kg/cm² y 206.47 kg/cm². En todos los diseños llegan a superar al diseño patrón que alcanza una resistencia de 216.4 kg/cm².

En cuanto a las dosificaciones al agregar la cantidad adecuada 1% de fibra de zanahoria, se consigue modificar favorablemente las propiedades mecánicas (resistencia) del hormigón, con un asentamiento del cono de abras de 10cm, obteniendo una resistencia superior a los 21MPa, a los 28 días, además este material actúa como ligante que disminuye el apareamiento de grietas producto de la contracción y dilatación del concreto por el cambio de temperatura, pudiendo observar la disminución de porosidad en las muestras por la ocupación de las fibra.

6. RECOMENDACIONES

El procedimiento que se aplicó a la fibra de zanahoria para emplearlo como agente (aditivo) fue beneficioso ya que favoreció a la adherencia correcta con los demás materiales que conforman el hormigón endurecido, al tratarse de un material básicamente orgánico este contiene azúcares y almidones los cuales al combinarse con un contenido bajo de cal permite el curado de la fibra para evitar su descomposición, este efecto de adherencia se logra debido a los enlaces covalentes a un nivel molecular.

7. AGRADECIMIENTOS

El reconocimiento y agradecimiento para la máxima autoridad la Ing. Tania Parra Proaño Rectora del Instituto Superior Tecnológico Riobamba, quién con su apoyo motivó al desarrollo de la investigación.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Compuestos cementantes fibroreforzados de bajo impacto ambiental comportamiento mecánico. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352017000200135

España Espinoza, J. M. (2020). Las fibras vegetales: Materiales ancestrales para un futuro sostenible en el desarrollo de productos. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, 87, 212-228. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi87.3767>

Esquerre, B. L., José, C. M., Chávez, B. R., & Carmen, M. D. (s. f.). *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.*

Frohmann, A., & Olmos, X. (s. f.). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático.*

Impacto del Sector de la Construcción en el Ecuador. (2018, febrero 20). *Revista Perspectiva.* <https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/2018/02/20/impacto-del-sector-de-la-construccion-en-el-ecuador/>

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2023, de https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html

Narváez Guevara, J. A. (2017). *Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana* [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25746>

Seguridad, calidad y competitividad—Inicio ASTM. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2023, de

https://la.astm.org/es/?gclid=Cj0KCQjw8e-gBhD0ARIsAJiDsaW2voouU5tDdGKY4kg30T2X6JI6dGE4UD-e-3LDgNH1yhprJk1fAbEaAiACEALw_wcB

Tomo_CNA.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2023, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf

III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 2010.

[En línea]. Available:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/w](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-)

[eb-](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-)

[inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.p](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-)

[df](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-). [Último acceso: septiembre 2021].