

Revista de Ciencias Sociales

Enseñanza en el uso de aditivos químicos en la construcción: Sostenibilidad ambiental y calidad de vida

Milla Vergara, Elio Alejandro*
Alva Villacorta, Oscar Fredy**
Blas Cano, Jaime Walter***
Poma González, Carla Griselle****

Resumen

La enseñanza en el uso de aditivos químicos en la construcción tiene como objetivo promover prácticas que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la durabilidad del hormigón, un material clave en el sector. Este estudio explora cómo la aplicación de aditivos químicos en el concreto afecta su consistencia y resistencia en diversos entornos. A través de un estudio descriptivo-documental con una revisión de la literatura, se examinan los beneficios de aditivos como superplastificantes y retardantes, que optimizan la trabajabilidad del hormigón en condiciones extremas, dando lugar a estructuras más duraderas y resistentes. Los principales hallazgos revelan que estos aditivos ayudan a mantener la consistencia del hormigón, reduciendo la pérdida por asentamiento y el desgaste en condiciones adversas, aumentando así la eficiencia de la construcción y minimizando la generación de residuos. Se concluye que la integración de los temas de sostenibilidad en la educación en ingeniería y la formación corporativa es crucial para implementar prácticas de construcción de bajo impacto ambiental. El uso adecuado de aditivos no solo prolonga la vida útil de la construcción, sino que también mejora significativamente la sostenibilidad, beneficiando tanto a la sociedad como al medio ambiente.

Palabras clave: Hormigón; formación universitaria; ingeniería en construcción; capacitación en construcción sostenible; formación ambiental.

* Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Docente Principal en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (UNASAM), Huaraz, Ancash, Perú. E-mail: emillav@unasam.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-0970>

** Magister en Ciencias e Ingeniería con mención en Dirección de la Construcción. Docente Ordinario en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (UNASAM), Huaraz, Ancash, Perú. E-mail: oalvav@unasam.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4085-7378>

*** Doctor en Ingeniería Civil. Doctor en Ingeniería Ambiental. Docente en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (UNASAM), Huaraz, Ancash, Perú. E-mail: wblase@unasam.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0919-9306>

**** Magister en Recursos Hídricos. Docente en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (UNASAM), Huaraz, Ancash, Perú. E-mail: carla_gpg@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0867-8055>

Teaching the use of chemical additives in construction: Environmental sustainability and quality of life

Abstract

Teaching about the use of chemical admixtures in construction aims to promote practices that reduce the environmental impact and improve the durability of concrete, a key material in the sector. This study explores how the application of chemical admixtures in concrete affects its consistency and strength in various environments. Through a descriptive-documentary study with a literature review, the benefits of admixtures such as superplasticizers and retarders are examined, which optimize concrete's workability under extreme conditions, resulting in more durable and resistant structures. The main findings reveal that these admixtures help maintain concrete consistency, reducing slump loss and wear under adverse conditions, thus increasing construction efficiency and minimizing waste generation. It is concluded that integrating sustainability issues into engineering education and corporate training is crucial for implementing low-environmental-impact construction practices. The proper use of admixtures not only extends the life of buildings but also significantly improves sustainability, benefiting both society and the environment.

Keywords: Concrete; university education; construction engineering; sustainable construction training; environmental training.

Introducción

La ingeniería en construcción es fundamental para impulsar la construcción sostenible (Chavarry et al., 2020). La formación sensibiliza a los futuros ingenieros sobre el impacto ambiental y las oportunidades de mitigación, familiarizándolos con tecnologías y prácticas sostenibles como materiales ecológicos, diseño pasivo para la eficiencia energética, y gestión eficiente de agua y residuos (Avendaño et al., 2021; Álvarez y Zulueta, 2021; Espinoza-Solís et al., 2024).

De esta manera, la enseñanza de construcciones sostenibles también les brinda a los ingenieros las habilidades necesarias para diseñar y planificar proyectos sostenibles orientados a la reducción del consumo de recursos naturales, que minimicen los residuos y la contaminación, además que promuevan la eficiencia energética y el uso responsable del agua, "mediante la gestión de recursos y estrategias, que propendan al logro de metas establecidas en procura del éxito en forma

competitiva y aumento en la productividad" (García et al., 2023, p. 316).

Además, se fomenta la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas que promuevan la sostenibilidad en el sector de la construcción, lo que permite a los ingenieros identificar y aplicar soluciones creativas y eficaces para los desafíos ambientales en la industria.

Otro aspecto importante de la formación en construcciones sostenibles es la promoción de la responsabilidad social en el diseño y la construcción de proyectos (Licandro et al., 2024). Los ingenieros aprenden a considerar el impacto de sus decisiones en la comunidad local y global, así como en las generaciones futuras, y trabajan para desarrollar soluciones que promuevan la equidad social y el bienestar humano.

El tema de investigación se enfoca en la necesidad de optimizar las técnicas de edificación para disminuir el impacto ecológico y extender la durabilidad de las construcciones en un escenario de creciente inquietud por la sostenibilidad. En el sector de la edificación,

el concreto es uno de los materiales más empleados; sin embargo, su fabricación y utilización producen considerables desechos y emisiones de carbono. Adicionalmente, la calidad y consistencia del concreto pueden ser impactadas por condiciones meteorológicas severas, lo que pone en riesgo la longevidad y capacidad de las edificaciones. Pese a que hay aditivos químicos capaces de potenciar las características del concreto, su aplicación eficaz y su incorporación en prácticas sustentables no siempre se toman en cuenta en los programas de educación de ingenieros y en la formación de empresas de construcción.

En este sentido, se destaca que la creciente demanda de construcciones sostenibles y la urgencia de reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción, han impulsado el interés en el desarrollo de materiales y técnicas que mejoren la eficiencia y minimicen los efectos negativos en el entorno (Abd y Ghazy, 2016). En este contexto, el hormigón, como uno de los materiales más ampliamente utilizados, juega un papel crucial. Sin embargo, su proceso de producción contribuye considerablemente a las emisiones de gases de efecto invernadero y al consumo de recursos naturales.

Asimismo, la consistencia y resistencia del hormigón suelen verse afectadas por condiciones climáticas adversas, lo que compromete la calidad de las estructuras y su vida útil (Feijoo et al., 2023). La integración de aditivos químicos, como superplastificantes y retardantes, se presenta como una solución viable para optimizar las propiedades del hormigón, permitiendo una mayor manejabilidad y durabilidad en distintas condiciones climáticas.

A pesar de los avances en la formulación de aditivos para el hormigón, su implementación efectiva requiere una comprensión técnica adecuada y un compromiso con la sostenibilidad desde el ámbito educativo y empresarial. En este sentido, es fundamental que la formación de futuros ingenieros y la capacitación de los profesionales en activo incluyan conocimientos actualizados sobre el uso y beneficios de estos aditivos en prácticas de construcción sostenible.

En función de lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación, es analizar el impacto de la enseñanza en el uso de aditivos químicos en el hormigón, con el fin de fomentar prácticas que no solo mejoren el rendimiento de las construcciones, sino que también contribuyan a la preservación ambiental y a una mejor calidad de vida para las comunidades, analizando además, la consistencia y resistencia del hormigón y su relevancia en las construcciones urbanas, con el fin de promover una formación universitaria de ingenieros capaces de afrontar los retos de la protección ambiental y crear profesionales más comprometidos con el ambiente.

1. Hormigón, fuente indispensable en la construcción de viviendas

El hormigón, compuesto esencialmente por cemento, agregados, agua y aditivos, desempeña un papel fundamental en la construcción, ofreciendo una larga vida de servicio en diversos entornos naturales e industriales cuando es elaborado, colocado y curado correctamente (American Concrete Institute [ACI], 1998). Su versatilidad y durabilidad lo convierte en el material de construcción preferido en la industria, gracias a sus destacadas prestaciones mecánicas y su bajo requerimiento de mantenimiento, lo que promueve una opción más sostenible y rentable para la sociedad (Beas et al., 2015).

Se hace un análisis de la etapa inicial del hormigón, su transporte y colocación hasta la transición de un estado líquido a sólido, conocida como fraguado (Ghafoori y Diawara, 2010). Aunque el hormigón es ampliamente utilizado, enfrenta desafíos significativos, especialmente en la formulación de la mezcla, bajo diversas condiciones climáticas, como las altas y bajas temperaturas, que impactan directamente en sus propiedades en todas las etapas de su desarrollo (Illangakoon et al., 2019). Esta investigación busca comprender cómo estos desafíos afectan el rendimiento del hormigón, con el objetivo de promover prácticas más sostenibles y resilientes en

la construcción, en armonía con el medio ambiente y las necesidades de la sociedad.

El entorno climático desempeña un papel crucial en la elección de materiales de construcción adecuados (Ahmed et al., 2018). La construcción en áreas con climas cálidos, templados o fríos presenta desafíos únicos que son el enfoque de esta investigación. En la actualidad, la inclusión de una variedad de aditivos plastificantes, fluidificantes, retardantes, acelerantes y adiciones, se ha vuelto indispensable para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón (Amanjean et al., 2019). Estos aditivos no solo hacen que el hormigón sea más manejable, sino que también regulan su fraguado, lo que resulta en un material de mayor calidad con una resistencia óptima en diferentes condiciones climáticas (Aponte, 2017).

El estudio realizado por Alva y Beraun (2018), que comparó la resistencia a la compresión de hormigones elaborados con aditivos acelerantes y retardantes de fraguado en diferentes altitudes y climas, subraya la importancia de comprender las condiciones climáticas específicas de cada área de construcción. Esto implica una investigación exhaustiva sobre cómo operar y manipular los componentes del hormigón mediante ensayos de laboratorio.

Asimismo, comprender los tiempos de fraguado inicial y final es crucial, puesto que permite planificar adecuadamente la mezcla, transporte, colocación, vibración, acabado y curado del hormigón en el lugar de trabajo, así como determinar cuándo puede ponerse en servicio (Bardales, 2015). Este enfoque no solo mejora la eficiencia y la calidad de la construcción, sino que también promueve prácticas más sostenibles al reducir el desperdicio de materiales y minimizar el impacto ambiental. Al comprender cómo los aditivos y las condiciones climáticas afectan el rendimiento del hormigón, se puede desarrollar soluciones más resilientes y adaptadas a las necesidades de la sociedad y el medio ambiente.

Por otra parte, estudios como el realizado por autores como Guevara et al.

(2012) han investigado la influencia de la hora de mezclado en las propiedades del hormigón, como la trabajabilidad y la resistencia a la compresión, en condiciones de clima frío y caliente, con el objetivo de aplicar estos hallazgos en entornos industriales. Se sugiere que en climas cálidos es preferible colocar el hormigón en las últimas horas del día, cuando la temperatura ambiente desciende, para que el fraguado y endurecimiento coincidan con este enfriamiento (Ilg y Plank, 2020). Por el contrario, en condiciones de frío, se aconseja colocar el hormigón en las primeras horas del día, cuando la temperatura ambiente aumenta, para que el fraguado y endurecimiento coincidan con este calentamiento.

Con estas premisas, analizar la consistencia del hormigón y su relevancia en las construcciones urbanas, conlleva a una formación universitaria de ingenieros capaces de afrontar los retos de la protección ambiental, así como de profesionales más comprometidos con el ambiente (Aguirre-Villalobos et al., 2023). Asimismo, capacitar a empresas constructoras para promover la elaboración de edificaciones más sostenibles. Para ello se analiza el aditivo que se añade al hormigón para controlar la pérdida de la consistencia a lo largo del tiempo.

En este sentido, este trabajo presenta una alta relevancia social puesto que busca mejorar la durabilidad y la resistencia del hormigón, un material fundamental en la construcción de infraestructuras vitales, como edificios, puentes y carreteras. La capacidad de mantener la consistencia del hormigón a lo largo del tiempo es crucial para garantizar la seguridad y la integridad de estas estructuras, especialmente en regiones con condiciones climáticas extremas. Así mismo se reduce el impacto ambiental al hacer materiales útiles, duraderos y que no generen residuos permanentemente.

2. Metodología

Para esta investigación, se aplicó el método científico híbrido, combinando

técnicas de revisión documental y análisis interpretativo. En primer lugar, la revisión documental incluyó la selección y análisis de artículos académicos, así como estudios especializados en el uso de aditivos químicos en el hormigón, específicamente en bases de datos científicas y revistas indexadas de los últimos cinco años. Este análisis documental permitió recopilar información técnica y empírica sobre los efectos de aditivos como superplastificantes y retardantes en la durabilidad y consistencia del hormigón bajo diferentes condiciones climáticas.

Luego, el componente interpretativo del método híbrido se centró en analizar cómo estos hallazgos pueden aplicarse en el ámbito educativo y empresarial, permitiendo proponer una estructura de enseñanza que fomente prácticas sostenibles. La combinación de estos métodos facilitó no solo la comprensión técnica de los aditivos en la construcción, sino también el desarrollo de una propuesta pedagógica que integre principios de sostenibilidad en la formación de ingenieros y en la capacitación de profesionales en la industria.

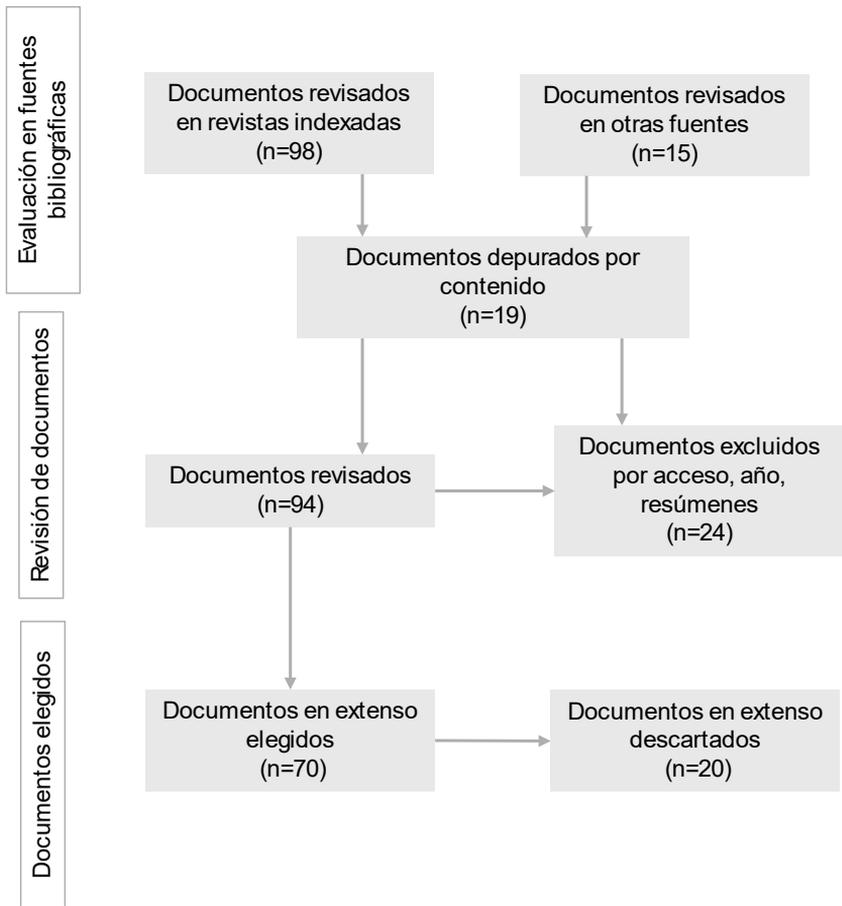
De esta manera, en este trabajo se realizó una revisión bibliográfica para conocer los avances científicos y técnicos asociados a los aditivos químicos utilizados para controlar la pérdida de la consistencia del hormigón por exposición al medio ambiente, además de valorar las contribuciones científicas asociadas a las mejoras ambientales y la calidad de vida de las personas. Durante el proceso de revisión bibliográfica, se analizaron minuciosamente artículos científicos provenientes de fuentes reconocidas, tales como revistas académicas especializadas y bases de datos indexadas. Estos artículos abordaban aspectos relevantes

relacionados con la adición de químicos en el hormigón.

Además, en la revisión bibliográfica se encontró que los aditivos químicos no solo ofrecen beneficios en términos de controlar la pérdida de consistencia del hormigón, sino que también pueden tener un impacto positivo en la durabilidad y la resistencia de las estructuras de hormigón, lo que contribuye a una mayor seguridad y longevidad de las construcciones. Algunos estudios destacaron cómo ciertos aditivos pueden mejorar la resistencia al desgaste y la corrosión del hormigón, lo que es especialmente relevante en entornos agresivos o sujetos a condiciones climáticas extremas.

Asimismo, se observó un creciente interés en el desarrollo de aditivos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, con un enfoque en la reducción de la huella de carbono y el uso de materias primas renovables. Estas innovaciones no solo tienen el potencial de mejorar la calidad del hormigón, sino que también pueden contribuir a la mitigación de los impactos ambientales asociados con la industria de la construcción.

En la Figura I, se muestra la selección de documentos, esta revisión bibliográfica proporciona una visión integral de los avances en el campo de los aditivos químicos para el hormigón, destacando su papel no solo en el control de la consistencia, sino también en la mejora de la durabilidad, la resistencia y la sostenibilidad de las estructuras de hormigón, lo que tiene importantes implicaciones para la ingeniería civil y la calidad de vida de las comunidades.



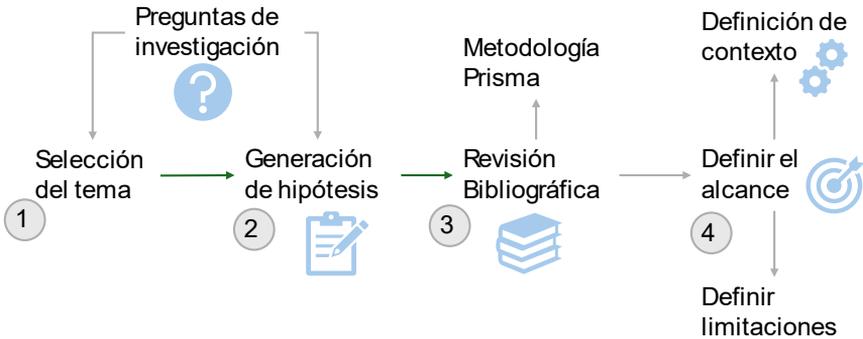
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura I: Características de la revisión realizada

2.1. Fases de la investigación

El trabajo realizado fue de tipo hermenéutica y simplificada, con el fundamental propósito de evaluar el conocimiento conceptual, teorías o

elementos característicos del hormigón y sus componentes, lo que pudo evaluarse a través de la literatura, que comprende material académico y de investigación. En la Figura II, se muestran las fases de la investigación realizada.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura II: Proceso realizado durante la investigación

a. Fase 1: En esta fase se ha definido el tema en función a las preguntas de investigación, considerando la relevancia y actualidad del tema de estudio, en este sentido las preguntas planteadas son:

P1: ¿Cuáles son los aditivos químicos más comúnmente utilizados en la industria del hormigón para controlar la pérdida de consistencia causada por la exposición ambiental, y cómo la formación de ingenieros en construcciones sostenibles puede influir en su selección y aplicación para promover prácticas ambientalmente responsables?

P2: ¿Cuál es el mecanismo de acción de estos aditivos químicos en la retención de la consistencia del hormigón frente a factores ambientales como la temperatura, la humedad y la radiación UV, y de qué manera la formación de ingenieros en construcciones sostenibles puede potenciar la comprensión de estos mecanismos para promover la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente?

P3: ¿Cuál es la eficacia comparativa de diferentes aditivos químicos en la retención de la consistencia del hormigón en condiciones ambientales específicas, como climas cálidos, húmedos o altamente corrosivos, y cómo la formación de ingenieros en construcciones sostenibles puede influir en la evaluación y selección de estos aditivos para garantizar la sostenibilidad de las construcciones y la protección del medio ambiente?

P4: ¿Qué consideraciones de durabilidad y sostenibilidad deben tenerse en cuenta al seleccionar y aplicar aditivos químicos para controlar la pérdida de consistencia del hormigón en ambientes adversos, y cómo la formación de ingenieros en construcciones sostenibles puede preparar a los profesionales para tomar decisiones informadas que impacten positivamente en la preservación del medio ambiente y en el bienestar de la sociedad a largo plazo?

b. Fase 2: El proceso de investigación implicó examinar documentos científicos relevantes para encontrar estudios relacionados con aditivos químicos, el hormigón y el impacto ambiental de estos, así como su relevancia en la calidad de vida de las personas y en la formación de profesionales aptos para las construcciones sostenibles. La búsqueda estuvo centrada en años reciente preferiblemente, pero no se descartaron estudios relevantes de años anteriores. La revisión se realizó principalmente en revistas científicas indexadas. Se definió una primera cadena de búsqueda basada en el título y campo central de la temática estudiada, con estos elementos se redefine la cadena de búsqueda considerando los títulos encontrados, las palabras clave, los estudios referenciados, para finalmente, lograr las siguientes cadenas de búsqueda, presentadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Cadenas de búsqueda utilizadas

Cadena de Búsqueda	Característica	Resultados
Aditivos químicos AND control de la consistencia del hormigón	Esta cadena de búsqueda permitió encontrar información general sobre aditivos químicos utilizados en la industria del hormigón para mantener su consistencia en diferentes condiciones ambientales.	- Los aditivos químicos se utilizan en la industria del hormigón para mantener su consistencia en diferentes condiciones ambientales. - Se ha observado que la adición de superplastificantes puede prolongar la trabajabilidad del hormigón en climas cálidos, evitando la pérdida por asentamiento.
Aditivos químicos AND resistencia del hormigón AND medio ambiente	Esta cadena de búsqueda se centró en encontrar estudios que investigaran cómo los aditivos químicos afectan la resistencia del hormigón ante diversos factores ambientales, como la exposición a la humedad, la radiación UV o cambios de temperatura.	- Los aditivos químicos pueden afectar la resistencia del hormigón ante factores ambientales como humedad, radiación UV y cambios de temperatura. - La resistencia y durabilidad del hormigón pueden mejorar al mantener una trabajabilidad adecuada mediante aditivos, lo que permite una mejor compactación y colocación.
Comparativa AND aditivos químicos AND control AND consistencia del hormigón	Esta cadena de búsqueda ayudó a encontrar estudios que comparaban la eficacia de diferentes aditivos químicos en la retención de la consistencia del hormigón en condiciones ambientales adversas, proporcionando una visión más detallada sobre qué aditivos son más efectivos en diferentes contextos.	- Estudios comparativos han analizado la eficacia de diferentes aditivos químicos en la retención de la consistencia del hormigón en condiciones adversas. - Se ha observado que algunos aditivos son más efectivos que otros para mantener la consistencia del hormigón en diferentes contextos, dependiendo de las condiciones ambientales.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

c. Fase 3: La recolección de datos primarios se realizó mediante una serie de búsquedas a partir de las preguntas de investigación. Para evaluar los resultados de los artículos y la pertinencia de los temas, se emplearon cuatro criterios conocidos como PICO: Población, intervención, comparación y resultado. En este contexto, la población se refiere a los estudios publicados; la intervención,

se enfoca en los aditivos químicos, su impacto y uso en el hormigón. Por último, el resultado engloba tanto los estudios previamente publicados sobre el tema como las nuevas propuestas en las composiciones del hormigón. Basándose en el enfoque PICO, se plantearon cinco nuevas preguntas con el objetivo de asegurar la calidad de los artículos seleccionados, tal como se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Evaluación de la calidad de los documentos analizados.

Control de Calidad (QA)	Preguntas de evaluación de calidad	Respuesta
QA1	¿Cuál es la población de estudio en el artículo revisado y cómo se ha definido en términos de la exposición al medio ambiente y el uso de aditivos químicos en el hormigón?	(+1) Sí/ (+0) No
QA2	¿Cuál es la intervención principal evaluada en el artículo y cuáles son los aditivos químicos específicos utilizados para controlar la pérdida de consistencia del hormigón en condiciones ambientales adversas?	(+1) Sí/ (+0) No
QA3	¿Existe una comparación directa entre diferentes aditivos químicos o estrategias de control de la consistencia del hormigón en el artículo revisado, o se realiza una comparación con un grupo de control sin intervención?	(+1) Sí/ (+0) No
QA4	¿Cuáles son los resultados principales reportados en el artículo en términos de la eficacia de los aditivos químicos en la retención de la consistencia del hormigón frente a la exposición ambiental?	(+1) Sí/ (+0) No
QA5	¿Se ha considerado una construcción que aporte al medio ambiente con criterios de sostenibilidad?	(+1) Sí/ (+0) No

Fuente: Elaboración propia, 2025.

d. Fase 4: Los criterios de inclusión y exclusión tienen como objetivo encontrar documentos primarios significativos para responder a las preguntas de investigación planteadas, la concordancia entre los evaluadores se resolvió aplicando el coeficiente Kappa de Cohen = 0,5 con un porcentaje de concordancia del 87,9%, este valor implica un acuerdo moderado entre los evaluadores.

Por otra parte, los criterios de inclusión fueron que la investigación preliminar se asocie a publicaciones en revistas sobre el tema estudiado, así como nuevas propuestas metodológicas para el uso de aditivos en el hormigón, que el año de publicación sea reciente, entre los años 2020 al 2024 preferiblemente, que el documento esté presentado en revista de alto impacto, preferiblemente en inglés. Mientras que los criterios de exclusión fueron que el estudio preliminar no es extenso, artículos de revisión de literatura básica, artículos similares en fuentes distintas.

3. Aportes científicos para el mejoramiento de la enseñanza en el uso de aditivos químicos en el hormigón

Los autores consideran que esta investigación aporta un conocimiento nuevo y relevante al campo de la construcción sostenible, específicamente en la integración de aditivos químicos en el hormigón para mejorar su durabilidad y reducir su impacto ambiental. Particularmente, el análisis detallado de los aditivos, como los superplastificantes y retardantes, contribuye a un entendimiento más profundo de cómo estos compuestos pueden mantener la consistencia del hormigón en condiciones climáticas adversas. Este conocimiento permite no solo optimizar el uso de materiales en la industria de la construcción, sino también reducir los residuos y la frecuencia de mantenimiento en infraestructuras, lo cual representa una ganancia significativa en términos de sostenibilidad y eficiencia.

Desde la perspectiva profesional, uno de los aspectos innovadores del estudio es la propuesta de integrar estos conocimientos en el currículo de formación de ingenieros y en la capacitación de empresas constructoras (Sierra-Sánchez et al., 2020; Aguirre-Villalobos et al., 2023). La investigación sugiere que los futuros profesionales necesitan un enfoque educativo que no solo contemple los aspectos técnicos del uso de aditivos, sino que también integre principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Este enfoque educativo contribuiría a formar ingenieros más preparados para enfrentar los desafíos ambientales actuales, promoviendo prácticas constructivas que reduzcan la huella de carbono y mejoren la calidad de vida en las comunidades.

Además, los autores opinan que este estudio amplía el conocimiento existente sobre el comportamiento del hormigón en climas extremos, una dimensión que resulta crucial en países con variaciones de temperatura significativas. La investigación proporciona datos específicos sobre cómo los diferentes aditivos afectan la consistencia y el tiempo de fraguado del hormigón en condiciones de calor y frío, lo cual es valioso para las empresas constructoras al momento de seleccionar los materiales más adecuados para cada contexto climático. Este conocimiento permite tomar decisiones informadas que no solo optimizan el rendimiento del hormigón, sino que también favorecen la sostenibilidad y la adaptabilidad de las infraestructuras en diversas regiones.

En este trabajo se destaca que el nuevo conocimiento generado por esta investigación radica en la aplicación práctica de los aditivos en construcciones reales y en el diseño de una estructura educativa que fomente estas prácticas. Este estudio no solo presenta una base teórica, sino que ofrece un modelo de implementación que puede ser replicado en programas educativos y en el entrenamiento de profesionales. Esta propuesta educativa aporta una visión innovadora que fomenta la formación de ingenieros comprometidos con el medio ambiente y que entienden la importancia de integrar materiales y métodos sostenibles en sus proyectos, contribuyendo

a un desarrollo más equilibrado y respetuoso con el entorno.

En cuanto a la revisión bibliográfica se encontraron aportes relevantes en el tema de

estudio, que permitieron conocer los efectos y aplicaciones de los aditivos químicos en la consistencia del hormigón, tal como se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Aportes científicos sobre el hormigón y los aditivos químicos

Investigación/ Estudio	Objetivo	Resultados Significativos
Esen y Kurt (2018)	Examinar experimentalmente el cambio del efecto de la alta temperatura en el hormigón por los tipos de aditivos minerales.	Si bien las mayores tasas de absorción de agua se obtuvieron en hormigón reforzado con diatomita, las mayores resistencias a la compresión se obtuvieron en hormigón reforzado con humo de sílice.
Bumanis et al. (2018)	Evaluar la fiabilidad y la eficiencia de dos métodos de ensayo de congelación-descongelación mediante el ensayo de hormigón de alta resistencia (HSC) con dos materiales cementales suplementarios diferentes como sustituto parcial del cemento en una mezcla binaria.	El hormigón de alta resistencia con humo de sílice presentó una mayor resistencia inicial, mientras que se observó una baja resistencia a los ciclos de congelación-descongelación, concluyendo que las pruebas a temperaturas extremadamente bajas pueden reducir significativamente el tiempo necesario para evaluar la durabilidad del hormigón de alta resistencia a la congelación-descongelación.
Bekturganova y Kolesnikova (2025)	Examinar los avances recientes en la comprensión del impacto de los aditivos poliméricos, tanto de naturaleza inorgánica como orgánica, en la mejora de las propiedades del hormigón. Investigar el efecto de aditivos poliméricos en la resistencia al desgaste del hormigón expuesto a ambientes corrosivos.	Las mezclas de hormigón utilizadas en la construcción moderna deben cumplir requisitos como buenas propiedades adhesivas, mejor impermeabilidad, alta trabajabilidad, retención de las características reológicas a lo largo del tiempo y potencial para una mayor resistencia, siendo relevante el uso de aditivos poliméricos como modificadores para mejorar el hormigón.
Okwadha y Makomele (2018)	Investigar la eficacia del extracto líquido de jacinto de agua como superplastificante y utilizarlo como sustituto parcial del superplastificante químico en la producción de hormigón autoconsolidado.	La reducción del contenido de agua en una mezcla debe realizarse de tal manera que se produzca la hidratación completa del cemento y se mantenga suficiente trabajabilidad del hormigón para su colocación y consolidación durante la construcción. Esto se puede lograr fácilmente mediante el uso de aditivos químicos y minerales como reductores de agua, retardantes y superplastificantes. Estos aditivos se añaden para reducir el contenido de agua en una mezcla o para ralentizar la velocidad de fraguado del hormigón, conservando al mismo tiempo sus propiedades de fluidez.
Feijoo et al. (2023)	Evaluar la resistencia a compresión simple de probetas elaboradas con cemento y zeolita en partes iguales (50% de cada material) y proponer alternativas al uso de minerales escasos.	Los resultados indican que la adición de zeolita al cemento en partes iguales no afecta significativamente la resistencia a compresión simple, lo que sugiere una alternativa viable para reducir la dependencia de minerales escasos en la industria del cemento.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Del trabajo de Manrique (2019) se pueden inferir los siguientes resultados bibliográficos:

a. En climas cálidos, se logró mantener un *slump* adecuado (mayor o igual a 5 pulgadas / 127 mm) para la colocación de la

mezcla patrón, incluso sin la dosificación de ningún tipo de aditivo. Además, se identificó un periodo de 80 minutos como el diseño patrón para la mezcla en condiciones cálidas.

b. Se observó una reducción del asentamiento de la mezcla en los primeros 40

minutos posteriores a su fabricación, con una disminución del 47,8%. También, se agregó un aditivo reductor de agua con retardo controlado junto al superplastificante para fabricar un hormigón que se mantenga trabajable por más tiempo en climas cálidos.

c. Se obtuvieron valores de asentamiento de la mezcla a lo largo del tiempo, mostrando una caída de *slump* a razón de 1.07 pulgadas (27 mm) cada veinte minutos. Este diseño alcanzó una caída de asentamiento nula en un lapso de 160 minutos después de su dosificación.

d. En climas fríos, se diseñó una mezcla con un superplastificante que incluye algo de retardo, mostrando buenos valores de mantenimiento, aunque el fraguado del hormigón está por debajo del superplastificante utilizado habitualmente. Se compararon diseños de patrones para diferentes períodos de tiempo, observando que para un diseño propuesto para 2 horas en clima frío se utilizó una dosificación mayor de superplastificante en comparación con el diseño patrón para 3 horas.

e. Se demostró que es posible controlar la reducción del asentamiento a lo largo del tiempo mediante aditivos reductores tanto en climas cálidos como en climas fríos.

Los resultados encontrados revelan que es posible contribuir a una menor huella de carbono y una menor generación de residuos químicos, además es probable mejorar la eficiencia en la construcción, promoviendo edificaciones más sostenibles y resilientes. Estos resultados destacan la importancia de incluir elementos específicos del hormigón en la formación de profesionales asociados a la construcción, con miras a lograr personas más comprometidas con el medio ambiente.

Además, se pudo observar que en el clima caliente la pérdida de asentamiento va disminuyendo; mientras que cuando se adicionó el superplastificante 3330 con una dosis de 0,806%, la pérdida de asentamiento fue menor, puesto que la trabajabilidad aún se mantiene fluido y apto para transportar y colocar el concreto (Gomez y Villavicencio, 2020), y finalmente al agregar un superplastificante SC con una dosis de 0,66% presentó una

pérdida mucho menor, tal como sucede con el uso de Sikament-33 S (Sika Argentina, 2025), puesto que por su acción físico-química el superfluidificante puede mejorar las propiedades del hormigón fresco y del hormigón endurecido.

Por otra parte, otros estudios como el de Suárez et al. (2022), demostraron que con respecto al asentamiento del hormigón se evidencia que la trabajabilidad aumenta con el incremento porcentual del aditivo superplastificante (hasta 1.2%); comprobando adicionalmente que, en relación con la resistencia a la compresión, los porcentajes de 0.6, 0.8 y 1% del aditivo superplastificante fueron beneficiosos.

De igual manera, Gomez y Villavicencio (2020), añadieron aditivo Sika TM-40 a una temperatura ambiente de 17 °C para lo cual prepararon 4 ensayos, observando en el primero una caída de asentamiento durante 1 hora fue de 5 pulg y para el segundo ensayo para la misma temperatura ambiente y 1 hora el asentamiento cayó 5 1/2 pulg, para el tercero y el cuarto ensayo la pérdida de asentamiento dio iguales al primer ensayo.

Estos resultados permiten aseverar que la formación de profesionales en el área de construcción requiere una atención especial para incluir en el *pensum* curricular, elementos que promuevan la construcción sostenible, con materiales duraderos, útiles y que tengan el menor impacto ambiental.

Otros hallazgos encontrados en la revisión fueron que: En climas cálidos, es importante completar el transporte y la colocación del hormigón lo más rápido posible para evitar la pérdida por asentamiento y el aumento de la temperatura del hormigón. “Según la norma ACI 211.1 establece que un hormigón de consistencia fluida debe tener un Slump igual o mayor a 5 pulgadas (125 mm), mientras que una mezcla con adecuada trabajabilidad desarrolla un Slump mínimo de 4 pulgadas (100 mm)” (Gomez y Villavicencio, 2020, p. 125).

En el diseño sin aditivos, de acuerdo con Manriquez (2019) la mezcla patrón mantuvo un Slump mayor o igual a 5 pulgadas

durante 1 hora y 20 minutos, con una pérdida de asentamiento promedio de 0.96 pulgadas cada veinte minutos. El Slump alcanzó cero pulgadas después de 3 horas y 20 minutos. La adición del aditivo superplastificante D1037(0.85) resultó en una pérdida de asentamiento promedio de 1.01 pulgadas cada veinte minutos, con valores menores al 44% y 55% del lapso total de fluidez de la mezcla. El Slump alcanzó cero pulgadas después de 2 horas y 40 minutos.

La aplicación del aditivo Sikament TM-140 al 2% aumentó el tiempo de fraguado del hormigón, manteniendo la mezcla fluida por más tiempo, puesto que tal como lo señalan Gomez y Villavicencio (2020) en su investigación, en climas con altas temperaturas el aditivo Sikament TM-140 al 2%, tiende a disminuir la velocidad de fraguado del concreto, lo cual significa que la mezcla adicionada con este producto permanece fluida por más tiempo. El tiempo de fraguado inicial y final del hormigón se ve afectado por la adición de diferentes aditivos. Por ejemplo, el tiempo de fraguado inicial y final aumenta a medida que se aumenta la cantidad de aditivo.

La reacción química principal que acontece durante el fraguado es la hidratación del cemento. El cemento, compuesto mayoritariamente por silicatos y aluminatos, se mezcla con agua, dando origen a una serie de reacciones exotérmicas que liberan calor. Este calor generado es un indicador

del progreso del fraguado y contribuye a acelerar las reacciones químicas, llevando a la formación de los preciados cristales de hidrato de calcio. (Grupo Núñez, 2024, párr. 7)

Así, tanto la calidad como la cantidad de estos cristales va a influir en las propiedades finales del hormigón, contribuyendo en su resistencia a la compresión, tracción y flexión. Por lo cual, el tipo de cemento utilizado también influye en el tiempo de fraguado del hormigón, así lo evidencia Tapia (2020), al encontrar que “el cemento Pacasmayo se desempeña mejor en propiedades físicas de trabajabilidad y contenido de aire” (p. xii), en tanto que el Quisqueya, resulta excelente en propiedades físicas de temperatura, rendimiento, así como en cuanto a las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y compresión; mientras que el cemento Qhuna, brinda características intermedias entre ambos.

En este sentido, se observa que la velocidad de fraguado del hormigón varía según el tipo de cemento utilizado y la presencia de aditivos, lo que puede tener implicaciones significativas en el tiempo disponible para el transporte, colocación y manipulación del hormigón durante la construcción. Con estos resultados se propone un modelo educativo que impulse construcciones para el futuro, que incluyan aspectos sostenibles, uso adecuado de materiales, así como sostenibilidad (ver Cuadro 4).

Cuadro 4
Propuesta educativa en construcciones sostenibles

Componente Educativo	Descripción
Fundamentos de Sostenibilidad	Introducción a los principios básicos de la sostenibilidad en la construcción, incluyendo conceptos como eficiencia energética, conservación de recursos, uso de materiales renovables y reciclables, y diseño para reducir el impacto ambiental.
Tecnologías Sostenibles	Exploración de las tecnologías disponibles para la construcción sostenible, incluyendo sistemas de energía renovable, técnicas de construcción eficiente, sistemas de gestión de agua y residuos, y métodos para mejorar la calidad del aire en interiores.
Diseño y Planificación Sostenible	Estudio de metodologías de diseño y planificación que integran consideraciones de sostenibilidad desde la concepción de un proyecto hasta su ejecución, incluyendo análisis del ciclo de vida, evaluación de impacto ambiental y diseño orientado al usuario.
Materiales y Recursos Sostenibles	Evaluación de materiales de construcción sostenibles y su aplicación en proyectos reales, con énfasis en la selección de hormigón de bajo impacto ambiental, materiales reciclados, materiales de origen local y opciones de reutilización de recursos.

Cont... Cuadro 4

Buenas Prácticas en la Construcción	Formación en técnicas de construcción sostenible, incluyendo métodos de construcción eficientes, gestión de residuos en el lugar de trabajo, prácticas de trabajo seguro y cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad.
Evaluación y Certificación	Introducción a los sistemas de evaluación y certificación de edificaciones sostenibles, como <i>LEED</i> , <i>BREEAM</i> o <i>WELL Building Standard</i> , y entrenamiento en el proceso de obtención de certificaciones para proyectos de construcción sostenible.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Así mismo, se propone incorporar y asignaturas que contengan los elementos en la formación, tanto de ingenieros como descritos en el Cuadro 5. de empresas constructoras, cursos, talleres

Cuadro 5

Propuesta de formación en hormigón para la construcción sostenible

Materia	Descripción
Hormigón Sostenible y Aditivos Químicos	Esta materia proporciona una comprensión profunda del hormigón como material de construcción fundamental, centrándose en su impacto ambiental y en el uso de aditivos químicos para mejorar su rendimiento y sostenibilidad.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Comprender las propiedades del hormigón y su importancia en la construcción sostenible.- Estudiar los principios de la sostenibilidad aplicados al diseño y uso del hormigón en la construcción.- Analizar la función y efectividad de los aditivos químicos en el hormigón para mejorar su durabilidad y sostenibilidad.
Contenido	<ul style="list-style-type: none">- Propiedades y características del hormigón.- Impacto ambiental de la producción y uso del hormigón.- Aditivos químicos comúnmente utilizados en el hormigón y sus efectos en la sostenibilidad.- Diseño y formulación de mezclas de hormigón sostenibles.
Resultados Esperados	<ul style="list-style-type: none">- Adquirir conocimientos sólidos sobre el hormigón como material de construcción sostenible.- Desarrollar habilidades para formular mezclas de hormigón con aditivos químicos que mejoren su rendimiento y sostenibilidad.- Aplicar principios de sostenibilidad en la selección y uso del hormigón en proyectos de construcción.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones producto de esta revisión bibliográfica, las cuales resaltan la complejidad y la importancia de considerar diversos factores al diseñar y utilizar mezclas de hormigón en la construcción, y cómo los aditivos pueden ser herramientas valiosas para optimizar el rendimiento del mismo en diferentes condiciones.

Los resultados indican la importancia de ajustar las mezclas de hormigón según las condiciones climáticas y los requisitos de tiempo de fraguado y trabajabilidad. Se

observó que, las empresas constructoras deben capacitar a los equipos en estos conceptos, de manera que se promueva una construcción más eficiente y sostenible, asegurando la calidad de las estructuras y reduciendo los costos asociados con posibles fallas o retrabajos.

La capacitación de las empresas y profesionales en construcciones sostenibles es crucial para fomentar prácticas responsables que minimicen el impacto ambiental de la industria de la construcción. Esto implica no solo el uso de materiales y tecnologías más eficientes desde el punto de vista energético y ambiental, sino también la implementación

de procesos de construcción que reduzcan la generación de residuos y promuevan la reutilización de recursos.

Asimismo, se evidenció que la formación en construcciones sostenibles capacita a las personas para adoptar enfoques integrados que consideren no solo los aspectos técnicos y económicos de un proyecto, sino también su impacto ambiental y social. Al entender la importancia de seleccionar materiales de construcción de bajo impacto ambiental, optimizar el consumo de energía y agua, y minimizar la contaminación durante todas las etapas del proyecto, las empresas pueden contribuir significativamente a la conservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible a largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Abd, M. A. A., y Ghazy, M. F. (2016). Evaluation of consistency properties of freshly mixed concrete by cone penetration test. *HBRC Journal*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2014.09.001>
- Aguirre-Villalobos, E. R., Guzmán, C., y González, L. (2023). Metodología Design Thinking en la enseñanza universitaria para el desarrollo y logros de aprendizaje en arquitectura. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(2), 509-525. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39992>
- Ahmed, H. K., Khalil, W. I., y Jumaa, N. H. (2018). Effect of impact hot-dry weather conditions on the properties of high performance lightweight concrete. *Engineering and Technology Journal*, 36(Part-A, 3), 262-273. <https://doi.org/10.30684/etj.36.3A.4>
- Alva, A. J., y Beraun, W. F. (2018). *Estudio comparativo de la resistencia a la comprensión de los concretos elaborados con aditivos acelerante y retardante de fragua en altitudes cálidas, templadas y frías* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/9ab3deed-d128-4b3c-8f37-221b874171c1>
- Álvarez, B. L., y Zulueta, C. E. (2021). Marketing y la demanda de viviendas sostenibles en Perú. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(2), 368-384. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i1.35317>
- Amanjean, E. N., Mouret, M., y Vidal, T. (2019). Effect of design parameters on the properties of ultra-high performance fibre-reinforced concrete in the fresh state. *Construction and Building Materials*, 224, 1007-1017. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.284>
- American Concrete Institute – ACI (1998). Historia de ACI. *American Concrete Institute*. <https://www.concrete.org/aboutaci/historyofaci.aspx>
- Aponte, E. (2017). *Influencia de un aditivo retardante de fragua en el comportamiento mecánico de hormigón F'C=250 kg/cm² en la ciudad de Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1009>
- Avendaño, W. R., Rueda, G., y Velasco, B. M. (2021). Construcción sostenible en Colombia: Análisis a partir del Proyecto de Ley No. 208/2019 Cámara. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(E-4), 571-583. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.37030>
- Bardales, S. J. (2015). Tecnología aplicada para reducción de fragua del concreto lanzado en mina Chungar. Empresa Administradora Chungar S.A.C. <https://es.scribd.com/document/369913507/jbardales-1>
- Beas, G., Pajuelo, A., Pomez, A., y Calderon, E. (2015). Hormigón de alto desempeño

- utilizando nanosilice. *Concreto al Día: Revista Digital del ACI Perú*, 2(4-15), 40-46. https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI_2015-05_SkysTheLimit_Spanish.pdf
- Bekturganova, N. Y., y Kolesnikova, I. V. (2025). Effect of polymer additives on improvement of concrete properties. *Advances in Polymer Technology*. <https://doi.org/10.1155/adv/6235216>
- Bumanis, G., Dembovska, L., Korjakins, A., y Bajare, D. (2018). Applicability of freeze-thaw resistance testing methods for high strength concrete at extreme -52.5°C and standard -18°C testing conditions. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.01.003>
- Chavarry, C. M., Chavarria, L. J., Valencia, A. A., Pereyra, E., Arieta, J. P., y Rengifo, C. A. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(31), 31-41. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>
- Esen, Y., y Kurt, A. (2018). Effect of high temperature in concrete for different mineral additives and rates. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(4), 1288-1294. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1224-3>
- Espinoza-Solis, E., Fabre-Merchán, P., Solis-Granda, L. E., y Pérez-Salazar, J. A. (2024). Desafíos de la gestión administrativa universitaria ante la agenda del desarrollo sostenible. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(108), 1907-1924. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.108.26>
- Feijoo, E. P., Feijoo, B. A., y Vásquez, P. E. (2023). Zeolite as an associated mineral in concrete. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 28(122), 53-61. <https://doi.org/10.47460/uct.v28i122.765>
- García, J., Pizarro, A., Barragán, C., y Villarreal, F. (2023). Planeación estratégica para la competitividad de pequeñas y medianas empresas del sector construcción e inmobiliario. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(2), 315-326. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39978>
- Ghafoori, N., y Diawara, H. (2010). Influence of temperature on fresh performance of self-consolidating concrete. *Construction and Building Materials*, 24(6), 946-955. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.11.023>
- Gomez, W. J., y Villavicencio, K. E. (2020). *Temperaturas extremas y su relación con la consistencia del concreto a lo largo del tiempo* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/98fb17f0-d35e-401f-a913-5fee65fef993>
- Grupo Núñez (18 de enero de 2024). Fraguado de hormigón: Claves para resistencia y durabilidad en construcción. *Grupo Núñez*. <https://gruponunez.com/blog/fraguado-hormigon-construccion>
- Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L. D., y Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el hormigón. *Tecnología en Marcha*, 25(2), 80-86. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632>
- Ilg, M., y Plank, J. (2020). Effect of non-ionic auxiliary dispersants on the rheological properties of mortars and concretes of low water-to-cement ratio. *Construction and Building Materials*, 259, 119780. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119780>
- Illangakoon, G. B., Asamoto, S., Nanayakkara, A., y Trong, L. N. (2019). Concrete

- cold joint formation in hot weather conditions. *Construction and Building Materials*, 209, 406-415. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.093>
- Licandro, O., Ortigueira-Sánchez, L. C., y Barraeta, M. C. (2024). Compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, desempeño económico y recursos humanos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(108), 1483-1503. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.108.1>
- Manrique, J. A. (2019). *Diseño y prueba de mezclas de hormigón con baja pérdida de trabajabilidad en el tiempo* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/fl1a77e53-d8df-480f-bfc0-1c2efe36ca96>
- Okwadha, G. D. O., y Makomele, D. M. (2018). Evaluation of water hyacinth extract as an admixture in concrete production. *Journal of Building Engineering*, 16, 129-133. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.01.002>
- Sierra-Sánchez, J., Sotelo-González, J., y Vivar-Zurita, H. (2020). X-ray of Spanish universities: Management, structure, educational programmes and budgets. *Culture and Education, Cultura y Educación*, 32(4), 738-775. <https://doi.org/10.1080/11356405.2020.1819121>
- Sika Argentina (2025). Hoja Técnica: Sikament-33 S. *Sika Argentina*. https://arg.sika.com/dam/dms/ar01/3/sikament_-33_s.pdf
- Suárez, A., Tola, J. A., Mendez, R., y Aquino, J. H. (2022). Influencia del aditivo superplastificante en el hormigón con agregado laterítico. *Métodos y Materiales*, 12, 42-51. <https://doi.org/10.15517/mym.v12i00.52645>
- Tapia, K. S. (2020). *Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto F'C=210 KG/CM2 por efecto de los cementos Pacasmayo, Quisqueya y Qhuna en la región Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7625?locale-attribute=de>