

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9edespjun.0065>

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN HORMIGÓN CONVENCIONAL Y CON EL USO DE FIBRAS METÁLICAS Y SINTÉTICAS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN A CONVENTIONAL CONCRETE AND THE USE OF METALLIC AND SYNTHETIC FIBERS

Intriago-Álava Carlos Igor ¹; Ibarra-Mora Fátima Gianella ²; Macías-Sánchez Lucía ³; Ortiz-Hernández Eduardo ⁴; Delgado-Gutiérrez Daniel Alfredo ⁵

¹ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: cintriago7660@utm.edu.ec.

² Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: fibarra9683@utm.edu.ec.

³ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: lucia.macias@utm.edu.ec.

⁴ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: eduardo.ortiz@utm.edu.ec.

⁵ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: daniel.delgado@utm.edu.ec.

Resumen

El presente trabajo investigativo se lo realizó con el objetivo de poder determinar la influencia de las fibras metálicas y sintéticas en un diseño de un hormigón de 210kg/cm² al ser comparado con otro diseño de hormigón convencional con las mismas dosificaciones y agregados, para su posterior análisis comparativo de resistencia a las edades de 7, 14 y 28 días de fabricación y curado, para realizar diseños con agregados que fueron sometidos a diversos tipos de ensayos como son: granulometría, gravedad específica, pesos unitarios de los materiales, ensayo de abrasión, ensayo de desgaste a los sulfatos y el ensayo a la compresión del hormigón. Las cantidades de materiales finos que se utilizaron para mejorar la graduación de los materiales fueron la siguiente: 20% Chispa, 40% Arena Homogenizada y 40% Arena de Playa. Demostrándose en base a los resultados obtenidos que el hormigón con adición de fibras metálicas y sintéticas tiene una mayor resistencia a la compresión que en los diferentes días de curado en comparación con el hormigón convencional superando en un 16.70% a los 28 días.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, hormigón, Fibras metálicas, fibras sintéticas, agregados.

Abstract

The present research work was carried out with the objective of determining the influence of metallic and synthetic fibers in a concrete design of 210kg/cm² when compared with another conventional concrete design with the same dosages and aggregates, for its subsequent comparative analysis of resistance at the age of 7, 14 and 28 days of manufacture and curing, to perform the designs the aggregates were subjected to various types of tests such as:

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 04 de abril de 2022.

Fecha de aceptación: 13 de junio de 2022.

Fecha de publicación: 14 de junio de 2022.

granulometry, specific gravity, unit weights of the materials, abrasion test, sulfate wear test and concrete compression test. The quantities of fine materials used to improve the grading of the materials were 20% Spark, 40% Homogenized Sand and 40% Beach Sand. It was demonstrated on the basis of the results obtained that the concrete with the addition of metallic and synthetic fibers has a higher compressive strength in the different days of curing compared to the conventional concrete, exceeding 16.70% at 28 days.

Keywords: Compression resistance, concrete, Metallic fibers, synthetic fibers, aggregates.

1. Introducción

El concreto fue usado por primera vez en Roma alrededor de la tercera centuria antes de Cristo. Estaba constituido por agregados unidos mediante un aglomerante conformado por una mezcla de cal y ceniza volcánica. (Harmsen, 2002). En la investigación elaborada por (Irías Pineda, 2013) una de las principales características del hormigón con fibras, es su alta capacidad a evitar la formación de fisuras y grietas, y a la propagación de las mismas. La explicación de esta capacidad reside en que el compuesto fibra-hormigón posee una elevada resistencia a la atracción aportada por las fibras. Según (Mármol Salazar, 2010) las fibras se han utilizado como refuerzo desde la antigüedad. Históricamente los de pelo de caballo se utilizaban en el mortero y la paja en ladrillo de barro. A principios de 1900, las fibras de asbesto (amianto) se utilizaban en el hormigón y en la década de

1950 surge el concepto de materiales compuestos y el hormigón reforzado con fibras fue uno de los temas de interés.

La clasificación de las actuales fibras en el mercado en función de la materia prima (MACCAFERRI) establece las siguientes fibras como aditivos para un hormigón, fibras de Acero, Vidrio, polipropileno, Nylon, Polietileno, Carbono, Kevlar y Acrílico, tomando en cuenta los valores de densidades, diámetros, módulos elásticos, resistencia a tracción y la elongación a ruptura de las fibras como lo establece (Irías Pineda, 2013). Hoy en día la utilización de agregados para el reforzamiento de hormigones ha despertado un gran interés ya sea desde la utilización de fibras metálicas, sintéticas hasta fibras de orígenes orgánicos naturales (fibras de coco). Vélez (2019) realizó un estudio donde señala que es posible añadir porcentualmente cenizas de

bagazo de caña de azúcar en la mezcla de hormigón, ya que demostró a través de ensayos y resultados que la CBCA (cenizas del bagazo de la caña de azúcar) ayuda a mejorar sus características mecánicas en el aumento de resistencia e impermeabilización del conglomerado.

El hormigón reforzado con fibras según él (A.C.I.-American Concrete Institute), no es más que hormigón hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo áridos finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas. Las fibras son elementos de fuerza longitud y pequeñas secciones que se incorporan a la masa del hormigón afín de conseguirle ciertas propiedades específicas (Mármol Salazar, 2010). Las fibras son empleadas en aplicaciones estructurales en busca de beneficios adicionales en cuanto a reducción de mano de obra, incremento de la durabilidad y reducción o eliminación del refuerzo tradicional. (Mármol Salazar, 2010). No en toda utilización de fibras orgánicas para diseños de hormigones determina una mayor resistencia del hormigón en la adición de fibras de caña

guadua según (Jaramillo, 2018) la resistencia de un hormigón convencional es mayor que la de un hormigón con fibras de caña guadua, aunque la fisuración graduada es menor en comparación con el hormigón convencional.

En la actualidad para el proceso de construcción de obras civiles se utilizan agregados de diferentes tipos de canteras, en la mayoría de los casos no se conoce las propiedades de los materiales utilizados o en su defecto estas son inadecuadas y se ve reflejado al momento del en las resistencias alcanzadas, las cuales son inferiores a la planteada en el diseño (Renán, 2013). La presente investigación busca como propósito establecer un análisis comparativo de un hormigón convencional y otro con las mismas características, pero con adición de fibra metálica y sintética, evaluando la resistencia a compresión y el impacto económico en el hormigón. En Ecuador se ha utilizado el uso de fibras para mejorar las resistencias en los hormigones como en el proyectos de la carretera Pimpiguasi - Chone ubicada en la provincia de Manabí en donde consistió en realizar un análisis comparativo de

dos diseños de hormigones, uno bajo la dosificación de un hormigón convencional diseñado para una resistencia de 320 kg/cm² y el otro con las mismas características del anterior adicionándole fibras metálicas y sintéticas, relacionando así la resistencia que estos proporcionen a las edades de 7, 14 y 28 días (Hernández, E. H. O., & Sánchez, L. K. M, 2018). Además en obras viales también se ve la exigencia a la calidad de los agregados como en la provincia de Manabí y en especial en las carreteras (Hernández, E. H. O., Moncayo, E. H. O., Sánchez, L. K. M., & de Calderero, R. P., 2017).

2. Metodología

Para desarrollar esta investigación se empleó dos tipos de metodologías: Una descriptiva y la otra exploratoria. En la investigación descriptiva se examinó la resistencia de un hormigón convencional y otro con la incorporación de fibras sintéticas y metálicas, para aquello se analizaron los materiales que conforman el hormigón determinando sus propiedades físicas y mecánicas, para posteriormente ser usados en los

dos diseños planteados, analizando la influencia de las fibras en las resistencias y la relación costo y beneficio. Se describe la metodología de carácter exploratorio, debido a que se identificó las propiedades, características de los agregados centrada en la recopilación de datos que muestra la experimentación o el objeto de estudio, la experimentación contó con el diseño de los hormigones bajo la norma ASTM Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C 39/C 39M – 01, 2009) la prueba de resistencia a la compresión del hormigón convencional y con la adición de fibra determinando su efecto sobre la resistencia.

Los agregados son una parte indispensable en la composición del hormigón (Cedeño Cedeño, Chávez Chon Long, Macías Sánchez, & Ortiz Hernández, 2022). Para poder iniciar la investigación se partió de la obtención de los agregados y de la comparación de sus propiedades con las especificaciones de las Normas Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOP-001-F-2002, Ministerio de Obras

Públicas y Comunicaciones, 2002) para hormigones, el agregado grueso utilizado corresponden al material conocido como ripio que retiene en el tamiz $\frac{3}{4}$, (19mm), en cuanto al agregado fino se combinaron tres tipos de materiales, debido a que la granulometría independiente de estos no cumplían con lo especificado para el uso de hormigones, llegando a combinar el material de chispa, arena homogenizada de tamaño 4,75mm y arena de mar de tamaño aproximado de 2,36mm, en porcentajes de 20, 40 y 40 respectivamente. Luego de conocer las propiedades de los materiales, se determinó la dosificación de los materiales que posteriormente pasaron a formar parte del hormigón.

La tabla 1 muestra los aspectos físicos y el comportamiento

mecánico de las fibras de acero, "Sika FiberXorex" que es un filamentos de acero cortados y doblados para el refuerzo secundario de concreto y mortero. Se utiliza comúnmente para refuerzo secundario de concreto y mortero lanzado, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo (Sika FiberXorex, 2018). El fabricante establece que la dosificación será entre 30kg/m³ y 60 kg/m³ y se determinará de acuerdo a necesidades específicas en cada proyecto, también recomienda la utilización de plastificante, fluidificantes o bien estos mismos productos súper-plastificantes o súper-fluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c (agua-cemento).

Tabla 1. Datos Técnicos Aspectos físicos y comportamiento mecánico de las fibras metálicas.

Sika FiberXorex características físicas	
Resistencia a tensión mínima	828 MPa (120021psi)
Largo	38mm Aproximado (1.5 pulg)
Relación de aspecto	38 para 1.5 pulg
Deformación	Deformación de manera continua en segmento circulares
Apariencia	Alambre limpio con brillo

En la tabla 2 se ilustra los aspectos físicos y el comportamiento mecánico de las fibras sintéticas empleadas para el diseño del hormigón que fueron las de EPS FIBRATEX, estas son fibras sintéticas fabricadas 100% de polipropileno virgen y cumplen con las especificaciones de (1116-03, ASTM C, 1995) para hormigón reforzado y hormigón vaciado a presión, clasificación 4.1.3 Tipo III.

Las fibras EPS FIBRATEX es un refuerzo secundario que ofrece una alternativa superior a la de la malla de alambre soldado. Son las fibras más libres de problemas y las más efectivas para reforzar al hormigón que existen en el mercado, el fabricante recomienda una pre-dosificación en fundas solubles en agua para 1m³ de hormigón que se añada directamente a la mezcla (Tepescon).

Tabla 2. Datos Técnicos Aspectos físicos y comportamiento mecánico de las fibras sintéticas.

EPS FIBRATEX características físicas	
Longitudes	1" 1/2pulg (5mm)
Uso	Hormigón convencional y masivo
Resistencia a la tensión	(Según norma ASTM D –2936): 80 K.S.I
Resistencia a la tracción	(Según norma ASTM D –638): 70000 p.s.i. (mín.)
Elongación hasta el rompimiento	(Según norma ASTM 638): 8% (mín.)
Punto de fusión	166°C (300° F)
Diámetro equivalente	0,17mm

Adicionalmente se empleó el aditivo superplastificante EUCON 37 que es un reductor de agua de alto rango, está formulado para mantener la consistencia plástica por 30-60 minutos después de la dosificación dependiendo del revenimiento inicial, sus principales características son; concreto fluido con resistencias más altas que las normales, ayuda a la colocación del concreto y reduce costos de mano de obra. Se usa comúnmente en dosis de 400 a 1170 ml por 100 kg (6 a 18 oz por 100 lbs)

de material cementicio (EUCLIP GROUP EUCOMEX).

Ensayo granulométrico en los áridos, fino y grueso.

El ensayo consiste en separar por tamaño las partículas que componen una muestra de árido grueso/fino de masa en estado seco conocida a través de una serie de tamices con orificios dispuestos en orden decreciente. La masa de las partículas retenidas en cada tamiz se expresa como un porcentaje de la

masa total y puede determinar la distribución del tamaño de las partículas. Los equipos usados para el ensayo granulométrico son: Balanza, agregado grueso/fino, tamices, agitadores de tamices mecánico, horno (NTN INEN 696:2011, 2011).

A los materiales seleccionados se les realizó el ensayo de módulo de finura, cumpliendo con el porcentaje mínimo que establece la tabla 803-3.1 del (MOP-001-F-2002, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002), se utilizó la Ecuación para establecer los porcentajes mínimos del material que pasa en los tamices que establece (NTN INEN 696:2011, 2011).

$$MF = \frac{\sum P. \text{retenido acumulado}}{100} \quad \text{Ec. 1.}$$

MF= Módulo de finura.

Ensayo de Gravedad específica.

Se utiliza para calcular el volumen ocupado por el agregado de una mezcla que contiene agregado, incluido el concreto de cemento Portland, el concreto bituminoso y otras mezclas administradas o analizadas en base al volumen

absoluto. La densidad también se utiliza para calcular vacíos entre partículas en un agregado según (NTN INEN 858:2010, 2010) La densidad relativa se utiliza cuando el agregado está húmedo, es decir, cuando alcanza la absorción. Por el contrario, la densidad relativa se usa en los cálculos cuando el agregado está seco o se espera que esté seco (NTE INEN 856:2010, 2010).

Este ensayo se lo realizó de manera independiente a los materiales para determinar la densidad promedio, la densidad relativa y la absorción de los áridos finos y gruesos, en la ecuación 2 fue utilizada para determinar la densidad relativa (gravedad específica)(SH) del material en condición seco al horno, con la ecuación 3 densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se determinó la densidad relativa del árido en condición saturada superficialmente seca, mediante la ecuación 4 se calculó la densidad relativa aparente de los áridos y la ecuación 5 se la utilizó para calcular el porcentaje de absorción (NTE INEN 856:2010, 2010).

$$\text{Gravedad específica de masa} = \frac{A}{B-C}$$

Ec. 2.

$$\text{Gravedad específica de s.s.s.} = \frac{B}{B-C}$$

Ec. 3.

$$\text{Gravedad específica de Aparente} = \frac{A}{A-C}$$

Ec. 4.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{B-A}{A} * 100$$

Ec. 5.

Donde;

"A" = Peso en el aire de la muestra saturada al horno:

"B" = Peso en el aire de la muestra saturada:

"C" = Peso de agua de la muestra saturada:

Confección y curado de probetas.

Para el curado y confección de probetas se partió de la norma (ASTM C31/C 31M-08a, 2008) se utilizaron cilindros o moldes de acero hierro fundido con diámetro de 15 cm y su altura 30 cm que cumple con los requisitos de las especificaciones (ASTM C 470/C470M-02a), se utilizó una varilla de compactación con un diámetro de 16mm y una longitud de 500mm, que fue utilizada para compactar el hormigón dentro del cilindro en 3 capas de 25 golpes cada una con las dimensiones como lo establece la norma (ASTM C31/C

31M-08a, 2008), después del varillado de capas se golpeó los lados exteriores del molde de 10 a 15 golpes con una maza con cabeza de goma con un peso de 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] para liberar cualquier burbuja de aire que haya podido quedar, para el curado inicial después de moldear se almacenaron los cilindros durante un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperatura entre 16° y 27° como lo establece (ASTM C31/C 31M-08a, 2008), para el curado final se quitaron los moldes y durante un periodo de tiempo de 30 minutos, se procedió a sumergir los cilindros de hormigón en un almacenamiento de agua cumpliendo con los requisitos (ASTM C511, 2021).

Ensayo de Abrasión.

El ensayo de abrasión permite determinar el valor de la degradación del tamaño grueso de tamaño inferior a 37.5mm, mediante la pérdida de masa por desgaste e impacto, utilizando la máquina de los ángeles que cumpla con todas las características esenciales de diseño como lo establece la norma (NTE INEN 860:2011, 2011).

Ensayo de desgaste a los Sulfatos.

Este ensayo de desgaste a los sulfatos se aplica a los áridos finos y gruesos que se aplican al hormigón para obtener una estimación preliminar de su desempeño cuando se someten a la acción de la intemperie, por medio de soluciones saturadas con sulfato de sodio o con sulfato de magnesio como lo dice la norma (NTE INEN 863:2011, 2011).

Ensayo de compresión.

Este método de ensayo se aplica a probetas cilíndricas y núcleos fabricados con hormigón de cemento hidráulico con densidades superiores a 800 kg/m³. Se usa para determinar la resistencia a la compresión de un espécimen cilíndrico de concreto preparado y endurecido de acuerdo con las normas (ASTM C192/C192M-16, 2018) (ASTM C 617-98, 2019), la resistencia a compresión se la realizó de acuerdo a la norma (ASTM C 39/C 39M – 01, 2009) donde después de haber sumergido los 6 cilindros por cada diseño en agua se hicieron diferentes pruebas de acuerdo a sus edades, las pruebas de compresión se las realizaron a los

7, 14 y 28 días de confección tanto para el hormigón convencional como para el hormigón

con adición de fibras, el resultado de este método de prueba es útil para: control de calidad del procesamiento del concreto, mezcla y colocación, cumplimiento de especificaciones, control para evaluar la eficacia de aditivos y usos similares, en esta investigación este método permite analizar la influencia de las fibras metálicas y sintéticas en la resistencia a compresión de un hormigón.

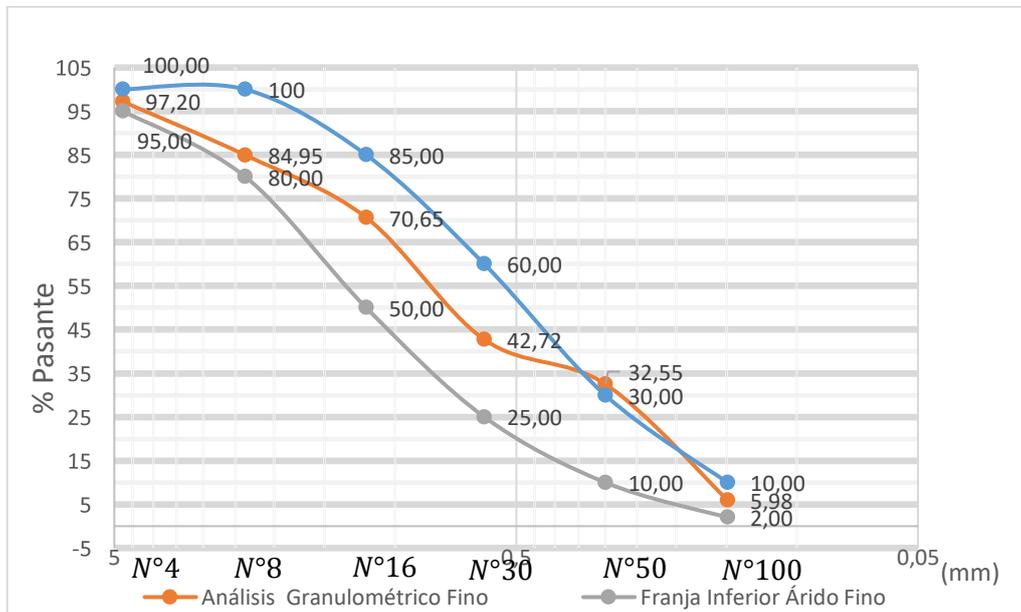
3. Análisis de resultados

El análisis granulométrico de los áridos gruesos y finos fue comparado con las especificaciones que establece (MOP-001-F-2002, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002) (NTN INEN 696:2011, 2011), para verificar su cumplimiento en la figura 1 se establecen los valores máximos (Franja superior) y mínimos (franja inferior) estipuladas por (MOP-001-F-2002, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002),(NTN INEN 696:2011, 2011) junto con los porcentajes pasantes de los tamices

especificados por el material fino, se observa que en la graduación del agregado fino en el tamiz N°50 (300mm) no cumple con las

especificaciones al superar la franja superior del árido fino con tendencia a grueso.

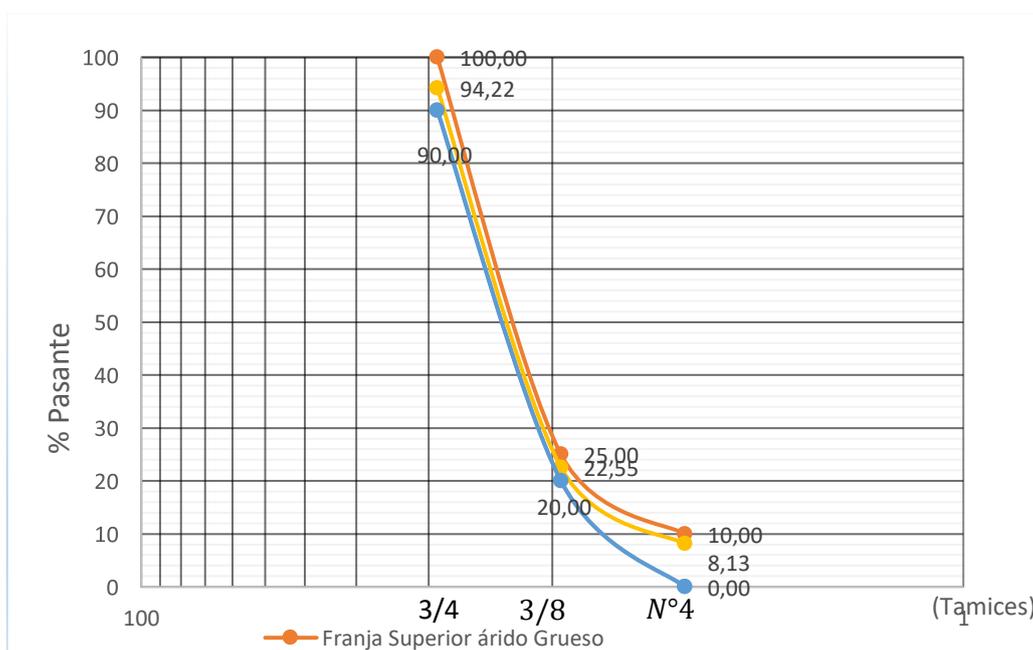
Figura 1. Análisis Granulométrico Áridos Finos.



En la figura 2 se muestra el análisis granulométrico para áridos gruesos, apreciando que se cumple con las especificaciones de la (NTN INEN

696:2011, 2011), es decir todos los porcentajes pasantes se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Figura 2. Análisis Granulométrico Áridos Gruesos.



El Módulo de finura resultante de la combinación de materiales utilizados como agregado fino es de 3.05 cumpliendo según lo establece la (NTN INEN 696:2011, 2011), en cuanto a las demás características de los materiales que son considerados en el diseño de hormigones convencional y con la adición de fibras se muestran en la

tabla 3, presentando en el agregado grueso un porcentaje de desgaste a la abrasión de 40.64 % que supera el valor máximo permitido de 40 % para poder ser usado en hormigones, así mismo al evaluar el desgaste a los sulfatos este material presenta una pérdida del 15.80 % siendo 12% el valor más alto permitido para este uso.

Tabla 3. Características físicas y mecánicas de los materiales

	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
PUC (Peso Unitario compactado)	1.357	1.507
PUS (Peso Unitario Suelto)	1.277	1.431
DSSS (Gravedad específica del suelo saturado seco)	2.571	2.732
ABSORCION:	7.20	3.890
M. DE FINURA:		3.050
ABRASION:	40.64 %	

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos se procedió con el diseño de la mezcla del hormigón basado en los estándares reglamentarios según (ASTM C 39/C

39M – 01, 2009), en la tabla 4 se ilustran las dosificaciones para un metro cubico de hormigón y para un saco de cemento.

Tabla 4. Dosificación para el diseño de hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Material	Peso en kg para 1m ³ de hormigón	Volumen real del material
Agua	193.00 Lt	193.00 Lt
Cemento	350.91 kg	0.111 m ³
Agregado Fino	891.92 kg	0.326 m ³
Agregado Grueso	910.45 kg	0.354 m ³
Aire	1.5 %	0.015 m ³

Posterior a la determinación de las cantidades de los materiales a utilizar y a la confección de los

especímenes, se obtuvo los resultados de las pruebas a compresión realizadas a los 7, 14 y

28 días después de la elaboración y curado, tanto del hormigón convencional como del hormigón con refuerzo de fibras sintéticas y metálicas. Con respecto al hormigón convencional no alcanzó la resistencia de diseño, obteniendo una ponderación a los 28 días del 87.71 % con relación de la

resistencia para el cual fue diseñado, sin embargo, al utilizar las mismas dosificaciones y empleando las fibras metálicas y sintéticas se refleja un incremento en la resistencia alcanzando el 104.40% respecto al diseño teórico, es decir se presentó un incremento del 16.70% como se puede observar en la tabla 5.

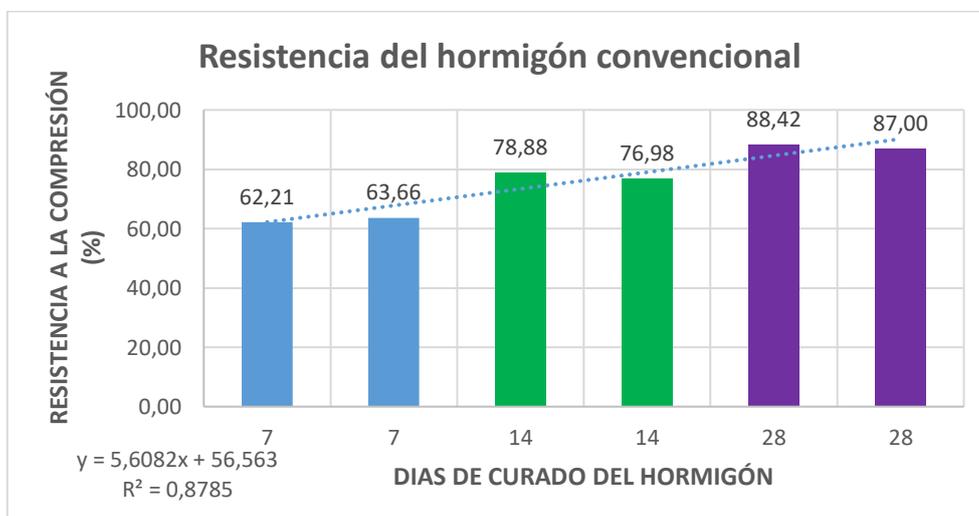
Tabla 5. Resistencia a compresión del hormigón convencional vs hormigón reforzado con fibras.

Edad de curado (días)	Resistencia a compresión del hormigón convencional (%)	Resistencia a compresión del hormigón reforzado con fibras (%)
7	62.21	72.71
7	63.66	74.38
14	78.88	88.40
14	76.98	86.82
28	88.42	103.60
28	87.00	105.21

En la figura 3 se observa el comportamiento de la resistencia del hormigón convencional a través de los días de curado donde se puede

observar una mayor resistencia del concreto a los 28 días con un coeficiente de determinación en proporción de la varianza de 87.55%.

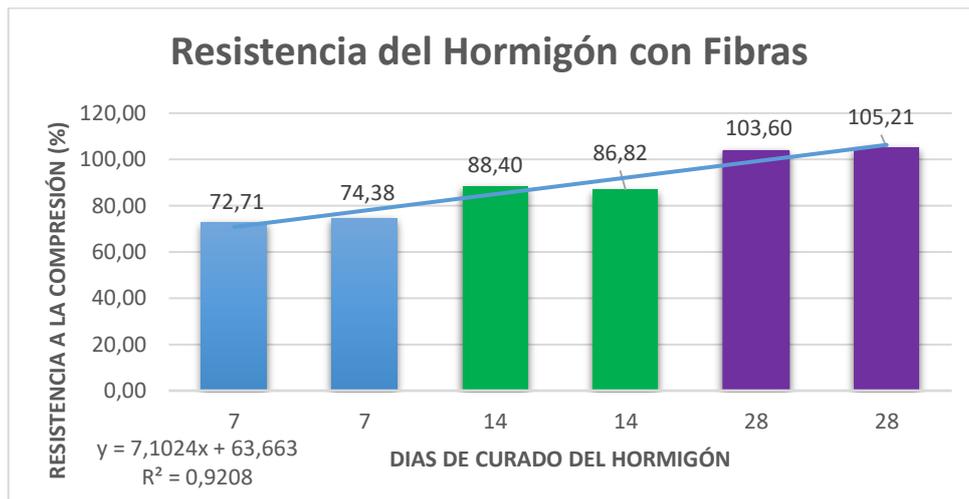
Figura 3. Resistencia a compresión del hormigón convencional.



En la figura 4 se observa el comportamiento de la resistencia del hormigón con el uso de las fibras metálicas y sintéticas todo esto en función de los días de curado donde se puede observar una mayor resistencia del concreto a los 28 días

con un coeficiente de determinación en proporción de la varianza de 92.08%, donde se establece un mayor incremento de resistencia del hormigón en comparación al hormigón convencional desde los 7 días hasta los 28 días de curado.

Figura 4. Resistencia a compresión del hormigón con incorporación de Fibras.



Con el fin de verificar la relación costo-beneficio, se determinaron los precios unitarios, para el hormigón convencional con un costo de \$214,86 dólares y el hormigón con el empleo de fibras tiene costo aproximado de \$504.79 dólares.

4. Conclusiones

- Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que fueron utilizados para los diseños de hormigón tanto convencional como

con fibras no son aptos para este uso, ya que su resistencia al desgaste a la abrasión y al sulfato son superiores al permitido, adicionalmente los agregados presentaban partículas alargadas y lajeadas provocando que exista dificultad para generar adherencia entre el agregado y la pasta, generando que el hormigón convencional no pueda alcanzar la resistencia de diseño propuesta.

- Al realizar un análisis comparativo entre las resistencias a

compresión de los dos diseños de hormigón se obtiene que la adición de fibras metálicas y sintéticas aportan en un 16.70 % al incremento de resistencia con referencia al hormigón convencional, tomando en cuenta que probablemente podría ser superior si los materiales que componen la mezcla cumplieran con todas las exigencias establecidas.

- En cuanto al análisis del costo de los diseños de hormigón, se determinó que existe un incremento de \$214.86 a \$504.79 con el empleo de las fibras en un diseño convencional.

Bibliografía

- 1116-03, ASTM C. (1995). astm.org. Obtenido de Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete: www.astm.org
- A.C.I.-American Concrete Institute. (s.f.). concrete.org. Obtenido de <https://www.concrete.org/>
- ASTM C 39/C 39M – 01. (2009). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Obtenido de ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-39-c-39m-01.html
- ASTM C 470/C470M-02a. (s.f.). [ingenieriasalva](http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-470c470m-02a.html). Obtenido de Ingeniería Civil el Salvador: <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-470c470m-02a.html>
- ASTM C 617-98. (2019). [ingenieriasalva.blogspot](http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-617-98.html). Obtenido de Ingeniería Civil en el Salvador: <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-617-98.html>
- ASTM C192/C192M-16. (2018). [baixardoc.com](https://baixardoc.com/documents/astm-c-192-en-espaol-5c76f3669cd4f). Obtenido de Prácticas estándar para hacer y curar espécimes de pruebas de concreto en el laboratorio: <https://baixardoc.com/documents/astm-c-192-en-espaol-5c76f3669cd4f>
- ASTM C31/C 31M-08a. (2008). [studocu.com](https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-ambato/ingenieria-vial/astm-c31-normas-astm/10103395). Obtenido de Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-ambato/ingenieria-vial/astm-c31-normas-astm/10103395>
- ASTM C511. (2021). global.ihs.com. Obtenido de Especificación estándar para salas de mezclas, gabinetes húmedos, salas húmedas y tanques de almacenamiento de agua utilizados en las pruebas de cementos hidráulicos y concretos:

- https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=ASTM%20C511&item_s_key=00014758
- Cedeño Cedeño, H. E., Chávez Chon Long, J. E., Macías Sánchez, L. K., & Ortiz Hernández, E. H. (2022). COMBINACIÓN DE MEZCLAS DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS PERTENECIENTES A LA CANTERA URUZCA PARA DIFERENTES RESISTENCIAS DE HORMIGÓN. Revista Científica "INGENIAR", 23-38.
- EUCLIP GROUP EUCOMEX. (s.f.). eucomex.com. Obtenido de Aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante: <http://12.156.76.244/media/1106/eucon-37.pdf>
- Harmsen, T. (2002). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Obtenido de wordpress: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenode-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>
- Hernández, E. H. O., & Sánchez, L. K. M. (2018). COMPARATIVO DE RESISTENCIAS DE UN HORMIGÓN CONVENCIONAL CON EL EMPLEO DE FIBRAS METÁLICAS Y SINTÉTICAS. Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Hernández, E. H. O., Moncayo, E. H. O., Sánchez, L. K. M., & Calderero, R. P. (2017). Behavior of clayey soil existing in the Portoviejo canton and its neutralization characteristics (Vol. 2454). Journal of College and University.
- Irías Pineda, A. S. (2013). Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Jaramillo, J. S. (2018). Evaluación de la utilización de las fibras de Guadua como refuerzo del concreto para minimizar el proceso de fisuración. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.
- Mármol Salazar, P. C. (2010). upm. Obtenido de https://oa.upm.es/4510/1/TEESIS_MASTER_PATRICIA_CRISTINA_MARMOL_SALAZAR.pdf
- MOP-001-F-2002, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). obraspublicas.gob.ec. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- NTE INEN 856:2010. (2010). normalizacion.gob.ec.

- Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/856-1.pdf>
- NTE INEN 860:2011. (2011). normalizacion.gob.ec. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización.:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/860.pdf>
- NTE INEN 863:2011. (2011). normalizacion.gob.ec. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización.:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/863.pdf>
- NTN INEN 696:2011. (2011). normalizacion.gob.ec. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- NTN INEN 858:2010. (2010). normalizacion.gob.ec. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>
- Renán, O. C. (2013). LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS DE TRES CANTERAS DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGON EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES. [Tesis de ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Sika FiberXorex. (2018). capcmas.com. Obtenido de <https://capcmas.com.mx/wp-content/uploads/2018/05/fibra-acero-refuerzo-de-concreto-sikafiber-xorex.pdf>
- Tepescon. (s.f.). tepescon.com. Obtenido de EPS FIBRATEX: <https://www.tespecon.com/product/eps-fibratex/>
- Vélez García, E. I. (2019). Cenizas de Bagazo de Caña de azúcar Para Mejorar Resistencia y Permeabilidad del Hormigón. Universidad Católica de Santiago De Guayaquil [Tesis de Ingeniería Civil], Guayaquil.