

SISTEMA EIFS EN MUROS DE BLOCK Y MORTEROS ELABORADOS CON PET PULVERIZADO

Elves Cabrera Contreras¹, Claudia Beatriz Rodríguez Poot²,
Jesús Armando Gómez Pinzón³, José Ramón Ortiz Gómez⁴

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Recibido: 23/09/2019 Aceptado: 18/10/2019 Publicado: 03/12/2019

Resumen. - El presente trabajo se encuentra actualmente en desarrollo, por lo que a continuación se documenta las intenciones y actividades de investigación: El desarrollo de un muro de sistema tradicional aplicado a edificaciones de la ciudad de Chetumal que propician el diseño de espacios energéticamente eficiente mediante materiales de construcción que ayudan al medio ambiente utilizando PET pulverizado como parte de las mezclas de mortero y bloques, cumpliendo con estándares técnicos de resistencia a la compresión simple y adherencia entre los bloques y mortero, complementando con estándares de calidad ante abrasiones del medio ambiente y finalmente la evaluación física del sistema de muro mediante el ensayo de compresión diagonal de muretes para el módulo de cortante y compresión de pilas para módulo de elasticidad de mampostería.

Palabras clave: PET, mortero estructural, block estructural, sistema EIFS, muro exterior.

EIFS IN BLOCK AND MORTAR ELABORATED WITH POWDERY PET

Abstract. - The present project is actually on development, so below the research intentions and activities are documented: The development of a traditional system wall applied to the buildings of Chetumal city that favor the design of energy efficient spaces through construction materials that help the environment using powdered PET as part of the mortar and block mixtures, fulfilling technical standards as compressive strength and adherence between blocks and mortar mixtures, complementing with quality standards for environmental abrasions and finally the evaluation of the wall system by means of the diagonal compression test of walls for the shear module and compression of batteries for the masonry elasticity module.

Keywords: PET, structural mortar, structural block, EIFS, outer wall.

Introducción

Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) es un aislante, un sistema de acabado decorativo y protector para muros de exterior que puede ser instalado en cualquier tipo de construcciones. Se aplica solamente en el muro exterior que aísla y provee protección al clima en una selección de formas, colores y texturas que pueden replicar en su mayoría cualquier estilo arquitectónico o material de acabado, o ser aplicado por sí mismo como un acabado arquitectónico (Pencille, 2009).

Sistema EIFS

Un EIFS da como resultado una solución constructiva con un aislamiento térmico como un sistema integral de fachadas, deben estar concebidos y ensayados de forma conjunta para el uso que se le va a dar en el sistema. Una solución de fachadas tipo EIFS es apta para cualquier construcción o rehabilitación. El aislamiento es el motor del ahorro energético en una edificación, que debe estar ligado al uso de materiales (Figura 1) de bajo impacto ambiental y que aporten los máximos beneficios posibles (Beatriz, 2016).

¹ Elves Cabrera Contreras. Estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil. Tecnológico Nacional de México/ I.T.Chetumal. elvescabrera@gmail.com
(Autor correspondiente)

² Claudia Beatriz Rodríguez Poot. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

³ Jesús Armando Gómez Pinzón. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

⁴ José Ramón Ortiz Gómez. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

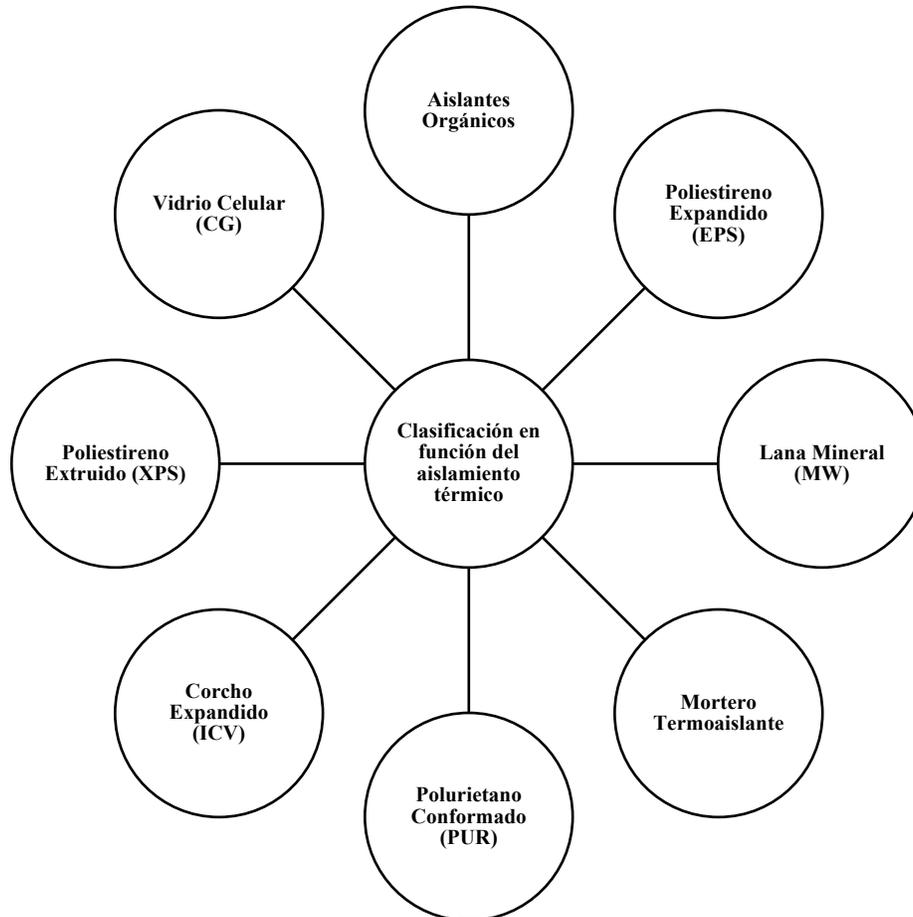


Figura 1. Clasificación en función del aislamiento térmico en un sistema EIFS (Fuente: Elaboración propia)

Los materiales utilizados son un factor importante en el diseño de fachadas ya que proporcionan características físicas de color y textura que son agradables a la vista, también, los materiales ofrecen cierta resistencia térmica a la edificación, por lo cual, es importante conocer los materiales a emplear como recubrimientos en fachadas.

Como sistema indirecto (o sistema pasivo) la arquitectura bioclimática sustenta el diseño de edificaciones tomando como factores de diseño el clima, para poder reducir el uso energético en la aclimatación del interior de las construcciones.

La arquitectura bioclimática en regiones cálidas implica el diseño de elementos arquitectónicos como el diseño del edificio, su orientación; el número, tamaño, locación y detalles de ventanas; los elementos de sombra que la rodean, y la resistencia térmica y la capacidad calorífica de la envolvente (Baruch, 1994).

El clima como variable de diseño

El clima es uno de los factores más importantes en el diseño. De las condiciones atmosféricas de un lugar depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas, de color oscuro o claro, con grandes vanos o pequeñas ventanas, etcétera, donde la edificación será un elemento protector y regulador que rechace o transforme la acción de los elementos ambientales naturales del lugar. (Rodríguez Viqueira, 2006)

La poca importancia que se le da al recubrimiento en exteriores hace que las viviendas no presenten un confort higrotérmico mínimo necesario para el desarrollo de las actividades humanas. Esta falta de atención no solamente es de la parte funcional, sino que también, de la parte estética. Los muros exteriores son los que presentan mayores abrasiones por parte del medio ambiente, soportando las lluvias, olas de calor, ráfagas de aire y organismos vivos que se adhieren a los muros.

Las variables de temperatura del aire y humedad relativa, mejor definidas como variables higrotérmico, tienen una influencia significativa en la percepción térmica del usuario en espacios interiores; así como en la repercusión de otros aspectos como son el consumo de energía eléctrica elevado, la salud, entre otros. (Morales Méndez, 2018)

Descripción de propuesta constructiva

Se plantea un muro de block de 15x20x40 cm, hueco y con sustitución del 5% de material pétreo (polvo de piedra triturado) por pulverizado de Tereftalato de Polietileno (PET). Como revestimiento térmico lo incorpora una capa, por ambos lados del muro, de mortero estructural de espesor de 2 cm con sustitución de 10% de material pétreo por PET, el cual también servirá para el mamposteado de los bloques. Adicionalmente se completa un acabado final con una capa de pintura o pasta texturizada o lisa de color incorporado.

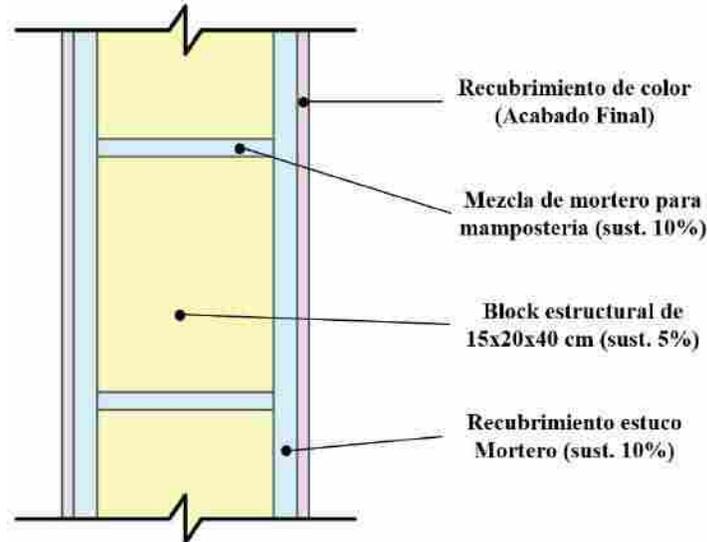


Figura 2. Propuesta constructiva (Fuente: Elaboración propia)

Materiales y métodos

Para el siguiente proyecto se plantea realizar las pruebas señaladas en la tabla 1 para los bloques, morteros y el sistema en conjunto de muro.

Tabla 1. Normativa de ensayos a realizar

ENSAYO	BLOCK	MORTERO
Caracterización del material	Obtención de la curva granulométrica, peso volumétrico saturado, peso volumétrico compacto, peso volumétrico saturado superficialmente seco y absorción de agua	
Diseño de mezcla	1:5	Diseño de mezcla de mortero simple
Resistencia a la compresión	NMX-C-036-ONNCCE-2013	NMX-C-061-ONNCCE-2015
Adherencia	NMX-C-082-ONNCCE-2013	
Intemperismo acelerado	Con relación al comportamiento horario del clima local enfocado al índice de radiación UV, temperatura y humedad	
Absorción de agua	NMX-C-037-ONNCCE-2013	NMX-C-228-ONNCCE-2013
Resistencia térmica	NMX-C-189-ONNCCE-2010	
Compresión diagonal en muretes y compresión en pilas de mampostería	NMX-C-464-ONNCCE-2013	

Todo parte de un material a utilizar. Se empleará para ambos el mismo material pétreo para la elaboración de las muestras denominadas mortero testigo (MT), mortero con sustitución PET de 10% (MP), block testigo (BT) y block con sustitución PET de 5% (BP).

El material a emplear para los testigos es de CPR 30 R, polvo de piedra y agua; y para los elementos con sustitución serán de PET pulverizado.

Caracterización del material

La caracterización del material consta con determinar la granulometría del polvo de piedra a través de tamices ASTM de No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 y No. 200, donde los tamices retienen las partículas más grandes y dejan pasar por las aberturas las más pequeñas.

El peso volumétrico suelto (PVS) consta en llenar un recipiente de volumen conocido sin compactar o mover el recipiente para que el material no se compacte para que al final en una báscula se conozca el peso total y el peso del recipiente, siendo: $PVS = (Peso\ total - Peso\ recipiente) / Volumen\ conocido$. El peso volumétrico compacto (PVC) presenta la misma fórmula, la diferencia consta en el momento de llenado del recipiente, en este se llena a capas a cada tercio del recipiente y con una varilla de punta de bala se compacta sumergiendo la varilla 25 veces cada capa y finalmente se enraza la superficie.

El peso volumétrico saturado superficialmente seco (PVSSS) es necesario la saturación del material por un lapso de 24 horas, pasado ese tiempo se necesita eliminar el agua sobrante y la humedad superficial del material, dejando el material en condición saturada superficialmente seca. En ese momento se pesa una cantidad de 500 g y con una probeta de 250 ml se llena hasta 150 ml. Mediante el principio de Arquímedes, el volumen del material desplaza el agua dentro de la probeta, donde: $PVSSS = Peso\ del\ material / Volumen\ desplazado$

Parte del material saturado y sin humedad superficial, se pesa 500 g y se mete en un horno a 100 °C por 24 horas. La absorción es igual a la pérdida de peso porcentual de la muestra secada al horno.

Diseño de mezcla

Para los BT y BP se presenta la dosificación de 1:5 con un 9% de contenido de agua. Para MT y MP se diseñó la mezcla de mortero por medio de un volumen de lechada y una relación agua-cemento de 0.60 con una fluidez normada en $110 \pm 5\%$.

Resistencia a la compresión

Las muestras MT y MP se elaboraron cubos de 5cm por lado y BT y BP .Con periodo de ensayo de 7 días, 14 días y 28 días y mediante las normas NMX-C-036 para determinar la resistencia a la compresión de bloques y la NMX-C-061 para la determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.

Adherencia

La adherencia es un punto importante en el comportamiento de un muro ya que es la forma en que el mortero mantiene adheridos los bloques en el muro mediante la norma NMX-C-082 la determinación de la adherencia por esfuerzo cortante entre el mortero y las piezas de mampostería se elaboran piezas de block adherido con mortero (M-BT) y block PET adherido con mortero PET (M-BP).

Intemperismo acelerado

El intemperismo se encuentra relacionado directamente con el medio ambiente, por el cual, el análisis de la Figura 3 describe el índice promedio de radiación UV horario de la ciudad de Chetumal, a su vez cuenta con una temperatura promedio de 29 °C y una humedad promedio del 81%. Estos datos se programan en la cámara de intemperismo acelerado a cubos de 5 cm BT, BP, MT y MP para ver el deterioro al medio ambiente de las mezclas. (AccuWeather Inc., 2019)

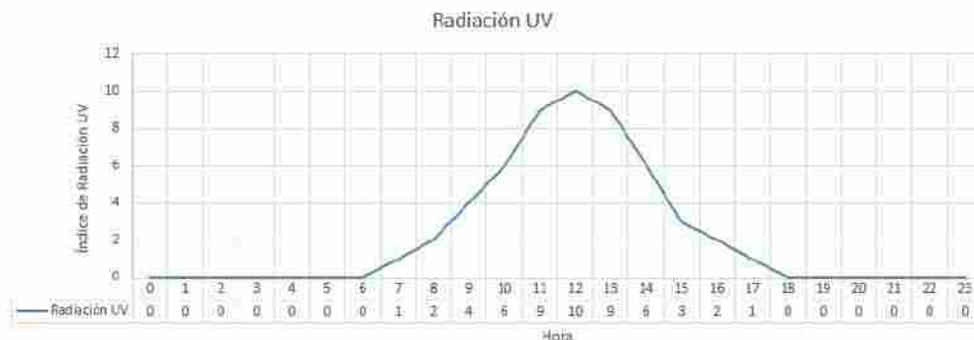


Figura 3. Comportamiento horario de la radiación UV (AccuWeather Inc., 2019)

Absorción

Como estándar de calidad se debe revisar la absorción total y la absorción inicial de agua a los BT y BP con base a la norma NMX-C-037. Como el mortero se empleará como material termoaislante, los MT y MP se ensayan solamente la absorción de agua con la NMX-C. 228.

Resistencia térmica

La resistencia térmica se desarrollará de manera experimental aplacas de BT, BP, MT y MP de 15x15x2.5 cm expuestos a una fuente de calor (foco incandescente) por una cara en un periodo de tiempo de 1 hora y con un termómetro laser se mide la temperatura de la cara interior expuesta y la exterior no expuesta. Con esos datos se llega a registrar la conductividad térmica, la transmisión térmica y la resistencia térmica de cada uno de los materiales.

Compresión diagonal de muretes y compresión en pilas de mampostería

Ya que se pretende utilizar para uso estructural el sistema de muro se requiere ensayar a compresión diagonal, donde se elaborarán muretes de 60x60 cm (3 filas de block y medio) con denominación M-BT y M-BP. Los bloques huecos a utilizar son de dimensiones de 15x20x40 cm mamposteados con mortero que se ensayarán para conocer el módulo de cortante. En el caso de compresión en pilas de 60x40 (3 filas de un block) para el módulo de elasticidad de la mampostería.

Resultados

En el proceso de caracterización del material, en la Figura 4 se muestra el comportamiento granulométrico del agregado fino, el cual, presenta una concentración de finos que superan los límites máximos, y del PET pulverizado con comportamiento aceptable dentro de los límites.

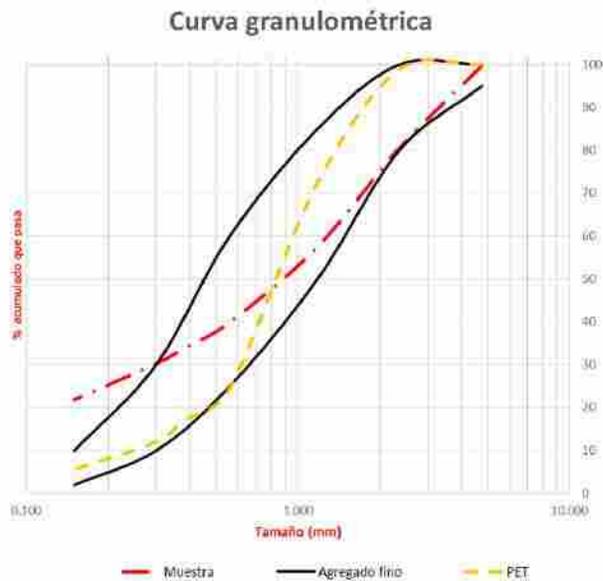


Figura 4. Curva granulométrica (Fuente: Elaboración propia)

El desarrollo de las características físicas del material es utilizado en el cálculo del diseño de mezclas de morteros y bloques.

Tabla 2. Características físicas del material pétreo

Características físicas	
Humedad	1.75 %
Masa Volumétrica Suelta	1303.67 kg/m ³
Masa Volumétrica Compacta	1535.14 kg/m ³
Absorción	5.26 %
Masa Específica Saturada y Superficialmente Seca	2.67 g/cm ³

Mediante pruebas pasadas desarrolladas por Peraza Mcliberty (2015) se tiene registro de que, como muestra la Tabla 3, el tipo de sustitución de mejor comportamiento a resistencia a compresión es del 10% con PET pulverizado, presentando una mayor resistencia a la compresión que bloques sin sustitución.

Tabla 3. Comportamiento mecánico de los bloques

ENSAYO	BT	BP5%	BP10%	BP15%
Resistencia a la compresión a 28 días kg/cm^2	40.00	50.00	51.00	43.66
Absorción de agua %	15.61	14.57	11.32	12.51

Los morteros desarrollados por Gonzales (2014) se muestra en la tabla 4, la utilización de PET en las mezclas de mortero disminuyen la resistencia a la compresión y la adherencia entre el mortero y los elementos constructivos, siendo así el mortero MP10% el de mejor comportamiento mecánico entre las muestras MP.

Tabla 4. Comportamiento mecánico de los morteros

ENSAYO	MT	MP10%	MP15%	MP30%
Resistencia a la compresión a 28 días kg/cm^2	144.94	131.87	121.18	89.10
Resistencia a la adherencia por esfuerzo cortante kg/cm^2	9.99	8.39	6.79	3.06

Seleccionado la sustitución de PET eficiente documentada anteriormente, se determinó el diseño de mezcla óptimo para la réplica de los elementos denominado BT, BP, MT y MP. Demostrado en la figura 5, la dosificación utilizada en $1m^3$ de mortero, calculado a partir de las características físicas del polvo de piedra, con un diseño inicial de $R^A/c = 0.5$, llegando a una fluidez de MT 116.30% y MP 113.5%.

Tabla 5. Dosificación y ajuste de agua de morteros MT y MP

M ³ de mortero	MT			MP10%		
	Dosificación	Ajuste HA	Ajuste Fluidez	Dosificación	Ajuste HA	Ajuste Fluidez
Cemento kg	598.50			598.50		
Polvo kg	1303.02			1172.72		
Agua kg	297.00	45.74	14.85	297.00	41.17	103.95
PET kg				130.30		
R^A/c	0.52			0.66		

Discusión

Con el desarrollo de las pruebas se pretende demostrar si es efectivo, o en su defecto que no lo es, el sistema de muro y mortero con sustitución parcial de PET pulverizado para ser utilizado en muros de exterior y generar una mayor eficiencia energética de las edificaciones.

Se pretende desarrollar una mejora de calidad en el desarrollo de las muestras, dado que, se cuenta con equipo mecánico para la realización de la mezcla de mortero generando así una mejor homogenización de los materiales. A su vez, se elaboran los bloques con una máquina para hacer bloques semi automática, garantizando una mejor compactación y elaboración en masa de muestras.

En el transcurso de la realización del proyecto se obtienen los valores y registros necesarios para la generación de matrices de resultados de cada sistema de muro M-BT y M-BP para poder realizar un aval de la estimación y desempeño del mortero, block y sistema mortero-block.

Bibliografía

- AccuWeather Inc. (3 de Abril de 2019). *AccuWeather*. Obtenido de <https://www.accuweather.com/es/mx/chetumal/235048/hourly-weather-forecast/235048>
- Baruch, G. (1994). *Passive and low energy cooling of buildings*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Beatriz, G. M. (7 de Julio de 2016). FACHADAS EFICIENTES: SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE). Valencia, Madrid. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/71809>
- Gonzales, J. (2014). Determinación de las propiedades fisicomecánicas de un mortero para albañilería con sustitución parcial de agregado pétreo con pet pulverizado. *Tesis de Licenciatura*. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Morales Méndez, D. M. (Junio de 2018). Evaluación del confort higrotérmico en edificio educativo en clima cálido sub-humedo. *Tesis de Maestría*. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Pencille, D. (22 de Octubre de 2009). EIFS Facts. Rochester, Minnesota, EE. UU. Obtenido de <https://www.csstucco.com/pdfs/EIFS%20Facts.pdf>
- Peraza McLiberty, E. F. (Marzo de 2015). Evaluación de la resistencia a compresión y absorción de los bloques con la sustitución parcial de agregado grueso por pet. *Tesis de Licenciatura*. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Rodríguez Viquiera, M. (2006). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México: Editorial Limusa.

Estudio de la durabilidad de un concreto con propiedades de auto-reparación a base de silicato de sodio y alcohol de polivinilo.

Autores: Arq. Mario D. Sánchez Ruíz, MC. Susana M. Hernández Ramos, Dr. Luis F. Jiménez Torrez, Dr. Julio César Cruz Argüello y Dra. Danna L. Trejo Arroyo.

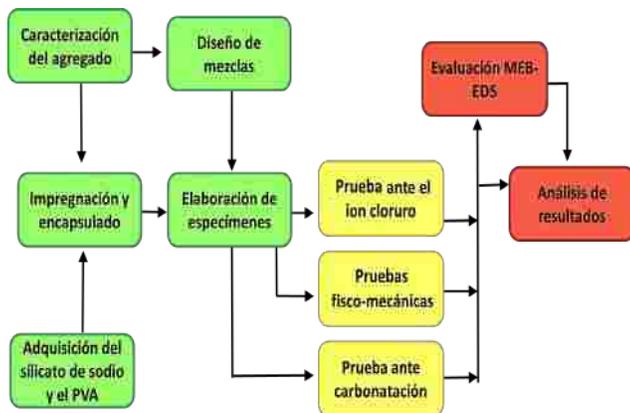
¿Se puede incrementar el tiempo de vida útil de una edificación con el método propuesto?

¿El concreto puede prolongar su **resistencia ante el ataque de ambientes agresivos**?

¿El proceso de auto-reparación en el concreto se sigue desarrollando a lo largo del tiempo?

INTRODUCCIÓN: El concreto es el material más empleado en la industria de la construcción, su uso tiene una fuerte **relevancia económica, ambiental y social**. Lamentablemente el concreto es susceptible a deterioro prematuro ya sea por agrietamientos o por agentes externos propios del medio ambiente. El desarrollo de un **concreto inteligente que sea capaz de auto-reparar sus agrietas y resistir el ataque de ambientes agresivos** incrementará la vida útil de las edificaciones y brindará una **mayor sostenibilidad** en la industria de la construcción. En la presente investigación se empleó un método de impregnación del agregado grueso calizo con silicato de sodio y alcohol polivinilo para promover la auto-reparación del concreto y mejorar su durabilidad.

METODOLOGÍA:

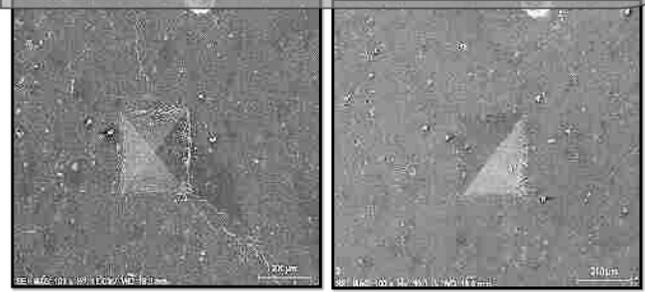


HIPÓTESIS: El concreto con agregado calizo grueso impregnado con silicato de sodio Na_2SiO_3 y alcohol de polivinilo tendrá una mayor durabilidad en comparación con un concreto convencional.

OBJETIVO: Evaluar el desempeño de un concreto con propiedades de auto-reparación ante el deterioro causado por las cargas ambientales, como la carbonatación y penetración ion cloruro.

DESARROLLO:

➤ **Auto-reparación:** Se ha observado la disminución de la longitud y abertura promedio de grietas en las huellas generadas, debido a la formación hidrato de silicato de calcio (gel C-S-H) que permite la recuperación de la fuerza.



Micrografías para el monitoreo del proceso de auto-reparación en concreto experimental, el día del agrietamiento y 90 días después.

➤ **Carbonatación:** Proceso causado por el CO_2 presente en el ambiente, el cual se difunde desde el exterior y ocasiona la reducción de alcalinidad del concreto, mermando la protección que este brinda al acero de refuerzo.



Especímenes de concreto, experimental (arriba) y testigo (abajo). La escala derecha muestra la coloración según el rango de pH.

➤ **iones cloruro:** Penetran desde el exterior cuando las estructuras de concreto se encuentra en ambientes marinos, provocando una disolución que da lugar a ataques puntuales que corroen el acero.

• (Prueba en desarrollo)

RESULTADOS:

EVALUACIÓN	CONCRETO TESTIGO	CONCRETO EXPERIMENTAL	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
Resistencia a la compresión	398.97 kg/cm ²	438.09 kg/cm ²	El concreto experimental adquirió mayor resistencia a la compresión en un 10%.
Porosidad total %	14.6980	11.0964	El concreto experimental resulto con 25% menos porosidad total.
Densidad total	1.9970	1.7768	El concreto experimental logro obtener 11% mayor densidad total.
Absorción %	6.0981	4.7741	El concreto experimental disminuyo el porcentaje de absorción en un 22%.
Carbonatación. En KCO_2	4.29 mm/año ^{0.5}	2.21 mm/año ^{0.5}	El concreto experimental desarrollo 49% mayor resistencia al proceso de carbonatación.

Referencias Bibliográficas:

- R. Alghamri, A. Kanellopoulos, A. Al-Tabbaa, "Impregnation and encapsulation of lightweight aggregates, for self-healing concrete." Elsevier (2016)
- Van Tittelboom, K., & De Belie, N. Self-healing in cementitious materials-a review. Materials. (2013).
- Huang, H., & Ye, G. "Application of sodium silicate solution as self-healing agent in cementitious materials. International", International RILEM (2011)

