

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mezclas de concreto hidráulico, utilizando melaza de caña de azúcar como aditivo retardante

Evaluation of the physical and mechanical properties of hydraulic concrete mixtures, using sugarcane molasses as a retarding additive

Karen Magaly Ruíz González¹

karen.ruiz@imp.com.ni

 <https://orcid.org/0009-0009-6988-6843>

IMP

Eddisson Francisco Hernández²

eddisson.hernandez@uam.edu.ni

 <https://orcid.org/0000-0002-9602-5805>

Universidad Americana, UAM

Datos del artículo:

Recibido: 22/09/2025

Aceptado: 23/10/2025

Palabras clave:

Melaza de caña de azúcar, aditivos, tiempos de fraguado, concreto hidráulico, resistencia a la compresión

Keywords:

Sugar cane molasses, additives, setting times, hydraulic concrete, compressive strength

Resumen

El presente trabajo presenta los resultados de la evaluación del efecto de la melaza de caña de azúcar a diferentes concentraciones, como aditivo alternativo y sostenible, en mezclas de concreto hidráulico. Se determinó el tiempo de fraguado en pastas de cemento y la resistencia a la compresión del concreto, a diferentes edades de prueba. Los resultados muestran que la concentración de melaza de caña de azúcar en las mezclas, afecta los tiempos de fraguado y la resistencia mecánica.

Abstract

This paper presents the results of an evaluation of the effect of sugarcane molasses at different concentrations, as an alternative and sustainable additive, in hydraulic concrete mixtures. The setting time in cement pastes and the compressive strength of the concrete were determined at different test ages. The results show that the concentration of sugarcane molasses in the mixtures affects the setting times and compressive strength.



1. Introducción

Los aditivos son uno de los ingredientes que permiten modificar el concreto, mejorando y modificando sus propiedades (Kosmatka et al., 2004). Están fabricados para mejorar la trabajabilidad en el concreto, acelerar o retardar los tiempos de fraguado, alcanzar una mayor resistencia y durabilidad en estructuras expuestas a condiciones de exposición severas, etc. (Hernández, 2018). Los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla de concreto, pero son importantes debido a que su uso se extiende cada vez más por la aportación que hacen a la economía de la mezcla. Es común que entre el 70 % y el 80 % de los concretos elaborados contengan una o más adiciones, debido a las necesidades de modificar las características del concreto de tal forma que estas se adapten a las condiciones de la obra (Hernández, 2018).

Los aditivos para concreto hidráulico, por lo general, son productos agregados en pequeñas cantidades debido a su

composición química y a la sensibilidad que pueden tener en el concreto, antes o durante el proceso de mezclado (Taylor et al., 2006).

El tiempo de fraguado en las mezclas base cemento, es el tiempo que le toma a la mezcla endurecerse debido a la hidratación del cemento cuando está en contacto con el agua.

Entre los productos químicos orgánicos, el azúcar es un retardante moderado. Una teoría sugiere que cuando la mezcla de concreto contiene azúcar, sus moléculas se adhieren al cemento hidratante e inhiben las reacciones químicas implicadas en el endurecimiento del material. Otra teoría, denominada “teoría de la precipitación”, sugiere que la adición de azúcar aumenta la concentración de calcio, aluminio y hierro en el concreto. Las moléculas de azúcar se combinan con estos metales para formar complejos químicos insolubles que recubren los granos de cemento. La hidratación ralentiza el proceso y el concreto tarda más en fraguar (Otunyo et al., 2015). Resulta

evidente que el uso del azúcar y sus derivados son una alternativa viable para mejorar las propiedades del concreto. Kassa (2019) afirma que el uso de melaza como retardante se remonta históricamente a principios de la década de 1990 en la construcción del canal Inglaterra-Francia para prevenir el fraguado del concreto residual. Se preparó concreto de alto rendimiento con melaza en diferentes dosis y se observó que la adición de melaza provoca un aumento considerable del tiempo de fraguado. Redujo, además, la tasa de desarrollo de la resistencia en etapas tempranas, pero mejoró la resistencia a la compresión en etapas posteriores.

Durante el estudio, se evidenció que la adición de melaza a la pasta de cemento puede retrasar el tiempo de fraguado de la pasta de cemento entre un mínimo de 380 min y un máximo de 990 min y, al mismo tiempo, aumenta la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días en un rango de 4.5 % a 16.52 %.

La búsqueda de alternativas sostenibles y económicas a los aditivos químicos

tradicionales en la producción de concreto ha llevado a explorar el uso de materiales orgánicos locales, como es la presencia de melaza de caña de azúcar en el concreto, lo cual ha sido objeto de diversas investigaciones que destacan su efecto en las propiedades de los materiales (tiempo de fraguado, manejabilidad, resistencia a la compresión y reducción de agua). Esta opción no solo puede reducir costos, sino también disminuir el impacto ambiental asociado a la construcción. En el laboratorio de ensayo y proyecto de materiales de construcción de la base de Rota, observaron que al añadir azúcar al concreto y exponer un método de análisis de materia orgánica en concretos fraguados, obtuvieron resultados de una mejora de resistencia a los 28 días respecto a la mezcla patrón, además, una reducción en la demanda de agua y un aumento de docilidad (Ruiz, 1965).

El informe técnico de materiales cementantes avanzados de Myrdal (2007), hace una descripción general de los aditivos y su modo de acción durante la hidratación del cemento.

Los aditivos retardantes están constituidos por compuestos orgánicos solubles en agua, como el azúcar, que posee la capacidad de retardar la hidratación debido a su contenido de sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), denominada también sucrosa. La sucrosa es un disacárido compuesto por dos monosacáridos, fructosa ($C_6H_{12}O_6$) y glucosa ($C_6H_{12}O_6$), que, al estar en una solución básica, forman aldehído y cetona, logrando que el azúcar actúe como un agente retardante y reductor de agua muy eficaz.

Serte (2019), en su estudio, determinó el impacto que tiene la melaza de caña de azúcar como aditivo retardante y reductor de agua. Los resultados muestran mejores resistencias a flexión y compresión con una dosis óptima de 0.3 % en peso de cemento de melaza de caña de azúcar, que garantiza un buen aprovechamiento de los residuos de la industria azucarera (hace hincapié a desarrollar un sistema de gestión de desperdicio); minimizando tanto los impactos negativos en el medio ambiente, como la economía en las obras civiles. Mejora, además, el rendimiento del concreto

y reduce los costos de producción, mediante el uso de material disponible localmente.

Con base en lo anterior, se plantea el objetivo de este trabajo, que es evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico, incorporando melaza de caña de azúcar como aditivo retardante. Con el propósito de valorar su impacto en aspectos como la trabajabilidad, el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión, además de determinar su viabilidad para aplicaciones en estructuras.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

Agua y cemento

El agua que se utilizó, es potable y no presentó ningún tipo de material contaminante. El cemento Portland usado es tipo GU (cemento de uso general), disponible comercialmente. Este cumple con la clasificación tipo I, según ASTM C 150 (ASTM, 2000). La marca comercial utilizada es HOLCIM.

Agregado

Se usaron dos fracciones de agregados triturados (fina y gruesa). Ambas procedentes del banco PROINCO. La arena es de tamaño máximo nominal (TMN) de 2.36 mm, con módulo de finura de 2.5, y la grava de TMN de 12.5 mm. Estas cumplen con los criterios del ACI 318. Debido a su origen geológico, estos materiales poseen minerales de alta dureza y son resistentes al intemperismo. La calidad de los agregados minerales se determinó a través de una caracterización en el laboratorio. En la Tabla 1 se presentan resultados de propiedades de los agregados.

Tabla 1.

Resultados de las propiedades de los agregados evaluados

Propiedad	Arena	Grava
Peso volumétrico seco suelto, kg/m ³	1844	1523
Peso volumétrico seco compacto, kg/m ³	2043	1610
Densidad relativa bruta, Gsb	2.882	2.742
Densidad relativa SSS, Gssd	2.972	2.890
Absorción, %	1.10	1.90

Aditivos

Para garantizar la trabajabilidad de la mezcla se incluyó RB 910, el cual proporciona una reducción del fraguado inicial, lo que permite la posibilidad de manipular la mezcla sin riesgo de endurecimiento prematuro. Para cumplir con la relación a/c, se incorporó el aditivo Megaflo. Este funciona como reductor de agua de alto alcance (reducción de aproximadamente 30 %) y cumple con lo indicado en la norma ASTM C-494 (ASTM, 2000).

Melaza de caña de azúcar

La melaza es el residuo de cristalización final del azúcar, del que no se puede obtener más azúcar por métodos físicos. Es un líquido denso, viscoso, de color oscuro y dulce que se obtiene al evaporar el jugo de caña de azúcar hasta que se separa el azúcar y queda un residuo semi-cristalizado (CONADESUCA, 2016). El diseño de la mezcla de concreto hidráulico de Control, se ha estructurado para cumplir con los requisitos específicos que se muestran en la Tabla 2. Está constituida por dos

fracciones de agregados (con aportación de 45 % arena y 55 % grava), cemento Portland GU (ordinario), dos aditivos (retardante de fraguado inicial y reductor de agua de alto alcance) y agua potable.

Tabla 2.

Especificaciones técnicas de la mezcla de concreto hidráulico

Requerimientos técnicos	Especificación
Tipo de concreto	Concreto estructural
Resistencias a la compresión simple	352 kg/cm ²
Relación agua/cemento [a/c]	0.43 máximo
Revenimiento	178 (±25) mm
Temperatura de la mezcla	32 °C máximo

2.2 Método

Se implementó un enfoque experimental para estudiar la idoneidad de la melaza como aditivo retardante para concreto. El estudio se estructuró en tres fases principales, cada una orientada a evaluar y optimizar distintos aspectos:

1) Se analizaron las propiedades físicas y graduaciones de la arena y grava utilizadas, con el objetivo de diseñar una mezcla de control que garantice una adecuada consistencia, trabajabilidad y resistencia del concreto.

2) Basándose en referencias bibliográficas, se establecieron diferentes proporciones de melaza de caña de azúcar como aditivo retardante de fraguado. Se realizaron ensayos para observar cómo estas variaciones afectan el tiempo de fraguado de las pastas de cemento.

3) Se dosificó cuidadosamente el contenido de azúcar en el agua de mezclado, con ayuda de un refractómetro (grados brix), que funciona para medir la cantidad de sólidos de azúcar en la solución a utilizar. Se emplearon soluciones con concentraciones de 0.25 %, 0.50 % y 1.0 %, para posteriormente evaluar su impacto en las propiedades fresca y endurecida del concreto.

En la Tabla 3 se presenta el proporcionamiento de la mezcla de control y de las que contenían diferentes concentraciones de azúcar.

Es importante destacar, que, para las réplicas de las mezclas de concreto con diferentes contenidos de azúcar, se sustituyó el aditivo retardante comercial (denominado Aditivo 1) por melaza de caña de azúcar, aplicada en tres concentraciones relativas al peso del agua (0.60 %, 1.20 %, 2.39 %) y equivalentes a (0.29 %, 0.58 %, 1.16 %), respecto al peso del cemento en la mezcla.

Debido a lo denso que es la melaza, se optó por disolverla en el agua a utilizar y no incorporarse directamente en el proceso de mezclado, como se realiza normalmente con los aditivos. Es importante aclarar que se mantuvo constante las demás proporciones de los componentes de la mezcla.

Tabla 3.
 Proporcionamiento de las mezclas de concreto hidráulico

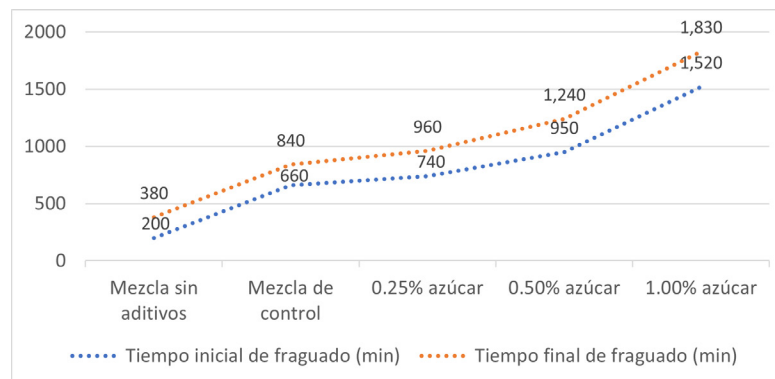
Componente	Volumen [m ³]	Masa seca [kg]	Masa SSD [kg]	Volumen suelto [m ³]
Aire	0.020	0.0	0.0	---
Agua	0.201	228.2	201.0	---
Cemento	0.148	467.4	467.4	0.463
Arena	0.276	796.1	804.5	0.432
Grava	0.355	973.0	991.2	0.639
Aditivo 1 (Retardante)	Litros/m ³	1.40	---	---
Aditivo 2 (Reductor de agua)	Litros/m ³	3.73	---	---
0.25 % C. de azúcar	Litros/m ³	1.353	---	---
0.50 % C. de azúcar	Litros/m ³	2.706	---	---
1.0 % C. de azúcar	Litros/m ³	5.466	---	---

3. Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta el tiempo de fraguado inicial y final de pastas de cemento con diferentes concentraciones de melaza. El mayor incremento en el tiempo de fraguado con respecto a la mezcla de control se registró para el rango de melaza de 1.0 %. Mientras que el menor cambio se registró para la dosis de melaza al 0.25 %, mostrando un comportamiento similar al de la mezcla de control. Con base en los resultados anteriores, se puede determinar que, en dosis mayores de melaza en pastas de cemento, se presentará un comportamiento de mayor retraso en los tiempos de fraguado.

Figura 1.

Tiempo de fraguado de la pasta de cemento con relación a/c = 0.43

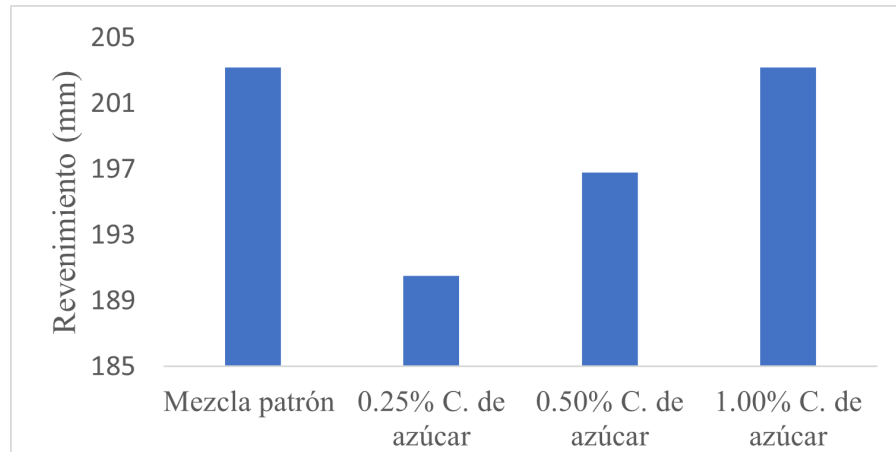


Según los resultados experimentales, a medida que aumenta el porcentaje de melaza, también aumentaba el revenimiento (Figura 2). La adición de melaza al concreto influye considerablemente en la trabajabilidad y manejabilidad. Esto, debido al mecanismo retardante de la melaza que es similar al de los aditivos retardadores comunes, que provocan la adsorción del aditivo, formando

una capa impermeable sobre las partículas de cemento. Esto, impide que las moléculas de agua penetren en la superficie de los granos de cemento anhidra, dando como resultado una lenta hidratación del cemento que afecta el desarrollo de la resistencia mecánica (Kassa, 2019). La mezcla de concreto, por lo tanto, se mantiene plástica durante cierto tiempo.

Figura 2.

Revenimiento de mezclas de concreto



Por otro lado, la incorporación de azúcar puede introducir pequeñas cantidades de aire en la mezcla, lo que potencialmente disminuye ligeramente la densidad. Sin embargo, en las mezclas realizadas, este efecto fue mínimo.

Con base en los resultados, se evidencia que la melaza puede ralentizar la reacción de hidratación del cemento. En otras palabras, actúa como un inhibidor de la reacción química, que influye directamente en el desarrollo de la resistencia mecánica (Jaramillo et al., 2022). Por esta razón, en la Figura 3 se observa un menor desarrollo de la resistencia mecánica durante los primeros

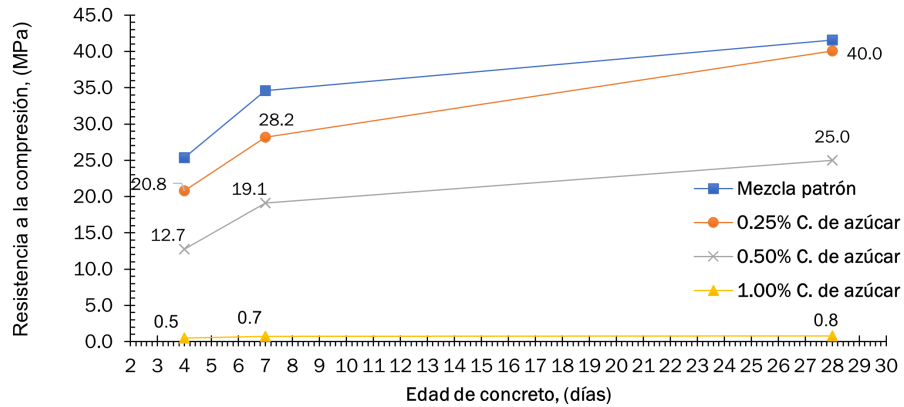
7 días con relación a la mezcla de control.

El efecto negativo sobre la hidratación observado con mayores dosis de melaza de caña de azúcar (1.0 %) coincide con lo indicado en otras investigaciones.

A los 28 días, se observa que la mezcla con un 0.25 % de azúcar alcanzó una resistencia a la compresión de 40 MPa, similar a la de la mezcla de control.

Figura 3.

Desarrollo de la resistencia a compresión de los distintos concretos en función del tiempo



4. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que:

El tiempo de fraguado es mayor en las mezclas que contenían melaza de caña de azúcar, como consecuencia de la sustitución parcial del agua de mezcla.

Este comportamiento corrobora el efecto retardante del aditivo en el concreto, que representa una ventaja en condiciones de trabajo de altas temperaturas.

El uso de azúcar como aditivo en el concreto, debe limitarse a dosis bajas, preferiblemente por debajo del 0.5 % de concentración de azúcar, para evitar efectos adversos en la resistencia y durabilidad del material.

Los ensayos de laboratorio demuestran que dosificaciones elevadas como 1 %, 3 % y 6 % de contenido de azúcar, afectan negativamente la resistencia a la compresión del concreto, mostrando una notable fragilidad y vulnerabilidad estructural, sin alcanzar las resistencias mínimas requeridas.

5. Recomendaciones

Se requiere realizar investigaciones que permitan explicar la naturaleza de los productos de hidratación y el mecanismo de interacción entre el cemento y la melaza, que afectan la resistencia a la compresión.

6. Agradecimiento

Karen Ruíz agradece al Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Pavimentos, S. A. por su apoyo y valiosas aportaciones que enriquecieron significativamente esta investigación.

7. Referencias

- ASTM International. (2000). *Annual book of ASTM standards: Section four, construction; Volume 04.2 construction, concrete and aggregates*. ASTM International.
- Carballo Andrea, P. P. (2021). Influencia de la melaza de caña de azúcar en la resistencia, durabilidad, manejabilidad y tiempo de fraguado, como aditivo en una mezcla de concreto hidráulico, según el tipo y tamaño de agregado grueso empleado. *Pharmacognosy Magazine*, 17(75), 399–405.
- CONADESUCA. (2016). Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (2016). *Melazas de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado* (pp. 1–9). SAGARPA. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf
- Hernández, E. (2018). Uso de aditivos naturales en materiales de construcción - una revisión. *Revista Arquitectura +*, 3(6), 63–68. <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v3i6.9213>
- Jaramillo, H. Y., Andrey, C., Ovallos, M., Gallardo, R. J., Francisco, U., & Santander, D. P. (2022). *Variación de la consistencia del concreto mediante la adición de melaza de caña* (pp. 1–11). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia.

- Kassa, Y. (2019). Application of cane molasses as concrete retarder admixture. *SN Applied Sciences*, 1(12), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1608-8>
- Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto* (1.ª ed., 449 pp.). Portland Cement Association.
- Myrdal, R. (2007). *Retarding admixtures for concrete: State of the art (COIN P1 Advanced cementing materials SP 1.2 F)*. SINTEF Building and Infrastructure; COIN – Concrete Innovation Centre.
- Otunyo, A., Onwusiri, S., & Nwaiwu, N. (2015). Effect of sugar cane juice on slump values, setting times and strength of concrete. *Nigerian Journal of Technology*, 34(2), 254–261. <https://doi.org/10.4314/njt.v34i2.6>
- Rodríguez-Gómez, M. (2024). El azúcar en mezclas de cemento, ¿aditivo retardante o acelerante? *JEEOS*, 8. <https://doi.org/10.19136/Jeeos.a8n3.6354>
- Ruíz, A. L. (1965). Nuevas aportaciones sobre el efecto de la adición de pequeñas cantidades de sacarosa al agua de amasado de hormigones de cemento portland. *Revista de Obras Públicas*, 1, 1–10.
- Serte, A. T. (2019). *Impact of sugarcane molasses in concrete as time retarding and water reducing admixture* (Tesis de maestría, pp. 1–119).
- Taylor, P. C., Kosmatka, S. H., & Van Dam, T. J. (2006). *Integrated materials and construction practices for concrete pavement: A state-of-the-practice manual* (Issue 2). Center for Transportation Research and Education, Iowa State University.