ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.898

Effect of the SikaCem Plasticizer Additive on Workability, Compressive Strength, and Flexural Strength in Conventional Concrete f'c=210 kg/cm²

Tomy Cabrera-Alcantara[1]; Alex Lavado-Vera[2]; Cinthya Alvarado[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Perú, *n00056668@upn.pe, n00098465@upn.pe, cinthya.alvarado@upn.edu.pe*

Abstract*– The present study, conducted in Trujillo, Perú, addresses issues related to the workability of concrete, a key factor influencing pathologies such as honeycombing. The main objective was to evaluate the impact of adding SikaCem plasticizer on the physical and mechanical properties of conventional concrete with f'c = 210 kg/cm². The research followed a quantitative, applied, and explanatory approach. The results demonstrated that the incorporation of SikaCem significantly improves the workability of concrete. Additionally, it increases compressive strength by 44.09% and flexural strength by 14%, with the optimal design being the one using 500 ml of the additive. In conclusion, the addition of SikaCem plasticizer, in dosages of 250, 375, and 500 ml, optimizes both physical properties (workability) and mechanical properties (compressive and flexural strength), offering practical solutions to improve the quality of concrete in construction.

Keywords*— conventional concrete, compressive strength, flexural strength, SikaCem plasticizer, concrete workability.

Efecto del Aditivo SikaCem Plastificante sobre la Trabajabilidad, Resistencia a la Compresión y Flexión en Concreto Convencional f'c=210 kg/cm²

Tomy Cabrera-Alcantara[1]; Alex Lavado-Vera[2]; Cinthya Alvarado[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Perú, *n00056668@upn.pe, n00098465@upn.pe, cinthya.alvarado@upn.edu.pe*

Resumen*– El presente estudio, realizado en Trujillo, Perú, aborda los problemas relacionados con la trabajabilidad del concreto, un factor clave que influye en patologías como las cangrejeras. El objetivo principal fue evaluar el impacto de la adición de SikaCem plastificante en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional de f'c = 210 kg/cm². La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, aplicado y explicativo. Los resultados demostraron que la incorporación de SikaCem mejora significativamente la trabajabilidad del concreto. Además, incrementa la resistencia a la compresión en un 44.09% y la resistencia a la flexión en un 14%, destacando el diseño con 500 ml de aditivo como el óptimo. En conclusión, la adición de SikaCem plastificante, en dosificaciones de 250, 375 y 500 ml, optimiza tanto las propiedades físicas (trabajabilidad) como las mecánicas (resistencia a compresión y flexión), ofreciendo soluciones prácticas para mejorar la calidad del concreto en la construcción.

Palabras clave—concreto convencional, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, SikaCem plastificante, trabajabilidad del concreto.

I. Introducción

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción a nivel mundial, sirviendo como base para infraestructuras y edificaciones en prácticamente todos los países. Su versatilidad, durabilidad y adaptabilidad lo han consolidado como un pilar fundamental del entorno construido. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, el concreto tradicional presenta desafíos significativos, tanto desde el punto de vista ambiental como técnico. [1] En particular, el uso del cemento Portland, ingrediente clave del concreto, contribuye al 8% de las emisiones antropogénicas de CO_2 a nivel mundial. Esta problemática subraya la necesidad de optimizar las mezclas de concreto para reducir su impacto ambiental sin comprometer su rendimiento. [2]

Una estrategia ampliamente adoptada para mejorar las propiedades del concreto es la incorporación de aditivos químicos. Estos compuestos permiten optimizar la trabajabilidad, reducir el contenido de agua y mejorar las propiedades mecánicas del material. [3] Entre estas propiedades, la resistencia a la compresión y flexión son fundamentales para garantizar el desempeño estructural del concreto. Además, los aditivos que mejoran la trabajabilidad son esenciales para asegurar un adecuado asentamiento, facilitando la colocación y compactación del material durante su aplicación práctica. [4]

En este sentido, diversos estudios han destacado la importancia de los aditivos superplastificantes para mejorar las cualidades del concreto. En Libia, investigaciones recientes han demostrado que estos aditivos no solo optimizan la trabajabilidad, sino también incrementan la resistencia a la compresión y flexión. [5] En Croacia, señalan que el diseño y la elaboración del concreto son factores clave para garantizar propiedades adecuadas, lo que ha llevado a una búsqueda constante de materiales innovadores. [6] Asimismo, en Palestina, exploraron el uso de materiales sostenibles, como llantas de desecho, en combinación con aditivos químicos para mejorar propiedades como el asentamiento, la resistencia a la compresión y la absorción de agua. [7]

En paralelo, la innovación en materiales de construcción, como el desarrollo de nanomateriales, ha abierto nuevas posibilidades para mejorar las propiedades del concreto. Sin embargo, los aditivos tradicionales, como los basados en lignosulfonatos, siguen siendo fundamentales para optimizar las mezclas de concreto convencional. [8]

Este interés por los aditivos se refleja en el creciente número de publicaciones científicas sobre el tema. Un análisis bibliométrico realizado con RStudio y la herramienta Bibliometrix/Biblioshiny revela un incremento significativo en artículos relacionados con la fórmula de búsqueda "concrete AND additives" entre 2016 y 2024, indexados en Scopus, con un crecimiento anual promedio del 2%, como se observa en la Fig. 1. Este aumento destaca la relevancia global de investigar cómo los aditivos pueden mejorar las propiedades del concreto.

A pesar de este avance, existe una brecha geográfica en la investigación sobre aditivos. Como se muestra en la Fig. 2, la mayoría de los estudios se concentran en países como China e India, mientras que regiones como América Latina están subrepresentadas. Este vacío evidencia la necesidad de evaluar la viabilidad de estos aditivos en contextos locales, como Trujillo, Perú. En este contexto, en la Ref. [9] se demuestra que la incorporación de SikaCem mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas del concreto, incluso en obras informales. Además, en la Ref. [10] se evaluó la pérdida de trabajabilidad y encontró que, aunque disminuye ligeramente, la resistencia a la compresión y flexión aumenta con la adición óptima de 1% de aditivo líquido SikaCem.

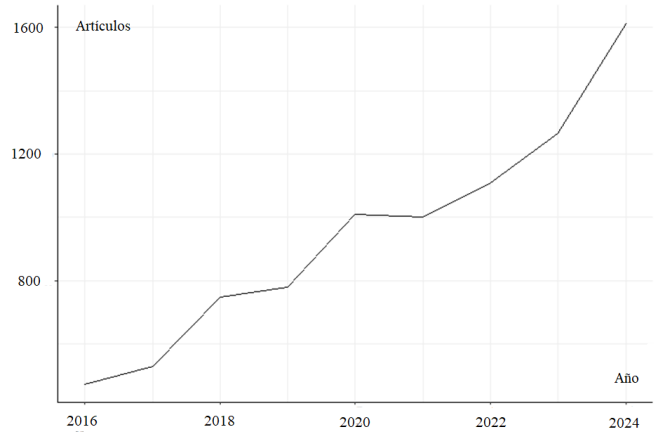

Fig. 1 Producción científica anual

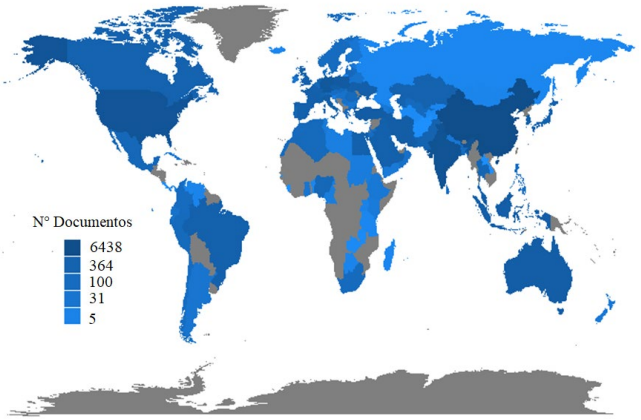

Fig. 2 Producción científica por país

El presente estudio evalúa el efecto del SikaCem Plastificante, un aditivo basado en lignosulfonatos y polímeros orgánicos, en las propiedades de un concreto convencional con f'c=210 kg/cm². Este aditivo, conocido por su capacidad para reducir el contenido de agua y mejorar la cohesión interna del concreto, fue incorporado en diferentes dosificaciones (0ml/bls, 250 ml/bls, 350 ml/bls y 500 ml/bls) para evaluar su influencia en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. La justificación principal de este estudio es contribuir al desarrollo de construcciones más seguras y duraderas mediante la optimización de las propiedades del concreto, reduciendo la necesidad de intervenciones por mantenimiento o reparaciones.

II. Metodología

El actual estudio tuvo un enfoque cuantitativo, respecto al tipo de investigación es aplicado, con relación al nivel del estudio es explicativo, en cuanto al diseño, es experimental. El objetivo del diseño experimental fue evaluar el efecto del aditivo SikaCem Plastificante en las propiedades del concreto fresco y endurecido, considerando diferentes dosificaciones (0ml/bls, 250 ml/bls, 350 ml/bls y 500 ml/bls).

Respecto a la población, se considera a la producción de concreto con especial consideración de los diseños de mezcla en la ciudad de Trujillo. La muestra correspondió a los 12 ensayos del concreto en estado fresco, como se presenta en la Tabla I, donde se evaluó sus propiedades de asentamiento y las 60 pruebas en estado endurecido, que se detallan en la Tabla II, donde se evaluó sus cualidades de firmeza a la compresión y flexión.

TABLA I
NÚMERO DE PRUEBAS PARA CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Ensayos	Dosificación de Aditivo Sika Cem	Cantidad de Pruebas a Realizar por dosificación	Total de Pruebas por Ensayo
Asentamiento	0 ml	3	12
	250 ml	3	
	375 ml	3	
	500 ml	3	

TABLA II
NÚMERO DE PRUEBAS PARA CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Ensayos de resistencia	Aditivo Sika Cem	Cantidad de Probetas a Elaborar				Total de Pruebas por Ensayo
		1 día	3 días	7 días	28 días	
Compresión	0 ml	3	3	3	3	48
	250 ml	3	3	3	3	
	375 ml	3	3	3	3	
	500 ml	3	3	3	3	
Flexión	0 ml	-	-	-	3	12
	250 ml	-	-	-	3	
	375 ml	-	-	-	3	
	500 ml	-	-	-	3	

El procedimiento, que se muestra en la Fig. 3, comenzó con la recolección de información relevante, utilizando antecedentes de estudios y normativas técnicas para garantizar una base sólida en el desarrollo del proyecto. Luego, se adquirieron los materiales necesarios, como agregados finos y gruesos provenientes de la cantera El Milagro, en la provincia de Trujillo, además de cemento Portland MS, caracterizado por su durabilidad y resistencia al salitre. Estos materiales fueron evaluados mediante ensayos normativos que incluyeron parámetros físicos y mecánicos.

Posteriormente, se procedió a la caracterización de los agregados. En el ensayo de granulometría, se realizó el cuarteo de las muestras para obtener una muestra representativa que fue tamizada, registrándose el material retenido en cada tamiz y generándose la curva granulométrica. En cuanto al contenido de humedad, se pesaron muestras en su estado natural, se secaron en horno durante 24 horas y luego se pesaron nuevamente para calcular el porcentaje de humedad. Los pesos unitarios y compactados se determinaron utilizando moldes metálicos, compactando los agregados en capas con golpes controlados y nivelando el material para registrar los pesos

correspondientes. Para el ensayo de peso específico y absorción, las muestras fueron lavadas, secadas, saturadas y pesadas en diferentes condiciones (seco, saturado y bajo inmersión), siguiendo las normativas establecidas (NTP 400.017 y NTP 399.604).

Fig. 3 Procedimiento experimental

Con los datos obtenidos, se desarrollaron diseños de mezcla para concreto, incluyendo un diseño patrón con una resistencia de f'c = 210 kg/cm² y diseños experimentales con diferentes dosificaciones del aditivo SikaCem. Se evaluaron las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. En el estado fresco, se midió la trabajabilidad mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams (NTP 339.035), registrando la diferencia de altura tras levantar el cono. En el estado endurecido, se llevaron a cabo ensayos de compresión (ASTM C39) y flexión (ASTM C78).

Para el ensayo de resistencia a la compresión, se utilizaron probetas cilíndricas de dimensiones estándar de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, siguiendo las especificaciones de la normativa ASTM C39. Estas dimensiones son ampliamente aceptadas en la industria debido a su capacidad para proporcionar resultados precisos y reproducibles en la medición de la resistencia a la compresión del concreto. Por otro lado, para el ensayo de resistencia a la flexión, se emplearon vigas de concreto con una sección transversal de 150 x 150 mm (6 x 6 pulgadas) y una longitud mínima de luz libre de tres veces el espesor de la viga, es decir, 450 mm, según lo establecido en la normativa ASTM C78. Este diseño permite evaluar la resistencia a la flexión mediante la aplicación de cargas en el centro de la viga hasta su falla, simulando condiciones reales de esfuerzo en estructuras no reforzadas.

La elaboración de las muestras de concreto incluyó probetas cilíndricas y vigas. Las probetas fueron compactadas con varillas para minimizar vacíos y curadas según normativas antes de los ensayos de compresión. Las vigas siguieron un proceso similar, utilizando desmoldantes y realizándose su curado bajo inmersión previo a los ensayos de flexión.

Este procedimiento, permitió evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto con y sin la adición del aditivo SikaCem, determinando mejoras significativas en la trabajabilidad, resistencia a compresión y resistencia a flexión.

III. Resultados

En la Tabla III se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del agregado grueso y fino, con los ensayos de humedad, módulo de finura, peso unitario, peso específico y absorción.

TABLA III
Características del agregado fino y grueso

Características físicas	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de humedad	2.0 %	0.40%
Módulo de finura	2.5	½"
Peso unitario suelto	1.65 kg/cm^3	1.523 kg/cm^3
Peso unitario compactado	1.84 kg/m^3	1.655 kg/m^3
Peso específico base seca	2.48 kg/cm^3	2.48 kg/cm^3
Peso específico base SSS	2.52 kg/cm^3	2.52 kg/cm^3
Absorción	1.70%	1.80%

En la Fig. 4, se presenta la distribución granulométrica del agregado fino que tiene un módulo de finura de 2.5, dentro del rango óptimo (2.30–3.30), lo que la hace adecuada para la fabricación de concreto. Aunque hay un ligero desvío en la malla número 50, no afecta su idoneidad.

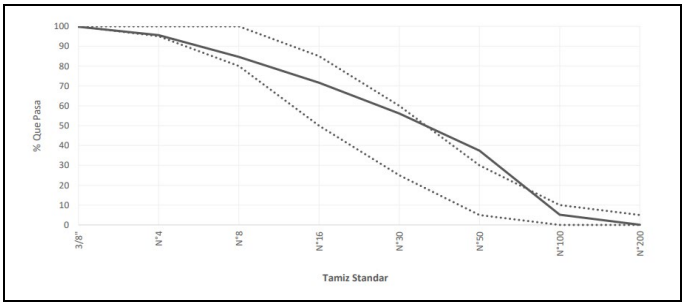

Fig. 4 Curva granulométrica del agregado fino

La distribución granulométrica del agregado grueso se muestra en la Fig. 5, donde se puede comprobar que cumple con las especificaciones técnicas, con un tamaño máximo nominal de ½", peso específico de 2.48 kg/cm³, absorción de 1.8% y contenido de humedad de 0.4%. Estos datos son fundamentales para el diseño de mezcla.

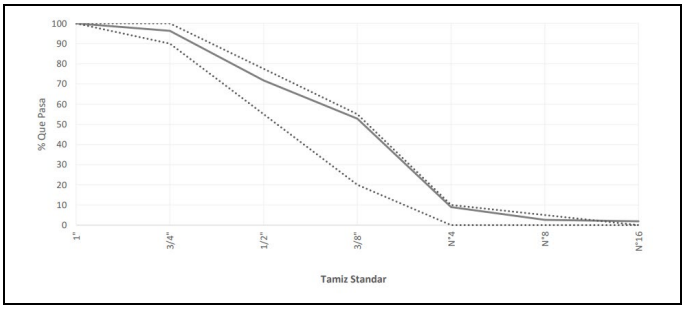

Fig. 5 Curva granulométrica del agregado grueso

En la Tabla IV se presenta la cantidad de materiales que intervinieron en la elaboración de las probetas de concreto, los cuales fueron calculados con el diseño de mezcla según la norma ACI 211.1.

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

Componente	Peso (kg/m^3)	Tanda (0.047 m^3)
		Peso (kg)
Cemento	362	17.01
Agua	210	9.89
Agregado fino	653	30.69
Agregado grueso	961	45.17
Total	2186	102.76

La trabajabilidad, medida mediante el ensayo de asentamiento, como se muestra en la Fig. 6, mejora significativamente con la adición de SikaCem plastificante. El diseño con 500 ml de aditivo alcanza un asentamiento máximo de 8.5" a tiempo inicial, superior al valor de 2.25" de la muestra patrón. A los 60 minutos, el asentamiento disminuye a 4.50", pero sigue siendo superior al de la muestra patrón (1.25").

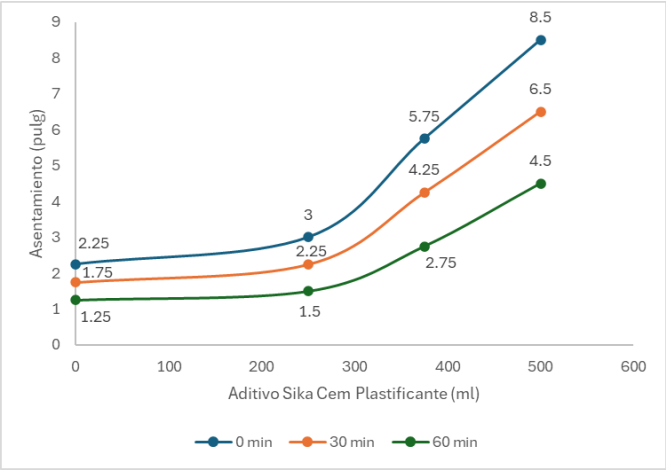

Fig. 6 Asentamiento versus porcentaje de aditivo

En la Fig. 7 se presenta el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto en función del tiempo de curado (1, 3, 7 y 28 días) para las diferentes dosificaciones del aditivo SikaCem plastificante. Cada serie representa una dosificación específica (0 ml, 250 ml, 375 ml y 500 ml), lo que permite observar claramente la evolución temporal de la resistencia. A 1 día de curado, se evidencia un incremento significativo en la resistencia a medida que aumenta la cantidad de aditivo, destacándose la dosificación de 500 ml con un valor promedio de 89 kg/cm², superior al de la muestra patrón (43 kg/cm²). Este comportamiento temprano sugiere que el aditivo acelera el desarrollo inicial de resistencia. A los 3 y 7 días de curado, las diferencias entre las dosificaciones se mantienen, aunque tienden a estabilizarse. Finalmente, a los 28 días, se alcanzan los valores máximos de resistencia, con la dosificación de 500 ml superando ampliamente al resto, llegando a 317 kg/cm², lo que representa un aumento del 44.09% respecto a la muestra patrón (220 kg/cm²). Esta figura es especialmente útil para visualizar el efecto del aditivo en el desarrollo progresivo de la resistencia a lo largo del tiempo, destacando su capacidad para mejorar tanto el desempeño inicial como el final del concreto.

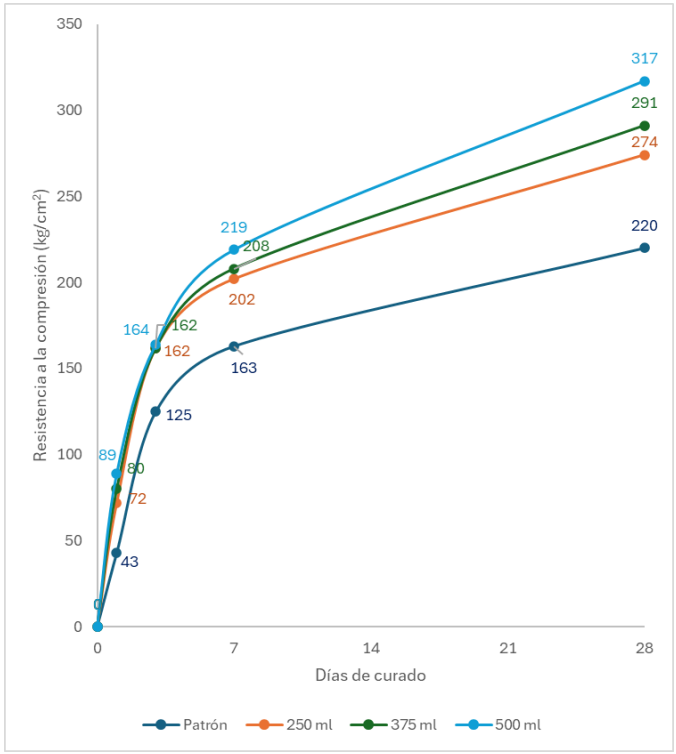

Fig. 7 Resistencia a la compresión a 1, 3, 7 y 28 días de curado

En la Fig. 8 se centra exclusivamente en la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, comparando directamente el efecto de las diferentes dosificaciones del aditivo SikaCem plastificante. Aquí, se observa claramente cómo la resistencia aumenta de manera proporcional con la cantidad de aditivo incorporado. La muestra patrón (sin aditivo) alcanza una resistencia promedio de 220 kg/cm², mientras que las mezclas con aditivo muestran mejoras significativas: 274 kg/cm² (250 ml), 291 kg/cm² (375 ml) y 317 kg/cm² (500 ml). Este incremento gradual demuestra la eficacia del aditivo para optimizar la resistencia mecánica del concreto a edades avanzadas de curado. El gráfico permite identificar rápidamente la dosificación óptima (500 ml) y cuantificar el impacto relativo del aditivo en comparación con la muestra patrón. Además, resalta la relación directa entre la cantidad de aditivo y el rendimiento mecánico, proporcionando una visión clara y concisa del beneficio práctico del uso de SikaCem en aplicaciones estructurales.

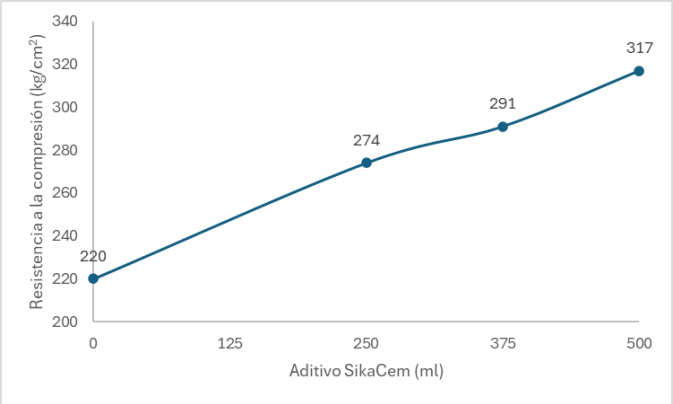

Fig. 8 Resistencia a la compresión a los 28 días de curado

En cuanto a la resistencia a flexión, que se muestra en la Fig. 9, el diseño con 500 ml de aditivo alcanza un valor promedio de 57.8 kg/cm², superando en 14% al valor de la muestra patrón (50.7 kg/cm²). La ubicación de la falla en todos los casos fue en el tercio central.

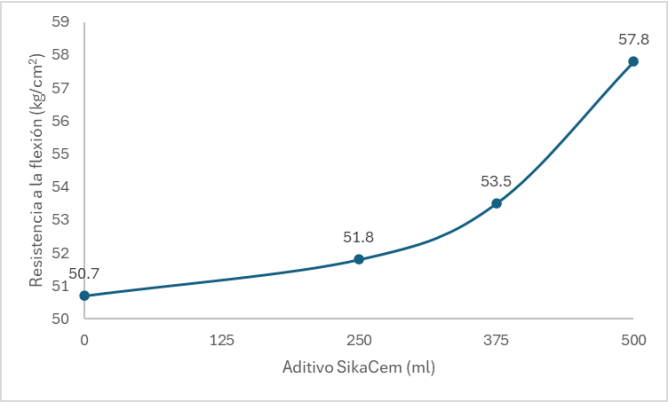

Fig. 9 Resistencia a la flexión a distintas dosificaciones de aditivo

IV. Discusión

La presente investigación demostró que la adición del aditivo SikaCem plastificante genera mejoras significativas en las propiedades del concreto, consolidándose como una solución efectiva para optimizar su desempeño. Los resultados obtenidos se alinean con hallazgos de investigaciones previas realizadas por las Referencias [11], [12] y [13], quienes evidenciaron que los aditivos plastificantes incrementan la trabajabilidad y las resistencias mecánicas del concreto. En este estudio, se observó que la trabajabilidad, medida a través del ensayo de asentamiento, incrementó sustancialmente con mayores dosificaciones de aditivo, alcanzando un valor de 8.50 pulgadas con 500 ml de SikaCem, frente al diseño patrón que presentó un valor de 2.25 pulgadas. Este comportamiento es consistente con trabajos de las Referencias [5], [9] y [14], quienes reportaron mejoras similares al evaluar diferentes tipos de aditivos.

En cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados también fueron contundentes. Se evidenció un incremento del 24.54%, 32.27% y 44.09% al incorporar 250, 375 y 500 ml de aditivo SikaCem, respectivamente. Estos valores demuestran la eficacia del aditivo para reforzar las propiedades mecánicas del concreto, corroborando investigaciones previas como las Referencias [10] y [15], quienes señalaron que la incorporación de aditivos superplastificantes mejora significativamente la resistencia a la compresión al optimizar la densidad y cohesión de la mezcla. Por otro lado, la resistencia a la flexión también mostró mejoras relevantes, alcanzando valores de 51.8, 53.5 y 57.8 kg/cm² con las dosificaciones mencionadas. Estos resultados concuerdan con estudios de las Referencias [10] y [16], quienes demostraron incrementos similares al emplear aditivos plastificantes en diseños experimentales.

Desde una perspectiva práctica, los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de SikaCem plastificante es ideal para proyectos en los que se requieren concretos con alta trabajabilidad y resistencias optimizadas, contribuyendo a una construcción más eficiente y durable. Esto es particularmente relevante en contextos locales como Trujillo, Perú, donde las condiciones ambientales (como la alta humedad y salinidad) pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto. La mejora en la resistencia a la compresión y flexión observada en este estudio podría ser especialmente beneficiosa para estructuras expuestas a estas condiciones adversas, como edificaciones costeras o infraestructuras críticas. Además, la mayor trabajabilidad facilita la colocación del concreto en zonas de difícil acceso, lo que es crucial en proyectos de rehabilitación de estructuras históricas o mantenimiento de infraestructuras existentes.

En el ámbito teórico, esta investigación reafirma la validez de las teorías propuestas por las Referencias [10], [12] y [13], quienes argumentaron que los aditivos plastificantes no solo mejoran la trabajabilidad del concreto, sino que también incrementan sus resistencias mecánicas. Sin embargo, este estudio aporta un valor adicional al evaluar simultáneamente las propiedades frescas y endurecidas del concreto, proporcionando una visión integral del impacto del aditivo. Este enfoque holístico permite identificar dosificaciones óptimas que equilibran la trabajabilidad y las propiedades mecánicas, algo que no siempre se aborda en estudios previos. Además, los resultados obtenidos con SikaCem Plastificante sugieren que este aditivo puede ser una alternativa económica frente a otros superplastificantes más costosos, lo que lo hace particularmente atractivo para mercados emergentes como el peruano.

A pesar de los resultados positivos, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. Por ejemplo, el análisis se centró exclusivamente en mezclas de concreto convencional con f'c=210 kg/cm², lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otros tipos de concreto o resistencias. Además, aunque se evaluaron las propiedades mecánicas y físicas del concreto, no se consideraron aspectos relacionados con la durabilidad a largo plazo, como la

resistencia al ataque químico, la carbonatación o la permeabilidad. Futuras investigaciones podrían explorar estos factores, así como evaluar el impacto del SikaCem Plastificante en mezclas de concreto reforzado con fibras o en combinación con otros aditivos. Estas líneas de investigación podrían proporcionar una comprensión más completa del potencial de este aditivo en aplicaciones avanzadas de ingeniería civil.

Metodológicamente, el estudio resalta la importancia de un diseño experimental riguroso para evaluar los efectos de los aditivos plastificantes en el concreto. La manipulación controlada de las dosificaciones permitió identificar el impacto directo sobre las propiedades físico-mecánicas, lo que aporta una base sólida para futuras investigaciones. Además, la implementación de ensayos estandarizados garantiza la reproducibilidad de los resultados, consolidando la investigación como una referencia para quienes busquen optimizar las mezclas de concreto mediante el uso de aditivos. En resumen, este trabajo confirma el valor del aditivo SikaCem plastificante como una herramienta clave para mejorar la calidad del concreto en la industria de la construcción, destacando su potencial para aplicaciones locales y globales.

V. CONCLUSIONES

La investigación concluyó que la incorporación del aditivo SikaCem plastificante en dosificaciones de 250, 375 y 500 ml mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas del concreto. En términos de trabajabilidad, se logró un valor óptimo de 8.5 pulgadas con 500 ml de aditivo, superando el valor de 2.25 pulgadas del diseño patrón. Respecto a la resistencia a compresión, se determinó un incremento notable, alcanzando 317 kg/cm² con 500 ml de aditivo, frente a los 220 kg/cm² del concreto patrón, y mostrando mejoras consistentes con dosificaciones de 250 y 375 ml, que lograron resistencias de 274 y 291 kg/cm², respectivamente. Asimismo, la resistencia a flexión aumentó a valores de 51.8, 53.5 y 57.8 kg/cm² con las tres dosificaciones mencionadas, en comparación con los 50.7 kg/cm² del diseño patrón, lo que demuestra el impacto positivo del aditivo en el diseño de mezclas de concreto.

Se recomienda a futuros investigadores evaluar dosificaciones superiores a 500 ml para determinar el límite de efectividad del aditivo, así como analizar el punto en el que su incorporación podría ser contraproducente. Es necesario realizar estudios con un mayor número de probetas para obtener resultados más precisos en términos de resistencia y flexión, además de explorar el efecto del aditivo en propiedades como durabilidad y permeabilidad. También se sugiere realizar comparaciones con otros aditivos superplastificantes para evaluar la eficacia relativa y ampliar las aplicaciones del concreto optimizado con SikaCem.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Privada del Norte por brindarnos las instalaciones y recursos necesarios para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

[1] K. A. Eltawil, M. M. Keshta, M. M. Yousry Elshikh, W. E. El-Demerdash, y O. Youssf, «Performance of engineered cementitious composites containing high volume of ceramic powder and magnetized water», Hybrid Adv., vol. 8, p. 100371, mar. 2025, doi: 10.1016/j.hybadv.2024.100371.

[2] A. Amitani y S. A. Miller, «Varying aggregate sizes, plasticizers, and supplementary cementitious materials to efficiently use Portland clinker in concrete», Environ. Res. Infrastruct. Sustain., vol. 4, n.o 4, p. 045011, dic. 2024, doi: 10.1088/2634-4505/ad9d76.

[3] O. A. Larsen, S. V. Samchenko, O. V. Zemskova, A. V. Korshunov, y A. A. Solodov, «Self-Compacting Mixtures of Fair-Faced Concrete Based on GGBFS and a Multicomponent Chemical Admixture—Technological and Rheological Properties», Buildings, vol. 14, n.o 11, p. 3545, nov. 2024, doi: 10.3390/buildings14113545.

[4] A. L. Shultsev, N. M. Kalinouskaya, y D. A. Belov, «Synthesis and study of the effect of the structure of HPEG-type polycarboxylate plasticizers on the properties of low-strength concrete», Polymer, vol. 301, p. 127027, may 2024, doi: 10.1016/j.polymer.2024.127027.

[5] M. G. Musbah, A. M. A. Allam, H. A. Saleh, y I. M. Ateeg, «Effects of Superplasticizing Admixtures on the Compressive Strength of Concrete», Univers. J. Eng. Sci., vol. 7, n.o 2, pp. 39-45, abr. 2019, doi: 10.13189/ujes.2019.070203.

[6] R. Bušić, I. Miličević, I. Rakocija, y A. Mendeš, «Experimental investigation on workability and mechanical properties of carbon fiber reinforced high-strength concrete (HSC) containing waste bakelite aggregate (WBA)», Mater. Today Proc., p. S2214785323035447, jun. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.06.151.

[7] O. Abdulfattah et al., «Experimental evaluation of using pyrolyzed carbon black derived from waste tires as additive towards sustainable concrete», Case Stud. Constr. Mater., vol. 16, p. e00938, jun. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e00938.

[8] A. Kostrzanowska-Siedlarz, K. Musioł, T. Ponikiewski, D. Janas, y M. Kampik, «Facile Incorporation of Carbon Nanotubes into the Concrete Matrix Using Lignosulfonate Surfactants», Materials, vol. 17, n.o 20, p. 4972, oct. 2024, doi: 10.3390/ma17204972.

[9] F. Rodriguez y L. Vera, «Evaluación de sikacem plastificante para mejorar la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto usado en la construcción de viviendas informales en el distrito La Esperanza, Trujillo», Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte, 2020. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24553.

[10] P. Burga, «Determinación de la pérdida de trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión de concretos elaborados con Sikacem Plastificante y Sikacem-1 Plastificante, Trujillo», Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, 2021. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12692/74554.

[11] J. Solanki, M. Gupta, P. Gurha, y S. Agrawal, «Effects of chemicals as superplasticizer on various properties of the concrete», Int. J. Creat. Res. Thoughts, vol. 8, n.o 6, pp. 4360-4369, 2020.

[12] J. Vivanco, «Evaluación de la consistencia del concreto con aditivo SikaCem plastificante en mezclas secas embolsadas sobre la resistencia del concreto en la ciudad de Huancayo - 2019», Tesis de Pregrado, Universidad Continental, Huancayo, 2021. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10525.

[13] F. Castañeda, «Efecto del aditivo SikaCem Impermeable y Sika WT-100 en la resistencia a la compresión y permeabilidad de concretos para cimentación», Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, 2021. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12692/75104.

[14]C. A. Ezeagu y E. E. Ezeagu, «Influence of Super plasticizer on the Compressive Strength and Setting Time of Concrete», Am. J. Eng. Technol. Manag., vol. 6, n.o 5, p. 82, 2021, doi: 10.11648/j.ajetm.20210605.12.

[15]E. Gonzales y C. Arteaga, «Influencia del aditivo plastificante SikaCem en la resistencia a la compresión del concreto, Tarapoto - provincia de San Martín - Perú, 2021», Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Perú, 2021. [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.14503/1478

[16]C. Mego, «Evaluación de la influencia del aditivo superplastificante Sikacem en la resistencia a compresión del concreto f'c=210 kg/cm2, Lima - 2021», Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte, 2022. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/11537/33111