



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3462>

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Concrete For Rigid Paving Made With Additive And Biodegradable Fiber

Concreto para Pavimentação Rígida Feito com Fibra Aditiva e Biodegradável

Jorge Eduardo García García Argandoña ^I
jega_2707@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-6113-9669>

Xavier Alejandro Haro Gómez ^{II}
xavierharo18@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-5293-1824>

Victoria Esperanza Saldarriaga Soledispa ^{III}
victoria.saldarriagas@outlook.com
<https://orcid.org/0009-0002-4609-0139>

Correspondencia: jega_2707@hotmail.com

***Recibido:** 29 de mayo de 2023 ***Aceptado:** 12 de junio de 2023 *** Publicado:** 21 de julio de 2023

- I. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; Manta, Ecuador.
- II. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; Manta, Ecuador.
- III. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; Manta, Ecuador.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Resumen

El uso de material reciclado como método de construcción ecológico, no son ajenos al campo de la construcción civil, de este modo para responder a las nuevas necesidades que demanda la sociedad actual, se han estado incorporado nuevos elementos que, sin menoscabar la calidad, pueden ser empleados como agregados al hormigón a bajo costo y con una reducción al impacto ambiental, tal es el caso del uso fibras biodegradables. En atención a ello, el objetivo general de esta investigación se centró en obtener aumento en la resistencia a la compresión y flexo-compresión del hormigón incorporándole a su dosificación un material biodegradable. La metodología se asumió de enfoque cuantitativo, de diseño tipo experimental, y de nivel explicativo, Los resultados indican que se puede concluir que la fibra de hoja seca de maíz no aporta a la resistencia a la compresión. En cambio, la fibra aporta a la flexo – compresión. Eso se aprecia en los porcentajes de deformación; donde la viga cuya deformación es la de menor porcentaje tiene como composición Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.5%).

Palabras Claves: Pavimento Rígido; Biodegradable; Aditivo y Fibra.

Abstract

The use of recycled material as an ecological construction method, are not alien to the field of civil construction, in this way to respond to the new needs demanded by today's society, new elements have been incorporated that, without compromising quality, can be used as aggregates to concrete at low cost and with a reduction in environmental impact, such is the case of the use of biodegradable fibers. In view of this, the general objective of this research focused on obtaining an increase in the resistance to compression and flexo-compression of the concrete, incorporating a biodegradable material into its dosage. The methodology was assumed from a quantitative approach, from an experimental type design, and from an explanatory level. The results indicate that it can be concluded that dry corn leaf fiber does not contribute to compressive strength. Instead, the fiber contributes to the flexo-compression. This can be seen in the deformation percentages; where the beam whose deformation is the one with the lowest percentage has the composition of Traditional Concrete + additive + dry corn leaf fiber (1.5%).

Keywords: Rigid Pavement; Biodegradable; Additive and Fiber.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Resumo

A utilização de material reciclado como método construtivo ecológico, não são alheias ao campo da construção civil, desta forma para responder às novas necessidades exigidas pela sociedade atual, foram incorporados novos elementos que, sem comprometer a qualidade, podem ser utilizados como agregados ao betão a baixo custo e com redução do impacto ambiental, como é o caso da utilização de fibras biodegradáveis. Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa centrou-se em obter um aumento na resistência à compressão e flexocompressão do concreto, incorporando um material biodegradável em sua dosagem. A metodologia foi assumida a partir de uma abordagem quantitativa, de um projeto de tipo experimental e de um nível explicativo. Os resultados indicam que pode-se concluir que a fibra seca da folha de milho não contribui para a resistência à compressão. Em vez disso, a fibra contribui para a flexocompressão. Isso pode ser visto nas porcentagens de deformação; onde a viga cuja deformação é a de menor percentual tem a composição de Concreto Tradicional + aditivo + fibra seca de folha de milho (1,5%).

Palavras-chave: Pavimento Rígido; Biodegradável; Aditivo e Fibra.

Introducción

Los retos actuales que identifican el desarrollo económico, el bienestar social y la protección medio ambiental no son ajenos al campo de la construcción civil, de este modo para responder a las nuevas necesidades que demanda la sociedad actual, se han estado incorporado nuevos elementos que, sin menoscabar la calidad, pueden ser empleados como agregados al hormigón a bajo costo y con una reducción al impacto ambiental, tal es el caso del uso fibras biodegradables. Ante esto, la bioconstrucción apuesta por el uso de materiales de construcción con impactos ambientales de menor índole en búsqueda del desarrollo sostenible del sector construcción (Hernández, Jiménez, & Sánchez, 2021).

Desde tiempos inmemoriales, la estrecha relación que tiene la profesión de ingeniería civil con los materiales de construcción, ha permitido la evolución y desarrollo de las civilizaciones, así también ha tenido una gran contribución en cuanto a la satisfacción de necesidades de las personas que abarca desde las casas hasta la infraestructura en general, que a la vez han posibilitado mejorar de manera sustancial su calidad de vida.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

A este fin, a lo largo del tiempo se han ido utilizando varios materiales en la construcción, evolucionando estos hasta el uso en la actualidad de materiales que están compuestos por fibras de materiales de gran resistencia: madera, piedra, hierro, hormigón, ladrillo, cemento, aluminio, entre otros (Yepes, 2016). Sin embargo, las construcciones se han convertido en un grave problema ambiental, debido a su alta exigencia de recursos naturales y la producción masiva de residuos de gran volumen que requieren un manejo especial (Hernández, Jiménez, & Sánchez, 2021).

En un contexto actual, con un mundo globalizado y altamente competitivo, las empresas de construcción están evolucionando y avanzado hacia un enfoque y sostenible para la construcción de obras viales. El uso de material reciclado como método de construcción ecológico ahora se ha extendido más allá de los neumáticos y el plástico, es así como la innovación ha buscado en la utilización de materiales orgánicos y desechos en la creación de absolutamente todo, desde bloques de cemento, sellados de asfalto hasta aislamiento.

Lo anterior se encuentra en sintonía con la tendencia la búsqueda de nuevos materiales y componentes que ayuden a mejorar los procesos de construcción, así como a preservar los recursos del planeta. De ahí, el reciclaje de materiales se trata de procesar residuos para convertirlos en un nuevo producto. Consiste en reaprovechar un deshecho, puede ser manipulado para llegar a ser nuevo producto o materia prima para generar otro material. Algunas de las ventajas de utilizar materiales reciclados son: a) Reducción del uso de nuevas materias primas; b) Reducción de desechos; c) Reducción del uso de energía y; d) Reducción de gases de efecto invernadero (Dobón, 2019)

La lista de desechos orgánicos que se pueden utilizar en el campo de la construcción es basta, sin embargo, hay cuatro materiales orgánicos bastante prometedores como materiales de construcción alternativos y son los siguientes: a) cáñamo; b) biocarbón; c) maíz y; d) Plástico. A continuación se expone el uso de los materiales mencionados con antelación en el campo de la construcción:

a) Cáñamo: se afirma que a lo largo del tiempo el uso de este material ha tenido gran demanda en la industria textil y la elaboración de papel, y en la actualidad se analiza a nivel mundial la viabilidad mecánica en la adición de fibra de cáñamo en el hormigón convencional (Carvajal & Terreros, 2013). El cáñamo en el hormigón contribuye principalmente a reducir o evitar el agrietamiento y a su vez a mejorar el agrupamiento de los materiales para que en el momento de la rotura el hormigón

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

permanezca adherido, por lo que se le atribuye buena adherencia a la fibra del cáñamo (Carvajal & Terreros, 2013).

b) biocarbón: El Biocarbón no es otra cosa que la descomposición térmica de ciertos materiales orgánicos con limitado o escaso suministro de oxígeno a temperaturas relativamente bajas, inferiores a los 700°C. este material es destinado al uso agrícola, situación que hace que sea diferente al carbón que es comúnmente usado como combustible y al carbón activado. Los componentes el biocarbón son altamente recalcitrantes en los suelos; esto es, que resisten la oxidación química y biológica, por lo que su tiempo de residencia es de cientos a miles de años, al menos de 1 a 10 mil veces más grande que los tiempos de residencia de la mayoría de la materia orgánica del suelo. Por esta característica recalcitrancia, la adición de este producto al suelo puede actuar como un sumidero potencial de carbono y así contribuir a la mitigación del exceso de CO₂ en la atmósfera (Escalante, y otros, 2016). Cuando se realiza una mezcla con asfalto u hormigón, el biocarbón (biochar) reduce la cantidad de calor absorbido por la carretera, lo que genera un mantenimiento reducido (Escalante, y otros, 2016).

c) Maíz: El maíz es otro producto proveniente de la agricultura que se ha empezado a tomar en cuenta en el mercado del asfalto, este producto genera una alternativa más ecológica y segura a las mezclas tradicionales de asfalto. En la actualidad ya es comercializado un producto denominado “JIVE”, el cual es considerado un rejuvenecedor de asfalto y a la vez un adherente de recubrimiento para las tejas de asfalto, este producto promueve beneficios como: reducir la viscosidad, mejorar la penetración en tejas sin reducir el punto de ablandamiento y mejorar los componentes a baja temperatura al mismo tiempo que limita el enrutamiento a altas temperaturas (BioEconomía, 2019). El material derivado del maíz se está utilizando en la actualidad para construir carreteras más resistentes en condiciones de baja y alta temperatura, para ayudar a los caminos a resistir el agrietamiento y a la vez para ablandar el asfalto viejo con la finalidad que este pueda ser reutilizado en nuevas carreteras (BioEconomía, 2019). También se utiliza para ablandar el asfalto viejo para que pueda ser reciclado en nuevas carreteras. Este material elaborado con maíz se produce con un coproducto de proceso de elaboración de biocombustible y en la actualidad se presenta como una opción de menor costo ante los modificadores o rejuvenecedores tradicionales derivados del petróleo (BioEconomía, 2019).

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

d) Plástico: Sin duda alguna el plástico es uno de los materiales que más genera preocupación a las sociedades actuales, por la dependencia que se ha generado a este material y a su vez por la potente impacto ambiental que significa la utilización del mismo, es por esto que muchos países están comenzando a generar política pública para frenar esta problemática o al menos disminuir su incidencia, entre las medidas se pueden destacar la prohibición de bolsas plásticas, la prohibición de micro plásticos en la fabricación de cosméticos, el impulso del reciclaje y la promoción del consumo razonable.

En la India, en el año 2001 se inició a elaborar un proyecto que buscaba utilizar el plástico reciclado para insertarlo en el campo de la construcción de carreteras, lo que 17 años en el futuro se convirtió en una realidad generando más de 20000 kilómetros de obra vial mediante residuos plásticos (Rodríguez, 2018).

Los betunes o bitúmenes en su mayoría altamente contaminantes, estos funcionan como componente aglutinante de la grava de carreteras actuales, sin embargo, en el proyecto iniciado en 2001 en su recorrido se descubrió que el plástico cuando está en su estado líquido puede contener propiedad bastante similares e incluso mejores al momento de generar el conglomerado que asfalta las vías (Rodríguez, 2018).

Mediante este método el uso del betún ha sido reducido en un 10% y a su vez este método permite la construcción de carreteras más resistentes y duraderas en el tiempo. Los desechos constituidos por plásticos, llantas, icopores y otros, generan beneficios estructurales y ambientales al ser incorporados en las mezclas asfálticas (Reyes, 2008).

Esto es, en la visión de la firma global de diseño y consultoría del entorno construido (Arup) crear oportunidades para incorporar los principios de economía circular en la construcción, con residuos de construcción devueltos al ciclo biológico al final de su vida útil con los nutrientes devueltos al suelo (Arup, 2017).

Tomando en cuenta lo precedente, la presente investigación se propone el uso de fibra biodegradable como la hoja seca de maíz, un material amigable con el medio ambiente y que bien puede ser usado en el ámbito de la construcción, este estudio se ubica en Manabí, considerada la segunda provincia del Ecuador, a razón de que tiene la mayor producción de maíz, cuyos usos están direccionados al sector de la gastronómica y en la alimentación del ganado, sin embargo, no es utilizada en la

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

construcción a pesar de ser un recurso renovable y con alto excedente que puede ser aprovechado para su utilización en los procesos de obras de construcción civil en la referida localidad.

En función de lo descrito, se ha realizado un ensayo experimental para el diseño de la mezcla del hormigón para pavimentos junto con la hoja seca del maíz ya que la misma tiene un bajo costo en nuestro medio y fácil accesibilidad, con el objetivo de optimizar sus propiedades y beneficios. De esta forma, el objetivo general de esta investigación se centró en obtener aumento en la resistencia a la compresión y flexo-compresión del hormigón incorporándole a su dosificación un material biodegradable.

Metodología

La presente investigación se asumió de enfoque cuantitativo, el diseño empleado para llevar a cabo los objetivos propuestos fue de tipo experimental, y de nivel explicativo, ya que a través de un medio físico en el cual se llevó a cabo el proceso para obtener aumento en la resistencia a la compresión y flexo-compresión del hormigón incorporándole a su dosificación un material biodegradable. Se manipularon variables a diferentes condiciones de operación para finalmente obtener una combinación de características que garanticen la mayor resistencia a la compresión y flexo-compresión del hormigón y por ende en el proceso de obtención de un producto biodegradable que puede ser empleado para coadyuvar en el proceso de obras de construcción civil.

De acuerdo con (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020) en la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

Procedimientos técnicos

Selección del material e insumo para la investigación

La hoja seca de maíz está estructurada por varias fibras, la cual la hace resistente a la tracción longitudinal. El diseño de cada hoja seca de maíz es como una cara de una pirámide. Las dimensiones estándar de una hoja seca 50 de maíz son de 22 cm de largo por 10 cm de ancho-base pirámide. Para la investigación se optó por una fibra de 8 cm de largo por 2 cm de ancho (Figura N°1); fibras que se

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

obtuvieron recortando cada hoja seca de maíz. A continuación se muestra la cantidad de fibras que se pueden obtener de una hoja seca de maíz:

Figura 1.

Fibra de hoja seca de maíz (8cm x 2cm).



Nota. Fuente: Elaboración de autores

Adquisición del aditivo plastificante

El aditivo que se utilizó en la fundición de las diferentes muestras de hormigón es un Plastificante Acelerante para Hormigón (Figura N°2), el mismo que fue seleccionado de una variedad de aditivos plastificantes que se detallan en la siguiente tabla comparativa, ya que era el cual se encontraba en nuestro medio y cumplía con los requisitos que estábamos buscando.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Figura 2.

Aditivo Plastificante



Nota. Fuente: Los autores

Resultados

Dosificación para muestras de hormigón.

En la práctica la dosificación de un hormigón es variable según la resistencia que se desea diseñar. La NEC-15 en el capítulo NEC-SE-HM (Estructuras de Hormigón Armado), menciona que todo elemento considerado estructural debe ser diseñado con un hormigón de resistencia mínima de 20Mpa.

La resistencia seleccionada es de 210 kg/cm² y las dosificaciones de las muestras están basadas en resultados constructivos por profesionales. Dosificación 1:2:3, que corresponde a cantidad de sacos por cada material (1 saco de cemento + 2 sacos de arena + 3 sacos de grava). La siguiente tabla muestra la dosificación de 3 hormigones de diferentes resistencias:

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Tabla 1.

Cantidades por metro cúbico de hormigón

Resistencia F'c (kg/cm ²)	Cemento (sacos)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	AGUA			Fibra de hoja seca de maíz 1.0% del cemento (kg)	Fibra de hoja seca de maíz 1.5% del cemento (kg)	Aditivo plastificante 2.5% del cemento (ml)
				Agregado húmedo (lts)	Agregado seco (lts)	Promedio (lts)			
280	8.40	0.67	0.67	180	20	190	4.20	6.30	10500
240	7.60	0.60	0.76	170	190	180	3.80	5.70	9500
210	6.40	0.52	0.90	160	180	170	3.20	4.80	8000

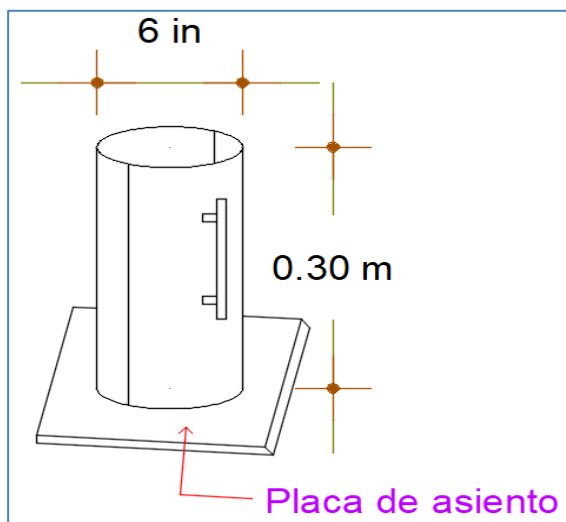
Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel)

Dosificación de cilindros

El cilindro para ensayos de compresión de hormigón tiene unas dimensiones determinadas que son:

Figura N° 3.

Modelo de cilindro para ensayos a compresión de hormigón



Nota. Fuente: Elaboración de autores (Dibujo en AutoCad 2021)

La investigación tiene como propósito comprobar si el uso de fibras de hojas seca de maíz ayuda a la resistencia a la compresión, lo que nos lleva a realizar una comparación entre 6 tipos distintos de composiciones que son:

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

- Cilindro con Hormigón Tradicional (H.T.).
- Cilindro con H.T. + aditivo (plastificante).
- Cilindro con H.T. + aditivo + fibra de hoja seca (1.0 %).
- Cilindro con H.T. + aditivo + fibra de hoja seca (1.5 %).
- Cilindro con H.T. + fibra de hoja seca (1.0 %).
- Cilindro con H.T. + fibra de hoja seca (1.5 %).

El ensayo a compresión se lo ha optado por realizar a 3 edades distintas por cada tipo de composición de cilindro de hormigón, dichas edades son:

- Ensayo a la compresión a los 7 días.
- Ensayo a la compresión a los 14 días.
- Ensayo a la compresión a los 28 días.

El total de número de muestras que se necesitó fue de 18 muestras. Se detalla a continuación los cálculos realizados para obtener la cantidad de materiales y dosificaciones para un cilindro de hormigón.

Cálculo del Volumen de un Cilindro:

Datos del cilindro:

D (diámetro)=6 in \approx 15.24 cm \approx 0.1524 m

h (altura)=0.30 m

Área del cilindro:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (0.1524 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0.01824147 \text{ m}^2$$

Volumen de hormigón de un cilindro:

$$V = A * h$$

$$V = 0.01824147 \text{ m}^2 * 0.30 \text{ m}$$

$$V = 5.472441e-3 \text{ m}^3$$

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cálculo de la Cantidad de Cemento en un Cilindro:

Aplicación de la regla de 3:

6.40 sacos de cemento (320 kg) dosifica 1 m³ de hormigón; cuanto cemento dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

$$\frac{320 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{5.472441e^{-3} \text{ m}^3}$$

$$x = \frac{320 \text{ kg} * 5.472441e^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Cantidad de cemento=1.7512 kg≈1751.2 gr

Cálculo de la Cantidad de Arena en un Cilindro:

Aplicación de la regla de 3:

0.52 m³ de arena dosifica 1 m³ de hormigón. Se necesita convertir los 0.52 m³ a una unidad de masa, para saber qué cantidad de arena dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

Igualdades:

1 gr=1 ml

1000 lts=1 m³

1 kg=1 lts

Conversión:

$$\frac{0.52 \text{ m}^3 * 1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} = 520 \text{ lts} \approx 520 \text{ kg}$$

Cálculo:

$$\frac{520 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{5.472441e^{-3} \text{ m}^3}$$
$$x = \frac{520 \text{ kg} * 5.472441e^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Cantidad de arena=2.8457 kg≈2845.7 gr

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cálculo de la Cantidad de Grava en un Cilindro:

Aplicación de la regla de 3:

0.90 m³ de grava (900 kg) dosifica 1 m³ de hormigón; que cantidad de grava dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

$$\frac{900 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{5.472441e^{-3} \text{ m}^3}$$
$$x = \frac{900 \text{ kg} * 5.472441e^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Cantidad de grava=4.9252 kg≈4925.2 gr

Cálculo del Volumen de Agua Para un Cilindro:

Aplicación de la regla de 3:

170 lts de agua dosifica 1 m³ de hormigón; que volumen de agua dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

$$\frac{170 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{5.472441e^{-3} \text{ m}^3}$$
$$x = \frac{170 \text{ lts} * 5.472441e^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Volumen de agua=0.9303 lts

En resumen las dosificaciones quedan de la siguiente forma:

Tabla N°2.

Dosificación de materiales para un cilindro de hormigón

Cemento	Arena	Grava	Agua	Fibra (1.0 %)	Fibra (1.5 %)	Aditivo (2.5 %)
1751.2 gr	2845.7 gr	4925.2 gr	0.9303 lts	17.5 gr	26.3 gr	43.8 ml

Nota. Fuente: Elaboración de autores

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Tabla N°3

Dosificación de materiales para 18 cilindro de hormigón

Cemento	Arena	Grava	Agua	Fibra (1.0 %)	Fibra (1.5 %)	Aditivo (2.5 %)
31521.6 gr	51222.6 gr	88653.6 gr	16.75 lts	315 gr	473.4 gr	788.4 ml

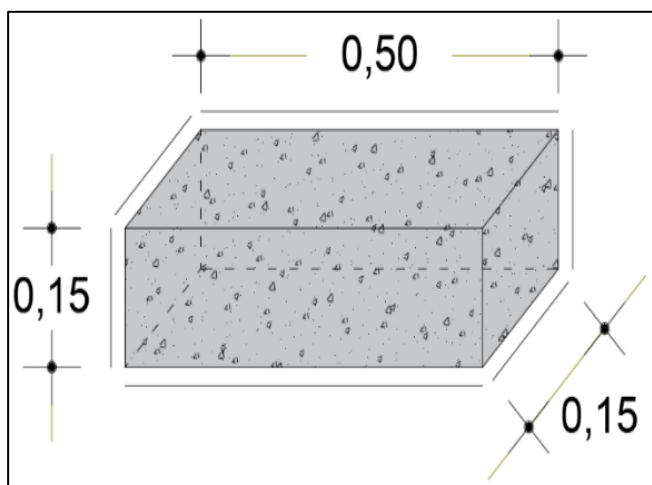
Nota. Fuente: Elaboración de autores

Dosificación de vigas

La viga para ensayos de flexo-compresión de hormigón tiene unas dimensiones propuestas que son:

Figura 4.

Modelo de viga para ensayos a flexo-compresión de hormigón



Nota. Fuente: Elaboración de autores (Dibujo en AutoCad 2021)

De igual forma otro de los propósitos de la investigación es comprobar si el uso de fibras de hojas seca de maíz ayuda a la resistencia a la flexo-compresión, lo que nos lleva a realizar una vez más la comparación entre los 6 tipos distintos de composiciones que son:

- Viga con Hormigón Tradicional (H.T.).
- Viga con H.T. + aditivo (plastificante).
- Viga con H.T. + aditivo + fibra de hoja seca (1.0 %).

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

- Viga con H.T. + aditivo + fibra de hoja seca (1.5 %).
- Viga con H.T. + fibra de hoja seca (1.0 %).
- Viga con H.T. + fibra de hoja seca (1.5 %).

Así mismo dicho ensayo a flexo-compresión se lo ha optado de la misma manera a realizarlo a 3 edades distintas por cada tipo de composición de viga de hormigón, mismas edades que son:

- Ensayo flexo-compresión a los 7 días.
- Ensayo flexo-compresión a los 14 días.
- Ensayo flexo-compresión a los 28 días.

Entonces se tiene el mismo número de muestras para los ensayos (18 muestras). Se detalla a continuación los cálculos realizados para obtener la cantidad de materiales y dosificaciones para una viga de hormigón.

Cálculo del Volumen de una Viga:

Datos de la viga:

$$b \text{ (ancho)}=0.15 \text{ m}$$

$$h \text{ (altura)}=0.15 \text{ m}$$

$$L \text{ (longitud)}=0.50 \text{ m}$$

Área de la viga:

$$A=b*h$$

$$A=0.15 \text{ m}*0.15 \text{ m}$$

$$A=0.0225 \text{ m}^2$$

Volumen de hormigón de una viga:

$$V=A*L$$

$$V=0.0225 \text{ m}^2*0.50 \text{ m}$$

$$V=0.01125 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Cantidad de Cemento Para una Viga:

Aplicación de la regla de 3:

6.40 sacos de cemento (320 kg) dosifica 1 m³ de hormigón; cuanto cemento dosifica el volumen de hormigón de la viga.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

$$\frac{320 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{0.01125 \text{ m}^3}$$

$$x = \frac{320 \text{ kg} * 0.01125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Cantidad de cemento=3.6 kg≈3600 gr

Cálculo de la Cantidad de Arena Para una Viga:

Aplicación de la regla de 3:

0.52 m³ de arena (520 kg) dosifica 1 m³ de hormigón; que cantidad de arena dosifica el volumen de hormigón de una viga.

$$\frac{520 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{x}{0.01125 \text{ m}^3}$$

$$x = \frac{520 \text{ kg} * 0.01125 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Cantidad de arena=5.85 kg≈5850 gr

Cálculo de la Cantidad de Grava Para una Viga:

Aplicación de la regla de 3:

0.90 m³ de grava (900 kg) dosifica 1 m³ de hormigón; que cantidad de grava dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

900 kg x

1 m³ = 0.01125 m³ _____

900 kg * 0.01125 m³

x = 1 m³ _____

Cantidad de grava = 10.125 kg ≈ 10125 gr

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cálculo del volumen de agua para una viga:

Aplicación de la regla de 3:

170 lts de agua dosifica 1 m³ de hormigón; que volumen de agua dosifica el volumen de hormigón del cilindro.

170 lts x

1 m³ = 0.01125 m³ _____

170 lts * 0.01125 m³

x = 1 m³ _____

Volumen de agua = 1.9125 lts

En resumen las dosificaciones quedan de la siguiente forma:

Tabla N°5. Dosificación de materiales para una viga de hormigón.

Cemento	Arena	Grava	Agua	Fibra (1.0 %)	Fibra (1.5 %)	Aditivo (2.5 %)
3600 gr	5850 gr	10125 gr	1.9125 lts	36 gr	54 gr	90 ml

Fuente: Elaboración de autores.

Proceso de Fundición

La fundición de todas las muestras de hormigón se la realizó en el Laboratorio de Suelos, Topografía, Hormigón y Asfalto “Bolívar Ortíz Logrono” de la carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí del cantón Manta.

La capacidad de carga máxima que posee la concretera del laboratorio es de 15 kg de cemento. Motivo el cual se tuvo que fundir 2 tipos de composiciones distintas de hormigón diario, tanto para cilindros como para vigas.

Como primer paso de la fundición, se tuvo que pesar cada material para una dosificación calculada de la cantidad de cilindros que se van a fundir.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Una vez se tiene pesado cada material, se lo unifica en la concretera de la siguiente manera:

- Una vez encendida la concretera y esta empieza a trabajar, se le añade de primero la grava.
- Seguido se añade la arena. Una vez se empieza a revolver la arena junto con la grava, se procura que se mezcle de forma correcta ambos agregados.
- Se procede luego añadir el cemento, de la misma forma se procura que la mezcla dentro de la concretera sea uniforme.
- Por último se añade el agua junto con la fibra o el aditivo (según el tipo de composición de hormigón a fundir).

El material resultante es el hormigón, mismo que debe estar trabajable y adecuado para fundirlo en los moldes correspondientes. Todos los moldes para fundir deben de estar adecuadamente engrasados en las caras que tienen contacto directo con el hormigón.

Fundido los elementos, se dejan fraguando 24 horas antes del desmote o desencofrado del elemento Pasando las 24 horas se desmota el elemento y se le realiza el respectivo curado según la NEC-15, sumergido bajo el agua durante sus días de aumento de dureza y resistencia.

Cumpliendo los días respectivos según la edades prevista para realizar los ensayos se saca la muestra 24 horas antes del ensayo; esto con el fin de que seque completamente.

Discusión y resultados

Para este método se fundieron cilindros de aproximadamente 6pulg x 30cm los cuales se rompieron en las edades de 7, 14 y 28 días, estos cilindros eran 6 de diferentes composiciones las cuales son:

1. Hormigón Tradicional
2. Hormigón con Aditivo Plastificante (2.5%)
3. Hormigón + Aditivo Plastificante (2.5%) + 1% de Fibra de Maíz
4. Hormigón + Aditivo Plastificante (2.5%) + 1.5% de Fibra de Maíz

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

5. Hormigón + 1% de Fibra de Maíz
6. Hormigón + 1.5% de Fibra de Maíz

Para obtener los resultados de este ensayo se debe calcular el área de cada cilindro, mostrados
Cálculo de área colaborante:

Tabla N°6. Área colaborante de cilindros a los 7 días.

Tipo de cilindro de hormigón 7 Días	Diáe Ro #1	Diámetro #2	Diámeo #3	Diámetro promedio	Área colaborante
Cilindro de Hormigón Tradicional	15,24 cm	15,20 cm	15,14 cm	15,19 cm	181,30 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	15,35 cm	15,39 cm	15,40 cm	15,38 cm	185,78 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	15,16 cm	15,25 cm	15,13 cm	15,18 cm	180,98 cm ²

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	15,37 cm	15,40 cm	15,39 cm	15,39 cm	185,94 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	15,18 cm	15,15 cm	15,23 cm	15,19 cm	181,14 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	14,87 cm	14,80 cm	14,83 cm	14,83 cm	172,81 cm ²

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

En las siguientes tablas:

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Tabla N°7. Área colaborante de cilindros a los 14 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN 14 DÍAS	DIÁMETRO #1	DIÁMETRO #2	DIÁMETRO #3	DIÁMETRO PROMEDIO	ÁREA COLABORANTE
Cilindro de Hormigón Tradicional	15,00 cm	15,24 cm	15,23 cm	15,16 cm	180,43 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	15,00 cm	15,22 cm	15,09 cm	15,10 cm	179,16 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	14,91 cm	14,85 cm	14,76 cm	14,84 cm	172,96 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional +	15,20 cm	15,23 cm	15,14 cm	15,19 cm	181,22 cm ²

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)					
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	15,28 cm	15,25 cm	15,30 cm	15,28 cm	183,29 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	15,04 cm	15,25 cm	15,15 cm	15,15 cm	180,19 cm ²

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Tabla N°8. Área colaborante de cilindros a los 28 días.

TIPO DE CILINDRO	DIÁMETRO #1	DIÁMETRO #2	DIÁMETRO #3	DIÁMETRO PROMEDIO	ÁREA COLABORANTE
------------------	-------------	-------------	-------------	-------------------	------------------

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

HORMIGÓN 28 DÍAS					
Cilindro de Hormigón Tradicional	14,86 cm	14,88 cm	14,85 cm	14,86 cm	173,51 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	15,29 cm	15,20 cm	15,27 cm	15,25 cm	182,73 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	15,21 cm	15,18 cm	15,30 cm	15,23 cm	182,18 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	15,50 cm	15,30 cm	15,21 cm	15,34 cm	184,74 cm ²

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	15,30 cm	15,22 cm	15,27 cm	15,26 cm	182,97 cm ²
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	15,47 cm	15,42 cm	15,46 cm	15,45 cm	187,48 cm ²

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Resistencias dada por la prensa hidráulica en las diferentes edades: Tabla N°9. Resistencias dadas por la prensa hidráulica a los 7 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 7 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	140,09 kgf/cm ²	66,71 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	142,40 kgf/cm ²	67,81 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	139,15 kgf/cm ²	66,26 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	139,74 kgf/cm ²	66,54 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	137,98 kgf/cm ²	65,70 %

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Tabla N°10. Resistencias dadas por la prensa hidráulica a los 14 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 14 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	189,89 kgf/cm ²	90,42 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	192,74 kgf/cm ²	91,78 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	166,00 kgf/cm ²	79,05 %

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	170,51 kgf/cm ²	81,20 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	140,00 kgf/cm ²	66,67 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	147,83 kgf/cm ²	70,40 %

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Tabla N°11. Resistencias dadas por la prensa hidráulica a los 28 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 28 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	210,54 kgf/cm ²	100,26 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	215,17 kgf/cm ²	102,46 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	185,25 kgf/cm ²	88,21 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	187,14 kgf/cm ²	89,11 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	158,91 kgf/cm ²	75,67 %

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	161,06 kgf/cm ²	76,70 %
---	----------------------------	---------

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Kilogramos de fuerza dada por la prensa hidráulica en diferentes edades:

Tabla N°12. Kilogramos de fuerza dadas por la prensa hidráulica.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 7 DÍAS	EDAD 14 DÍAS	EDAD 28 DÍAS
Cilindro de Hormigón Tradicional	25077,30 kgf	34002,90 kgf	36426,80 kgf
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	26169,90 kgf	34186,80 kgf	38768,20 kgf
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	24879,80 kgf	28667,60 kgf	33439,00 kgf
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	25622,30 kgf	30469,10 kgf	34244,80 kgf
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	24742,80 kgf	25178,80 kgf	28626,70 kgf
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	23704,90 kgf	26054,00 kgf	29629,00 kgf

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Tabla N°13. Resistencias calculadas correspondiente a edad de 7 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 7 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	138,32 kgf/cm ²	65,87 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	140,87 kgf/cm ²	67,08%
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	137,47 kgf/cm ²	65,46 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	137,80 kgf/cm ²	65,62 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	136,59 kgf/cm ²	65,04 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	137,17 kgf/cm ²	65,32 %

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Tabla N°14. Resistencias calculadas correspondiente a edad de 14 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 14 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	188,45 kgf/cm ²	89,74 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	190,82 kgf/cm ²	90,87 %

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	165,75 kgf/cm ²	78,93 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	168,13 kgf/cm ²	80,06 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	137,37 kgf/cm ²	65,41 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	144,59 kgf/cm ²	68,85 %

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Tabla N°15. Resistencias calculadas correspondiente a edad de 28 días.

TIPO DE CILINDRO DE HORMIGÓN	EDAD 28 DÍAS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Cilindro de Hormigón Tradicional	209,94 kgf/cm ²	99,97 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo	212,16 kgf/cm ²	101,03 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	183,55 kgf/cm ²	87,40 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	185,37 kgf/cm ²	88,27 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,0 %)	156,46 kgf/cm ²	74,50 %
Cilindro de Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1,5 %)	158,04 kgf/cm ²	75,26 %

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel).

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Ensayos a flexo-compresión. –

Para este método se fundieron vigas de 15cm x 15cm x 50cm las cuales se rompieron en las edades de 7, 14 y 28 días, estas vigas eran 6 de diferentes composiciones las cuales son:

1. Hormigón Tradicional
2. Hormigón con Aditivo Plastificante (2.5%)
3. Hormigón + Aditivo Plastificante (2.5%) + 1% de Fibra de Maíz
4. Hormigón + Aditivo Plastificante (2.5%) + 1.5% de Fibra de Maíz
5. Hormigón + 1% de Fibra de Maíz
6. Hormigón + 1.5% de Fibra de Maíz

Cuyos resultados dados por la máquina hidráulica universal del laboratorio se muestran a continuación:

Tabla N°16. Resultados de los ensayos a flexo-compresión.

Edad del Hormigón	Nombre	Max._Fuerza	Max._Tensión	Max._Desplazamiento	Max._Deformación	Energía 1
	Parámetros	Calc. At Entire Áreas	Calc. At Entire Áreas	Calc. At Entire Áreas	Calc. At Entire Áreas	Calc. At Entire Áreas
	Unidad	kN	N/mm2	mm	%	J
7 días	Hormigón Tradicional	10.4725	1.88898	0.78788	1.18132	6.79818
	Hormigón Tradicional + aditivo	13.0246	1.77243	0.76000	1.13953	6.13337
	Hormigón Tradicional+ aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	16.2774	1.41823	0.49113	0.73638	3.98047
	Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.5 %)	17.3477	1.14033	0.37363	0.56020	3.16742

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

14 días	Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	13.1762	1.45669	0.70563	1.05800	5.47020
	Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz(1.5 %)	13.3777	1.43474	0.66988	1.00439	4.81855
	Hormigón Tradicional	13.7176	2.12628	0.97988	1.46920	7.08394
	Hormigón Tradicional + aditivo	14.1757	1.81227	0.84475	1.26660	6.44273
14 días	Hormigón Tradicional+ aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	16.6433	1.54358	0.61838	0.92718	4.35555
	Hormigón Tradicional + aditivo	19.5270	1.49369	0.45013	0,67491	3.63838

28 días	+ fibra de hoja seca de maíz (1.5 %)					
	Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	15.0596	1.63983	0.71613	1.07374	5.91673
	Hormigón Tradicional + fibrade hoja seca de maíz (1.5 %)	14.3610	1.56375	0.69700	1.04507	5.34330
28 días	Hormigón Tradicional	14.5324	2.34877	1.08838	1.63188	8.34914
	Hormigón Tradicional + aditivo	15.3686	2.05003	0.84888	1.27278	7.89602
	Hormigón Tradiciona+ aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	18.8268	1.70643	0.71738	1.07561	4.53932
	Hormigón Tradiciona + aditivo+ fibra de hoja seca de maíz (1.5%)	21.5703	1.58242	0.46038	0,69027	4.43980
	Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1.0 %)	15,6713	1.86179	0.79513	1.19219	6.12788
	Hormigón Tradicional + fibra de hoja seca de maíz (1.5 %)	17.0981	1.43474	0.72275	1.08367	5.65670

Fuente: Elaboración de autores (Hoja de cálculo en Excel)

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

Conclusiones

La fibra de hoja seca de maíz es el material adecuado para el estudio, por su disponibilidad, por su costo y en cierto modo por la reducción del impacto ambiental al utilizar una fibra de origen natural, de tal manera es aprovechable en mayor medida todos los elementos del maíz.

El aditivo químico es un plastificante con propiedades de reducción de agua, cuya composición favorece al alcance de la resistencia determinada.

Los cálculos de las dosificaciones son garantía de que el hormigón está en las mejores condiciones para los ensayos, por ende se obtiene los resultados deseados.

Se estudia varias muestras en diferentes edades, con el fin de realizar una comparación y tener resultados más certeros y datos intermedios para la resolución de tablas y curvas.

En el análisis de resultados se puede concluir que la fibra de hoja seca de maíz no aporta a la resistencia a la compresión. En cambio, la fibra aporta a la flexo – compresión. Eso se aprecia en los porcentajes de deformación; donde la viga cuya deformación es la de menor porcentaje tiene como composición Hormigón Tradicional + aditivo + fibra de hoja seca de maíz (1.5%).

Referencias

- Arup. (2017). El potencial de los residuos orgánicos como materiales de construcción. Residuos Profesional. <https://www.residuosprofesional.com/residuos-organicos-material-construccion/>.
- BioEconomía. (2019). En Estados Unidos rejuvenecen el asfalto de las carreteras con un derivado del maíz. <https://www.bioeconomia.info/2019/02/01/estados-unidos-rejuvenecen-el-asfalto-de-las-carreteras-con-un-derivado-del-maiz/>.
- Carvajal, I., & Terreros, L. (2013). Uso de la Fibra de Cáñamo para Mejorar las Propiedades Mecánicas del Concreto. Universidad Católica de Colombia. Trabajo de titulación. <https://core.ac.uk/reader/71896680>.
- Dobón, B. (2019). Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible. Universidad Politécnica de Valencia. España. Trabajo Final de Grado. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115062/memoria_44533185.pdf?sequence=1&isAllowed=y, pp.67.
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., y otros. (2016). Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil. Instituto de Ecología, UNAM, Coyoacán, Ciudad de México. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista: RECIMUNDO; 4.(3). DOI: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1560>, pp.163-173.
- Hernández, M., Jiménez, S., & Sánchez, J. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. Revista Tecnología en Marcha; Vol.34. Nro.2. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822021000200003.
- Reyes, F. (2008). Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas. Síntesis de la investigación colombiana, Ed. ResearchGate, 1, pp.1-76.

Hormigón Para Pavimento Rígido Elaborado Con Aditivo y Fibra Biodegradable

- Rodriguez, H. (2018). Carreteras fabricadas con plástico. National Geographic - España.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/carreteras-fabricadas-plastico_13133.
- Yepes, V. (2016). Evolución histórica de los materiales. Universidad Politécnica de Valencia. España. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/07/29/evolucion-historica-de-los-materiales/>.

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).