

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0281>

INFLUENCIA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA Y POROSIDAD DEL HORMIGÓN CON VARIAS RELACIONES AGUA-CEMENTO

INFLUENCE OF SUPERPLASTIFYING ADDITIVE ON THE STRENGTH AND POROSITY OF CONCRETE WITH VARIOUS WATER-CEMENT RATIOS

Valdivieso-Galarza Jacinto Alexander¹; Ureta-Centeno Anderson Ariel²;
Guerra-Mera Juan Carlos³

¹ Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Civil. Portoviejo, Ecuador. Correo: jvaldivieso3887@utm.edu.ec.

² Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Civil. Portoviejo, Ecuador. Correo: aureta7195@utm.edu.ec.

³ Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Civil. Portoviejo, Ecuador. Correo: juan.guerra@utm.edu.ec.

Resumen

La evolución de los materiales utilizados en la ingeniería del hormigón, son factores claves que afectan directamente a la resistencia y porosidad, así como también a la durabilidad y desempeño estructural; el uso de los aditivos superplastificantes como reductores de agua contribuyen a mejorar la calidad del hormigón sin afectar su trabajabilidad. Esta investigación tiene como propósito evaluar el efecto que causa el aditivo superplastificante en la resistencia a la compresión y el porcentaje de porosidad del hormigón. Para este trabajo se diseñaron varias relaciones a/c, donde se mantuvo constante la cantidad de superplastificante y el contenido de cemento. Se realizaron especímenes cilíndricos, los cuales fueron puestos a ensayos de resistencia y porosidad luego de cumplir con un período de curado en condiciones controladas. Los resultados obtenidos luego de los ensayos realizados nos demuestran que, con la incorporación del aditivo superplastificante, en las mezclas de hormigón cuya relación agua-cemento es baja, logra optimizar significativamente las propiedades del hormigón y también reduce la porosidad. Sin embargo, en mezclas con una relación alta, el aditivo es menos significativo debido al exceso de agua, esto produce mayor porosidad, menor resistencia y durabilidad del hormigón. La utilización de superplastificante en dosis correcta, potencia significativamente las propiedades del hormigón. La optimización del diseño de mezclas mediante la correcta dosificación del aditivo es fundamental para obtener hormigones con mejor comportamiento estructural y mayor vida útil.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, Superplastificantes, Porosidad, Durabilidad del hormigón, Relación agua-cemento.

Abstract

The evolution of the materials used in concrete engineering are key factors that directly affect strength and porosity, as well as durability and structural performance; The use of superplasticizer additives as water reducers contributes to improving the quality of concrete without affecting its workability. The purpose of this research is to evaluate the effect of the superplasticizer additive on the compressive strength and porosity percentage of concrete. For this work, several a/c ratios were designed, where the amount of superplasticizer and the cement content were kept constant. Cylindrical specimens were made, which were tested for resistance and porosity after completing a curing period under controlled conditions. The results obtained after the tests carried out show us that, with the incorporation of the superplasticizer additive, in concrete mixtures whose water-

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de abril de 2025.

Fecha de aceptación: 05 de junio de 2025.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2025.



cement ratio is low, it manages to significantly optimize the properties of the concrete and also reduces porosity. However, in mixtures with a high ratio, the additive is less significant due to excess water, this produces greater porosity, lower strength and durability of the concrete. The use of superplasticizer in the correct dose significantly enhances the properties of the concrete. The optimization of the design of mixtures through the correct dosage of the additive is essential to obtain concretes with better structural behavior and longer useful life.

Keywords: Compressive strength, Superplasticizers, porosity, Durability of concrete, Water-cement ratio.

1. Introducción

La resistencia del hormigón depende de varios factores como son: la calidad y proporción de los materiales, mano de obra y de los cuidados posteriores al vaciado. Sin embargo, para obtener hormigones con mejores prestaciones mecánicas utilizando aditivos superplastificantes, es fundamental realizar estudios que permitan mejorar sus propiedades, optimizando su trabajabilidad y resistencia, para aumentar la vida útil de las estructuras. Uno de los factores que afecta la porosidad es la relación a/c, pues un exceso de agua genera una red capilar más conectada, aumentando la permeabilidad y reduciendo la resistencia a la compresión. Para mitigar este efecto, se emplean los superplastificantes, los cuales permiten reducir el contenido de agua sin afectar a la mezcla.

Según Francisco (2022), El hormigón es un material que presenta propiedades como “trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad “y es muy utilizado en el sector de la construcción, construidas ya sea siendo en ambientes de húmeda, temperatura, salinidad, bajo el agua, dependiendo el caso de cada construcción, por esto es recomendable hacer uso del aditivo apropiado que aporte las propiedades necesarias para la mejor ejecución de la obra.

De acuerdo con lo expresado por Silva (2023), “Los superplastificantes permiten dosificaciones hasta 5 veces mayores sin alterar significativamente el tiempo de fraguado ni el contenido de aire del hormigón” (p.5). Con la ayuda del aditivo se puede aumentar la dosificación sin afectar aspectos claves del fraguado y la calidad del hormigón, ya que una mayor

dosificación de superplastificante mejora la fluidez de la mezcla, permitiendo reducir la cantidad de agua. Además, al no alterar el contenido de aire, se evita la generación de vacíos que podrían disminuir la resistencia mecánica.

Debido a la incertidumbre de saber si contamos con una buena calidad de hormigón en las construcciones empleando el aditivo superplastificante, es indispensable realizar un análisis de la resistencia y porosidad del hormigón en base a la influencia del aditivo y las diferentes dosificaciones de agua-cemento.

Gutiérrez Barahona, (2018) en su tesis titulada: "Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los hormigones de resistencias convencionales", hace referencia a que: "Un buen hormigón, depende de la calidad de la pasta de cemento, de los agregados y de la mezcla entre estos. En un hormigón idóneamente diseñado, cada partícula de agregado es totalmente cubierta por la pasta, así como también los espacios que se

generaran entre las partículas" (p.7). El diseño óptimo de esta integración, depende de una dosificación precisa y de una apropiada elección de materiales, lo cual garantiza que la pasta cubra los agregados y ocupe los vacíos, lo que contribuye a una mezcla más homogénea y con mayor resistencia.

Para garantizar la calidad del hormigón, es esencial que, la relación entre el agua y el cemento sea la adecuada, ya que esta proporción influye directamente en sus propiedades. Una menor relación a/c conduce a un hormigón de mayores resistencias, puesto que el exceso de agua podría generar porosidad. Por lo tanto, es importante encontrar un hormigón resistente y durable.

Por eso para obtener un hormigón compacto, la mezcla no debe contener excesiva ni poca cantidad de agua, ya que, si está demasiado seco, resulta difícilmente manejable y puede conllevar a que se formen pequeños huecos, surgiendo un grave problema en lo que concierne a la durabilidad del hormigón afectando principalmente su resistencia. Así como lo

establecieron Guerra et al., (2018) al indicar que las estructuras de hormigón armado deberán ser idóneas para su uso, satisfaciendo los requisitos funcionales durante el periodo de vida útil para la que se construye, sin que se produzcan gastos inesperados por mantenimiento y reparaciones.

Solís y Alcocer, (2019) en el artículo Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción, manifiesta que, en la estructura interna del hormigón endurecido el porcentaje de porosidad depende de los siguientes factores; la relación agua-cemento, las proporciones de agregados fino y grueso, el volumen de aire atrapado y el fraguado del cemento. (p.2). En la mayoría de las estructuras de hormigón, los problemas de durabilidad se deben principalmente a su elevada porosidad y permeabilidad, las cuales facilitan el paso de líquidos y gases.

La porosidad en el hormigón es un fenómeno dinámico sobre el que actúan dos fuerzas opuestas. Uno se basa en el consumo de agua; este es el proceso de curado. Mientras que el otro es el producto de la reacción del agua con las partículas de

cemento a medida que avanza la hidratación. Debido a esto, los espacios libres se llenan poco a poco por aire, generando así un aumento en el volumen interno de los poros (Álvaro, et al., 2020).

La capacidad de la resistencia del hormigón armado para soportar fuerzas de compresión, disminuye a medida que aumenta su porosidad, esto es debido a que esta influye directamente en su resistencia y durabilidad, mientras más poroso, tendrá menor resistencia y será más vulnerable al medioambiente. Por lo tanto, podemos concluir, que existe una relación inversa entre la porosidad y la resistencia a la compresión del hormigón. (León & Rodríguez, 2022). Por ello, es esencial obtener un adecuado diseño para la elaboración del hormigón, como la optimización de la relación a/c mediante el uso de aditivos superplastificantes, para minimizar la formación de vacíos y garantizar una estructura más compacta y duradera.

Los aditivos no forman parte de los componentes esenciales del hormigón, como el cemento, los agregados y el agua, sin embargo, su uso ha ido en aumento debido a

los beneficios que aportan en la optimización de costos como en la mejora de las propiedades del hormigón. Su aplicación facilita la modificación de las características del hormigón, adaptándolo a las condiciones especificadas de cada obra y a los requerimientos técnicos del proyecto, lo que los convierte en una herramienta clave para la industria de la construcción.

El uso del aditivo superplastificante representa una alternativa técnicamente viable y sostenible en la elaboración de hormigón, por lo que es necesario resolver la siguiente interrogante:

¿Qué relación de a/c es la más óptima para la aportación de resistencia al hormigón que permita poca porosidad con el aditivo superplastificante? Por eso se debe estudiar el comportamiento del aditivo, para poder determinar si influye positiva o negativamente en el hormigón.

Para resolver este cuestionamiento es indispensable analizar cómo influye el aditivo superplastificante en la resistencia y porosidad del hormigón, con varias relaciones a/c de 0.40; 0.45; 0.50.

2. Materiales y métodos

Selección de materiales

En el presente estudio, se utilizaron dos tipos de agregados, los mismo que provienen de dos canteras de la provincia de Manabí, el agregado fino (mezcla de 90 % arena homogenizada y 10 % arena dulce de barranco), mezcla realizada con la finalidad de obtener un módulo de finura óptimo, y el agregado grueso (ripio) de tamaño máximo nominal 1/2".

Como conglomerado se empleó Selvalegre Plus Cemento Portland Puzolánico Tipo IP. El agua utilizada en las mezclas fue potable, libre de suciedad y contaminantes orgánicos. Además, el aditivo superplastificante reductor de agua, en la cantidad de 1.65 % con respecto al peso del cemento, este cumple con la norma ASTM C-494, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad y desarrollo rápido de resistencias de las mezclas.

Métodos empleados en los materiales

Para evaluar la calidad de los agregados, se llevó a cabo la

caracterización de los materiales en el laboratorio de Mecánica de Suelos Rocas y Asfalto de la Universidad Técnica de Manabí, cumpliendo con las normativas establecidas: ASTM C 33-18, ACI 211.1-02, NTE INEN 872-11, NTE INEN 1855-2-15, los ensayos de pesos unitarios, pesos específicos y absorciones de agregados, humedad natural, ensayo de abrasión, análisis granulométrico por tamizado para determinar la distribución del tamaño de partículas de los agregados.

Dado los resultados del estudio de caracterización de los materiales, se determinó que la arena cumple con la normativa NTE INEN 872-11 debido a que el módulo de finura es de 2.63. Por otra parte, la grava presenta un desgaste por abrasión de 15.69 % y un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgadas. Tal como se muestra en la tabla 1.

De esta manera se confirma que los materiales cumplen con las condiciones necesarias para iniciar con los diseños de mezcla.

Tabla 1. Propiedades de los agregados de la provincia de Manabí.

Agregado fino		Agregado grueso
2.63	Módulo de finura	6.96
-	TMN (plg)	$\frac{1}{2}$ "
-	Perdida por abrasión (%)	15.69
6.71	% de Abs	5.58
6.54	% W	6.53

Dosificación de mezclas de hormigón

El diseño de mezclas de hormigón se realizó con base al método de volumen absoluto establecido en la norma ACI 211.1. En este estudio, se emplearon relaciones a/c de 0.40; 0.45 y 0.50, además del uso del aditivo superplastificante, evaluando

su resistencia a la compresión a los 28 días. En la tabla 2, se indican las dosificaciones de las mezclas de hormigón.

Tabla 2. Diseño de hormigón según la relación agua-cemento.

a/c	Cemento	Agregado grueso	Agregado fino	Agua	Agua (ajuste por humedad)	Aditivo	Reducción de agua	a/c real	F ^c según a/c real
	Kg	Kg	Kg	Lt	Lt	Kg	%		Kg/cm ²
0.40	9.33	14.85	12.86	3.732	3.62	0	0	0.40	346
0.40 A	9.33	14.85	12.86	3.732	3.62	0.154	10	0.36	358
0.45	8.29	14.85	13.9	3.732	3.62	0	0	0.45	296
0.45 A	8.29	14.85	13.9	3.732	3.62	0.137	16	0.38	352
0.50	7.46	14.85	14.73	3.732	3.62	0	0	0.50	252
0.50 A	7.46	14.85	14.73	3.732	3.62	0.123	16	0.42	326

Para comparar los diseños de hormigón con y sin aditivo superplastificante, en este estudio se redujo únicamente la cantidad de agua al emplear este aditivo.

A la a/c 0.40 A, se le realizó una reducción de agua del 10 % con el aditivo. Mientras que, para las a/c 0.45 A y 0.50 A, se le realizaron reducciones de agua del 16 % con el aditivo. Se usaron dos tipos de reducción de agua con el fin de profundizar un poco más el comportamiento del aditivo superplastificante. En todas estas mezclas se empleó la cantidad de aditivo superplastificante de 1.65 % el peso del cemento. Mientras que, las otras relaciones a/c se mantienen de acuerdo a su diseño propuesto, las que servirán para realizar una comparación de resistencia y

porosidad entre ambas mezclas. Todos los agregados fueron mezclados cuidadosamente para que exista homogeneidad.

Los resultados de los diseños de hormigón muestran, que cuanto menor es el valor a/c mayor será la resistencia del hormigón. La disminución natural en el valor a/c indica: reducción de la cantidad de agregado fino, aumento en la cantidad de cemento y mantener la cantidad de agregado grueso y agua.

En el caso del uso de aditivo superplastificante, este nos permite reducir cierta cantidad el valor a/c (como se muestran en la tabla 2 en los valores de a/c real) al reducir la cantidad de agua, gracias a que facilita la obtención de manejabilidad. Esta reducción con aditivo es considerada como una

mejora hacia un diseño de hormigón original, ya que la reducción real del valor a/c para obtener mejores resultados implica los demás factores ya antes indicados, estos se calculan realizando el diseño de hormigón con base al método de volumen absoluto establecido en la norma ACI 211.1.

Posteriormente, a las mezclas de hormigón fresco se les determinó la consistencia aplicando la ASTM

C143/C143M -15a mediante el cono de Abrams, en el cual consiste en colocar hormigón hasta el borde del molde cónico de 30 cm de altura y la disminución de altura que se produce cuando la mezcla se desmolda es considerada como la medida de consistencia, como se indica en la figura 1.

En la tabla 3 podemos apreciar los resultados de los ensayos de cono de Abrams de todas las muestras.

Figura 1. Ensayo de cono de Abrams



Tabla 3. Medición de consistencia del hormigón.

Consistencia (cono de Abrams)		
a/c	Sin aditivo	Con aditivo
	cm	cm
0.40	8	19.5
0.45	8.5	12.2
0.50	8	15.5

Para la fundición de los especímenes de hormigón los moldes se prepararon previamente aplicándole aceite, para luego procederlos a ocupar de hormigón,

realizándolo en tres capas, dando 25 golpes por cada capa, además se realizó la compactación con una varilla para evitar las burbujas de aire o vacíos.

Preparación y pruebas de especímenes

Este estudio experimental se realizó con un total de 84 especímenes, como se indica en la figura 2, obtenidos en moldes de 4 x 8 pulgadas, cumpliendo con las normas ASTM C9, C192, C470, con el propósito de efectuarles ensayos de resistencia a la compresión y el porcentaje de porosidad.

Se prepararon 84 especímenes, de estos 72 fueron justamente destinados para realizar los ensayos de resistencia y 12 para los ensayos de porosidad. Se dividieron en 6 grupos, donde 3 grupos eran basados en relación agua-cemento propuestos y compuestos por aditivos y los otros 3 sin aditivos solo basados en la relación agua-cemento. Asignado 14 especímenes a cada grupo.

Una vez cumpliendo las 24 horas, los especímenes fueron desencofrados y llevados a curado en una piscina en agua a temperatura $23^{\circ}\text{C} + 2$.

El hormigón en estado endurecido, se evaluó a los 7,14,21 y 28 días, evaluando 18 especímenes en cada intervalo de tiempo siendo 3 por grupo de acuerdo a la relación a/c, con aditivo y sin aditivo. Utilizando la máquina Prensa Accu-Tek Touch 250 (figura 3), cumpliendo con las normativas ASTM C-39; AASHTO T-22. Se aplicó la normativa técnica ASTM C-39 a las muestras cilíndricas en los días previstos de curado. Con el propósito de obtener hormigones más compactos y homogéneos, es decir durables, se ha visto la imperiosa necesidad de garantizar el curado hasta los 28 días (Guerra, et al., 2017).

Figura 2. Especímenes de hormigón.

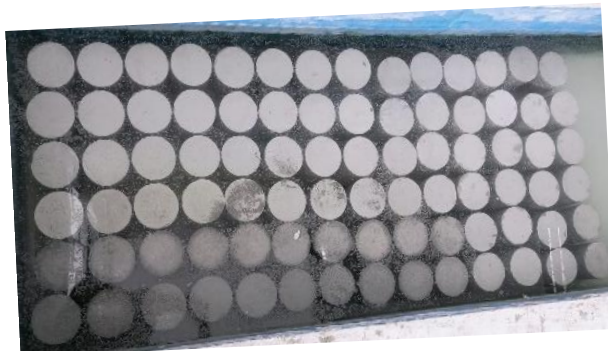


Figura 3. Prensa Accu-Tek Touch 250.



Se destinaron 2 especímenes de hormigón endurecido por cada grupo en base a su relación agua/cemento y compuestos por aditivos, de estos se extrae 3 probetas de 4 pulgadas de diámetro por 1 pulgada de altura por cada espécimen, por corte de sierra para realizarle los ensayos de porcentaje de porosidad por absorción de acuerdo método establecido en la Norma ASTM C1585.

Una vez obtenidas las probetas fueron llevadas al horno industrial con un secado a 110 °C por 48 horas y posteriormente pesadas. A continuación, recibieron un tratamiento impermeable en las áreas laterales, y se pesaron. Se diseño una altura de agua de 5 mm por encima del borde inferior de las probetas y la altura constante del agua a ese nivel se mantuvo.

La cantidad de agua que se impregno a la masa a 1 minutos, 10 minutos y a 20, 30 y 60 minutos, cuyas determinaciones se realizaron con una balanza con precisión de 0.1 pesándolas dentro de los 30 segundos. Los registros finales corresponden al promedio de tres determinaciones (tres probetas),

donde las probetas alcanzaron su condición saturada.

3. Resultados y discusión

Influencia del aditivo superplastificante en la resistencia del hormigón.

Las investigaciones dieron como resultado que, el uso del aditivo superplastificante en el hormigón, aumenta la resistencia a la compresión en las etapas iniciales y finales de curado, este aumento se da, debido que al utilizar el aditivo superplastificante permite reducir el agua entre el 10 al 30 %, dependiendo del tipo aditivo y de acuerdo a las especificaciones del mismo.

Relación agua-cemento 0.40.

Este diseño de hormigón, se le redujo 10 % de agua al usar el aditivo. En el análisis posterior, se evidenció qué al reducir la cantidad de agua, la relación agua-cemento cambia, este cambio no es considerado como una reducción real de a/c, sino como una mejora. La reducción real se realiza con el diseño de hormigón con base al método de volumen absoluto establecido en la norma ACI 211.1,

que resumidamente, para reducir el valor a/c, este diseño reduce la cantidad de agregado fino y aumenta la cantidad de cemento.

Denominamos 0.40 A, al diseño de hormigón a/c 0.40 con aditivo. La comparación de estos diseños tuvo como resultado que el hormigón con

aditivo (1.65 % el peso del cemento) y el 10 % de reducción de agua, incremento el 22 % la resistencia en los primeros 7 días de curado, aportando una resistencia final a los 28 días de endurecimiento del 20 %. En la tabla 4, se muestran la comparación de las resistencias de este análisis.

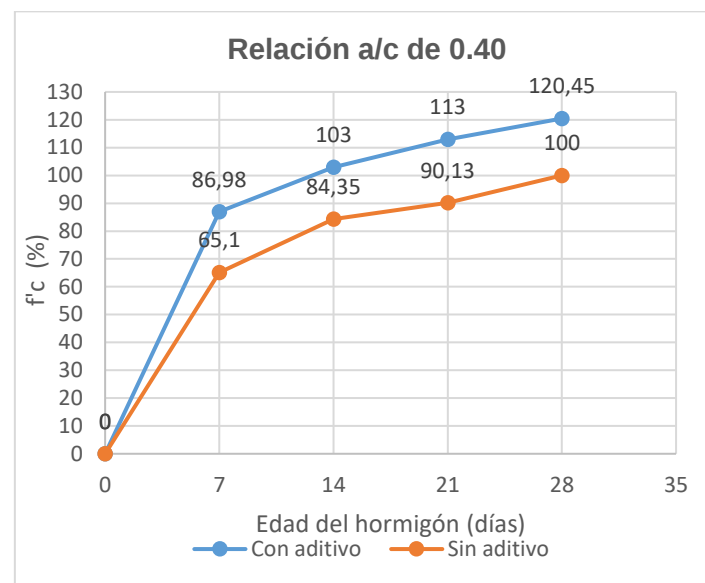
Tabla 4. Resistencia a la compresión del hormigón a/c 0.4 sin y con superplastificante durante los 28 días. Media de resistencia en porcentaje ($f'c = 34.6 \text{ Mpa } 100 \%$).

Curado	$f'c$ - sin aditivo			$f'c$ - con aditivo		
	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)
7 días	225.38			298.59		
	224.1			302.29		
	226.26	225.25	65.10	301.94	300.95	86.98
14 días	292.86			351.26		
	290.98	291.85		360.04	356.48	
	291.71		84.35	358.15		103.03
21 días	309.24			393.66		
	313.55	311.84		392.93	390.98	
	312.74		90.13	386.35		113.00
28 días	348.37			413.76		
	345.77	347.32	100	425.93	416.77	
	347.81			410.62		120.45

Este aumento de resistencia se determinó usando el menor porcentaje de reducción de agua del estudio, y la dosis de superplastificante ya antes mencionada para todas las muestras con aditivo, el cual logro un asentamiento de 19 cm, obteniendo un hormigón muy manejable. Se puede decir, que el

superplastificante permite alcanzar una resistencia final superior al 120 % al reducir la cantidad de agua y utilizar la dosis máxima de aditivo recomendada por el fabricante y que este permita obtener una consistencia manejable. En la gráfica 1, se muestran las resistencias promedio del hormigón a/c 0.40.

Gráfica 1. Resistencia promedio del hormigón sin y con superplastificante ($a/c = 0.40$).



Relación agua-cemento 0.45.

Denominamos 0.45 A, al diseño de hormigón a/c 0.45 con aditivo. En este diseño se aplicó una mayor reducción de agua para profundizar más el comportamiento del aditivo.

Se usó la misma dosis de superplastificante y se redujo el 16 % del contenido de agua con respecto al total de su diseño original del hormigón, con un asentamiento de 12.2 cm, obteniendo una resistencia a los 7 días de 26 % y un aumento de resistencia final a los 28 días de 37 %.

De los resultados obtenidos, se pudo analizar que la reducción de agua del 16 % con el aditivo en la a/c 0.45 A, obtuvo un aumento de resistencia superior en comparación al diseño 0.40 A; obteniendo 17 % más de resistencia final, pero reduciendo la manejabilidad. En la tabla 5, se muestran la comparación de las resistencias de este análisis.

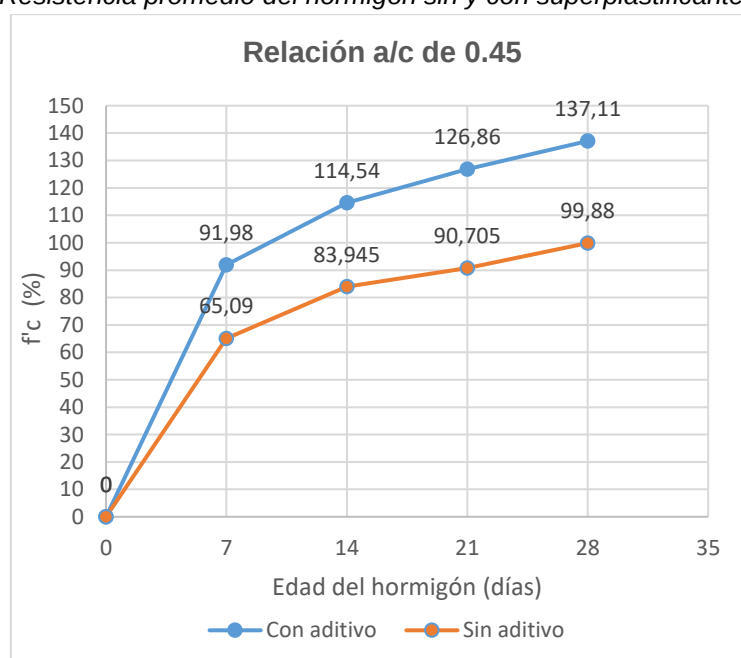
En la tabla 5, se muestran la comparación de las resistencias de este análisis y en la gráfica 2, se muestran las resistencias promedio del hormigón a/c 0.45.

Tabla 5. Resistencia a la compresión del hormigón a/c 0.45 sin y con superplastificante durante los 28 días. Media de resistencia en porcentaje ($f'c = 29.6 \text{ Mpa} = 100 \%$).

Curado	f'c - sin aditivo			f'c - con aditivo		
	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)
7 días	194.94	192.67	65.09	266.84	272.25	91.98
	189.86			275.79		

	193.22			274.11		
	253.08			341.72		
14 días	247.41	250.23	84.53	337.39	339.04	114.54
	250.21			338.02		
	271.84			374.42		
21 días	268.02	269.44	91.03	375.29	375.50	126.86
	268.46			376.78		
	298.89			414.2		
28 días	296.94	297.42	100.48	405.85	405.84	137.11
	296.43			397.46		

Gráfica 2. Resistencia promedio del hormigón sin y con superplastificante ($a/c = 0.45$).



Relación agua-cemento 0.50.

Se denominó 0.50 A. al diseño de hormigón a/c 0.50 con aditivo. Este diseño se realizó con el mismo porcentaje de reducción de agua del diseño 0.45 A, y la misma dosis de aditivo de las muestras anteriores. Este hormigón obtuvo un asentamiento de 15.5 cm, aumento

de consistencia por la humedad de los agregados.

Este hormigón con aditivo obtuvo un aumento de resistencia a los 7 días de 26 %, y un aumento de resistencia final de 24 %. Se llegó a una resistencia final menor al hormigón 0.45 A, a pesar de usar la misma cantidad de agua y aditivo, esto debido al aumento del

porcentaje de agua que el agregado aporte.

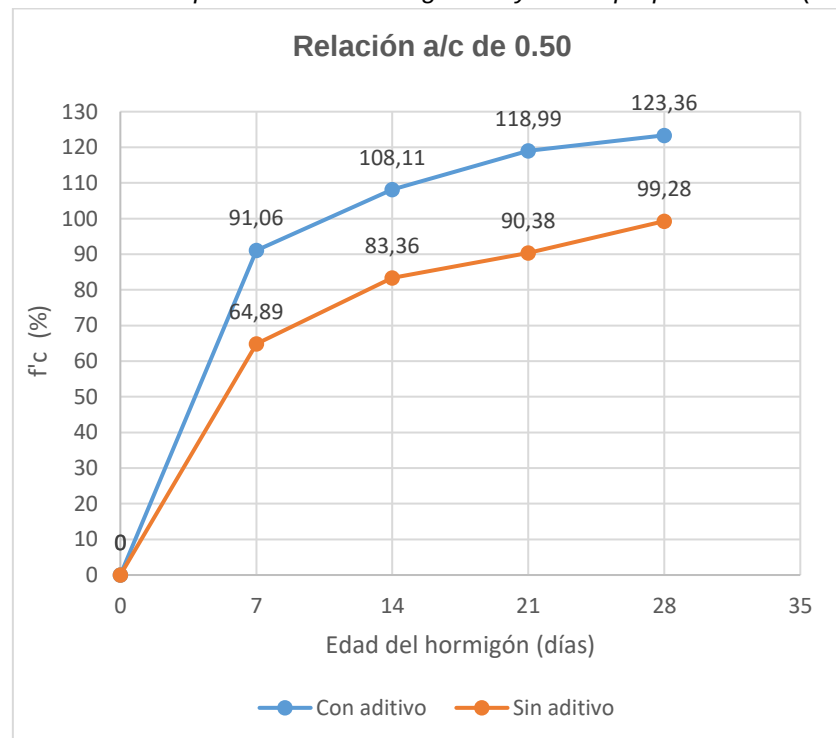
En la tabla 6, se muestran la comparación de las resistencias de

este análisis y en la gráfica 3, se muestran las resistencias promedio del hormigón a/c 0.50.

Tabla 6. Resistencia a la compresión del hormigón a/c 0.5 sin y con superplastificante durante los 28 días. Media de resistencia en porcentaje ($f'_c = 25.2 \text{ Mpa} = 100 \%$).

Curado	f'c - sin aditivo			f'c - con aditivo		
	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)	kg/cm ²	kg/cm ²	(%)
7 días	165.23			242.85		
	161.59	163.52	64.89	215	229.48	91.06
	163.76			230.58		
14 días	208.41			265.51		
	211.97	210.07	83.36	278.53	272.46	108.11
	209.82			273.33		
21 días	227.25			300.91		
	229.31	227.77	90.38	298.83	299.85	118.99
	226.75			299.81		
28 días	247.93			312.38		
	250.23	250.18	99.28	308.39	310.88	123.36
	252.38			311.86		

Gráfica 3. Resistencia promedio del hormigón sin y con superplastificante (a/c = 0.50).



Influencia en la porosidad

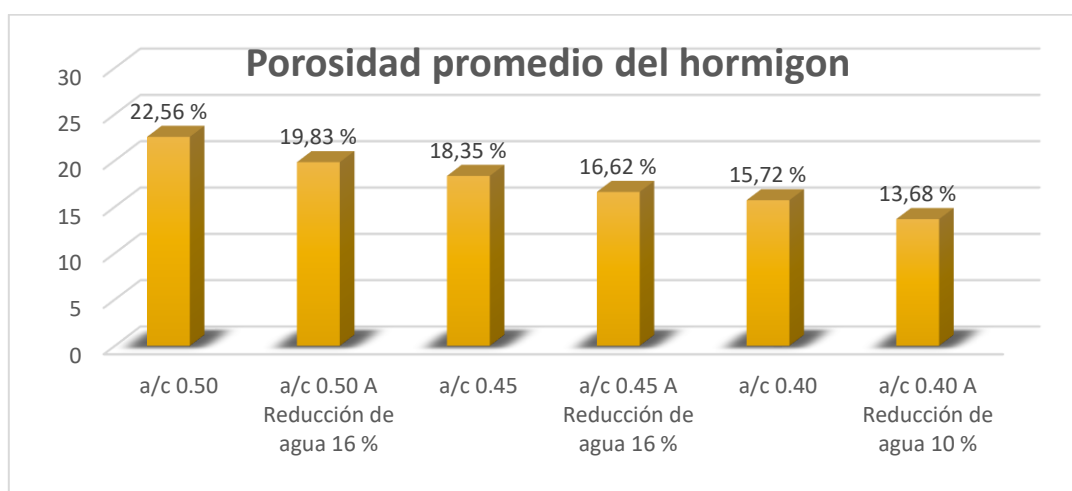
La porosidad está influenciada por muchos factores, entre los cuales podemos mencionar: la cantidad de agua añadida a la mezcla que se evapora y forma vacíos y la insuficiencia de agregado fino en el hormigón que crea vacíos que hacen que el hormigón sea poroso. En este caso, se utilizaron agregados fino y grueso de la provincia de Manabí, propiedades ya mostradas en la tabla 1.

Se determinó que los agregados fino y grueso utilizados para este estudio, tienen porcentajes elevados de absorción. No existen especificaciones que establezcan

límites de absorción para los agregados, pero normalmente se sitúa entre el 1 y el 5 %; por lo tanto, podemos concluir que estos agregados son altamente absorbentes, los cuales tienen un impacto en la porosidad total del hormigón debido a que son obtenidos a partir de rocas madre altamente porosas.

La influencia del aditivo superplastificante en la porosidad del hormigón tiene una repuesta positiva, la reduce significativamente; esta reducción depende de la cantidad de aditivo y agua que se utilice.

Gráfica 4. Porosidad del hormigón sin y con superplastificante ($a/c = 0.50, 0.45$ y 0.40).



Para un mejor entendimiento de cómo surge la reducción de porosidad en el hormigón con y sin aditivo, en este estudio, se realiza el

análisis partiendo por las relaciones agua-cemento mayores, ya que un mayor valor a/c tendrá mayor porcentaje de porosidad.

Es evidente la reducción de porosidad del hormigón al comparar una relación a/c mayor con una menor. Según Solís & Moreno (2006) la relación a/c es un factor que influye en la porosidad del hormigón, sin embargo, su reducción es mínima ya que al comparar hormigones con relaciones a/c de entre 0.70 y 0.40 únicamente se obtiene una diferencia del 10 % en la porosidad (p. 57).

Según lo estudiado, la reducción de porosidad al usar agregados de alta absorción, se debe también a dos factores:

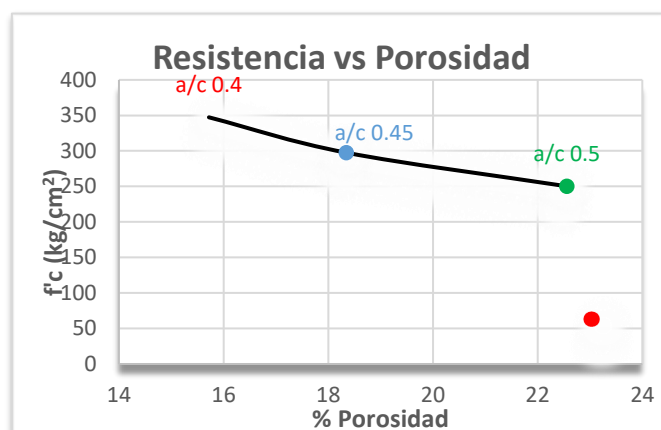
- La reducción del agregado fino, ya que al diseñar un hormigón con base al método de volumen absoluto establecido en la norma

ACI 211.1 con una relación a/c menor, el agregado fino disminuye, este agregado cuenta con un valor elevado de absorción que al reducirlo disminuye notablemente la porosidad total del hormigón.

- El aumento de la cantidad de cemento, ya que hace obtener una pasta más homogénea y firme.

A continuación, se presenta una gráfica de resistencia vs porosidad del hormigón sin aditivo, de las relaciones agua cemento utilizadas en este estudio la cual nos ayudó a entender el aumento de porosidad a medida que se tiene un hormigón de menor resistencia o un hormigón con mayor relación a/c.

Gráfica 5. Resistencia vs Porosidad (a/c = 0.40, 0.45 y 0.50).



a/c	Resistencia	Porosidad
	Kg/cm ²	%
0.40	347.3	15.72
0.45	297.43	18.35
0.50	250.18	22.56

Relación a/c 0.50.

Las muestras de hormigón a/c 0.50, presentan porcentajes elevados de

porosidad como se muestra en la gráfica 4. Aunque se podría considerar que es un hormigón de

baja calidad debido a la porosidad, sus valores de resistencia cumplieron con el diseño. Esto indica que la porosidad elevada se debe a la alta absorción de los agregados y que estos podrán perjudicar su vida útil a consecuencia de este factor. Según Solís & Moreno (2006), los agregados ocupan aproximadamente tres cuartas partes del volumen del hormigón, por lo que su propia porosidad contribuye al aumento de la porosidad total del hormigón (p. 57).

El aditivo superplastificante en este diseño contribuyó a obtener una reducción de porosidad del 2.7 %, como podemos observar en la gráfica 4, en la comparación de los porcentajes de porosidad de la muestra a/c 0.50 y 0.50 A. Esta mejora se debe a la reducción de la cantidad de agua a la mezcla con el aditivo, la cual nos permite obtener menos poros o espacios vacíos cuando se evapora, y a la mejora de la manejabilidad que ayuda a tener una mejor compactación en el molde.

Relación a/c 0.45.

El aditivo en estas muestras a/c 0.45 A, pudo lograr una reducción del

1,71 % de porosidad, la reducción es menor que las muestras a/c 0.50 y 0.50 A, aun teniendo la misma cantidad de reducción de agua con el aditivo. Esto se debe a la menor consistencia que tuvo este hormigón, el cual reduce la facilidad de compactación pudiendo obtener una mínima cantidad de espacios vacíos y aire atrapado, en la tabla 3 se puede observar los valores de consistencia obtenidos del ensayo de cono de Abrams, se obtuvo 21.3 % menos de consistencia con respecto a las muestras a/c 0.50 A. Un hormigón manejable obtiene una mejor compactación en el molde ocupando mayor cantidad de espacios vacíos y menor aire atrapado en su interior.

Relación a/c 0.40.

La porosidad de las muestras a/c 0.40 sin aditivo, muestra que el hormigón tiene una porosidad moderada, esto por ser el diseño con menos contenido de agregado fino que los demás, y el de mayor cantidad de cemento, como se puede observar en la tabla 2 al compararlo con el resto de los diseños. Se puede decir que este

diseño es el más óptimo usando estos agregados de alta absorción.

La influencia del superplastificante sobre la porosidad de las muestras a/c 0.40 permitió reducir la porosidad el 2 % usando el 10 % de reducción de agua y la misma dosificación de aditivo que las muestras anteriores. El análisis de los resultados pudo determinar que la reducción de porosidad, se da por la aportación de agua en menor cantidad; así como también el aumento de la manejabilidad. Esto facilita su adherencia y compactación en el molde permitiendo menos espacios vacíos y el exceso de aire en el interior de la mezcla.

Para potencializar el uso del aditivo en la porosidad se podría reducir la cantidad de agua que se requiera para lograr una resistencia deseada, pero procurar obtener una buena manejabilidad haciendo uso del rango de dosificación de aditivo que el fabricante recomienda.

4. Conclusiones

Se puede concluir, que al usar el aditivo superplastificante se tiene influencia positiva en el hormigón en los siguientes aspectos:

- En la resistencia a la compresión, este permite obtener mayor resistencia a corto y largo plazo.
- En la porosidad, permite reducir la porosidad disminuyendo la cantidad de agua y aportando fluidez, esto obteniendo un hormigón con menos poros al evaporarse el agua, también al aumentar la trabajabilidad permite obtener mejor adherencia en el molde, ocupando la mayor cantidad de espacios vacío y reduciendo la cantidad de aire en el interior de la mezcla.

El aditivo actúa mejor en la porosidad de hormigones con relación a/c bajas ya que estas al obtener menos agregado fino y mayor cantidad de cemento que hormigones con relación a/c altas, se crea una pasta más homogénea que hace obtener mayor plasticidad y fluidez.

El uso de agregados de alta absorción es un tema a tomarse en cuenta a la hora de diseñar un hormigón, ya que estos permiten alcanzar resistencias esperadas, pero sin saber el porcentaje de porosidad que estos aumentan, siendo una característica negativa que puede disminuir significativamente la vida útil del hormigón.

Finalmente, de los diseños de mezcla de hormigón realizados, la relación a/c 0.40 A, fue la más óptima en cuanto a aportar mayor resistencia y menos porosidad, al añadirle el aditivo superplastificante. También se pudo obtener que las relaciones 0.45 A y 0.50 A presentaron mayores valores de porosidad.

Entonces, el correcto uso de este aditivo contribuye a optimizar los procesos de elaboración del hormigón, ya que se puede obtener una mezcla de calidad, lo cual significa que posee mejores propiedades mecánicas, y consecuentemente una mayor durabilidad y calidad de las construcciones.

Bibliografía

- Becosan. (28 de Junio de 2021). *Hormigón Fresco*.
<https://www.becosan.com/es/hormigon-fresco/#:~:text=Se%20llama%20hormig%C3%B3n%20fresco%20al,incia%20>
- Cedeño Vélez, J., Vínces Macías, J., & Guerra Mera, J. (2024). Fibra de coco y su efecto en la resistencia a la compresión simple y porosidad del hormigón. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 1948-1962. doi:
<https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6475>
- Francisco, C. S. (02 de octubre de 2022). *Corporación San Francisco*. Propiedades del concreto.
<https://corporacionsf.com/2022/10/02/conoce-las-propiedades-del-concreto/>
- Guamán-Yupangui, N. E., Demera-Pinto, M. A., & Guerra-Mera, J. C. (2025). Tipos de curados del hormigón y su influencia en la resistividad y porosidad. *MQR Investigar*, 9(1), e29. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.1.2025.e29>
- Guerra Mera, J. C., Howland Albear, J. J., & Castañeda Valdés, A. (2017). Primeras experiencias en el desempeño por durabilidad de un hormigón antes de usarlo en el perfil

- costero de Manabí, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 48(1), 27-40. <https://revista.cnic.edu.cu/index.php/RevQuim/article/view/122>
- Guerra, J. C., Howland Alber, J. J., & Castañeda Valdes, A. (2018). Importancia del estudio del desempeño por durabilidad del puente del rio Chone, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Cubana De Ingeniería*, 9(1), 57–66. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/466>
- Guerra-Mera, J. C., Puig-Martínez, R., Castañeda-Valdés, A., & Baque-Camposano, B. P. (2023). Estado del arte sobre durabilidad de estructuras de hormigón armado en perfiles costeros. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. ISSN: 2737-6249., 6(11), 2-20. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11.0080>
- Gutiérrez Barahona, L. E. (12 de julio de 2018). *Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Federico Villareal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2808>
- León, L., & Rodríguez, C. (1 de noviembre de 2022). *Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón*. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- Mena, A., Gonzóles, D., Mínguez, J., & Cabrera, M. (15 de Abril de 2020). *ACHE Asociación Española de Ingeniería Estructural*. Obtenido de Variación de la morfología de la porosidad en hormigones de altas prestaciones en masa y reforzado con fibras a edades tempranas. <https://congresoache.com/descargas2022/2201.pdf>
- Mendoza, D., Torres, L., & Castro, R. (2022). *Normativa ecuatoriana para hormigón: Un enfoque integral*. Quito, Ecuador: Editorial Técnica Ecuatoriana.
- Silva, O. J. (2023). *360 en concreto*. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto/>
- Solís Carcaño, R. G., & Alcocer Fraga, M. Á. (4 de octubre de 2019). *Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción*. Ingeniería Investigación y Tecnología. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039>

Solís, R., & Moreno, E. (21 de septiembre de 2006). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652006000300004