



*Evaluación de las propiedades mecánicas de hormigones de $f'c=21\text{MPa}$,
aplicando aditivos retardantes y acelerantes*

*Evaluation of the mechanical properties of concrete with $f'c=21\text{MPa}$, applying
retardant and accelerating additives*

*Avaliação das propriedades mecânicas do concreto com $f'c=21\text{MPa}$, aplicando
aditivos retardantes e aceleradores*

Julexy Nicole Mora-Cuenca ^I
jmora6557@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-8277-5049>

Ángel Antonio Zamora-Cobeña ^{II}
azamora1108@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-1318-4295>

Wilter Enrique Ruiz-Párraga ^{III}
wilter.ruiz@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

Correspondencia: jmora6557@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de octubre de 2023 * **Aceptado:** 22 de noviembre de 2023 * **Publicado:** 18 de diciembre de 2023

- I. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Portoviejo, Ecuador.
- III. Máster en Docencia e Investigación Educativa, Máster en Ingeniería Civil, Mención Tecnología de los Materiales de Construcción, Profesor Titular en la Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas Departamento de Construcciones Civiles Carrera de Ingeniería Civil, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La presente investigación destaca la importancia de utilizar hormigones con características específicas en base a los requerimientos de los proyectos de construcción, considerando propiedades como la resistencia a la compresión y deformaciones por carga, así como la permeabilidad y porosidad, que influyen en la durabilidad de las estructuras. Se enfatiza que la relación agua/cemento en la dosificación del hormigón es crucial, ya que afecta directamente la resistencia mecánica y, por ende, la vida útil de una edificación. Teniendo en cuenta que los aditivos son sustancias añadidas en pequeñas cantidades al hormigón con relación al peso del cemento, para mejorar propiedades específicas, como resistencia, durabilidad, manejabilidad o tiempo de fraguado. Estos aditivos están clasificados según la norma ASTM C494 en diferentes tipos, como reductores de agua, retardantes, acelerantes, entre otros. La investigación se enfocó en la elaboración de una dosificación óptima para diferentes diseños de hormigón utilizados en el estudio. Se compararon dos tipos de hormigones de 21MPa, variando la proporción de agua/cemento, cemento, agregados y aditivos. Los aditivos acelerantes y retardantes de fraguado se incorporaron a la mezcla en estado fresco. Los resultados obtenidos son aplicables en construcción, porque ambos aditivos empleados en la investigación mejoraron las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión, por tanto, también mejoran la durabilidad y vida útil de las estructuras, ofreciendo beneficios significativos para la ingeniería civil.

Palabras Clave: Relación agua/cemento; Aditivo retardante; Aditivo acelerante; Hormigones.

Abstract

This research highlights the importance of using concrete with specific characteristics based on the requirements of construction projects, considering properties such as resistance to compression and deformations due to load, as well as permeability and porosity, which influence the durability of the concrete structures. It is emphasized that the water/cement ratio in concrete dosage is crucial, since it directly affects the mechanical resistance and, therefore, the useful life of a building. Taking into account that additives are substances added in small quantities to concrete in relation to the weight of cement, to improve specific properties, such as strength, durability, workability or setting time. These additives are classified according to the ASTM C494 standard into different types, such as water reducers, retarders, accelerators, among others. The research focused on developing an optimal dosage for different concrete designs used in the study. Two types of 21MPa concrete

were compared, varying the proportion of water/cement, cement, aggregates and additives. The setting accelerating and retarding additives were incorporated into the mixture in a fresh state. The results obtained are applicable in construction, because both additives used in the research improved the workability and compression resistance properties, therefore, they also improve the durability and useful life of the structures, offering significant benefits for civil engineering.

Keywords: Water/cement ratio; retardant additive; Accelerator additive; Concretes.

Resumo

Esta pesquisa destaca a importância da utilização de concretos com características específicas de acordo com as exigências dos projetos de construção, considerando propriedades como resistência à compressão e deformações por carregamento, além de permeabilidade e porosidade, que influenciam na durabilidade das estruturas de concreto. Ressalta-se que a relação água/cimento na dosagem do concreto é fundamental, pois afeta diretamente a resistência mecânica e, portanto, a vida útil de uma edificação. Tendo em conta que os aditivos são substâncias adicionadas em pequenas quantidades ao betão em relação ao peso do cimento, para melhorar propriedades específicas, como resistência, durabilidade, trabalhabilidade ou tempo de pega. Esses aditivos são classificados segundo a norma ASTM C494 em diversos tipos, como redutores de água, retardadores, aceleradores, entre outros. A pesquisa se concentrou no desenvolvimento de uma dosagem ideal para os diferentes projetos de concreto utilizados no estudo. Foram comparados dois tipos de concreto de 21MPa, variando a proporção de água/cimento, cimento, agregados e aditivos. Os aditivos aceleradores e retardadores de pega foram incorporados à mistura em estado fresco. Os resultados obtidos são aplicáveis na construção civil, pois ambos os aditivos utilizados na pesquisa melhoraram as propriedades de trabalhabilidade e resistência à compressão, portanto, também melhoram a durabilidade e a vida útil das estruturas, oferecendo benefícios significativos para a engenharia civil.

Palavras-chave: Relação água/cimento; aditivo retardador; Aditivo acelerador; Concretos.

Introducción

Actualmente el sector de la construcción requiere hormigones con características específicas en base al requerimiento de los proyectos, considerando sus propiedades especialmente la resistencia a la compresión y deformaciones por carga, muchas veces excluyendo propiedades como la

permeabilidad y porosidad, las cuales tienen una gran influencia en el contexto de la durabilidad. La evaluación de las propiedades mecánicas del hormigón, es fundamental para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras. En el caso de hormigones con resistencia característica de diseño $f'c = 21$ MPa, la aplicación de aditivos retardantes y acelerantes puede tener un impacto significativo en sus propiedades mecánicas.

El hormigón es un material muy utilizado en el ámbito de la construcción dentro de su dosificación se debe tener precaución en la relación agua/cemento, porque ella influye en la resistencia mecánica la misma que se mide a través del ensayo de resistencia a la compresión; característica que es fundamental para determinar la vida útil de una edificación.

Según (Mehta, 2013), "la relación agua-cemento también influye en el tiempo de fraguado y en la resistencia temprana del hormigón". La relación entre el agua y el cemento es un factor crítico en la calidad del hormigón, ya que afecta directamente la resistencia, durabilidad y trabajabilidad de la mezcla. En general, una relación menor da como resultado una mezcla de hormigón más resistente y duradera, mientras que una relación mayor resulta en una mezcla más trabajable, pero menos resistente y duradera.

Los aditivos son sustancias que se agregan en pequeñas cantidades con relación al cemento en hormigones para mejorar algunas de sus propiedades específicas, como su resistencia, durabilidad, manejabilidad o tiempo de fraguado. Diferentes autores han hablado sobre los aditivos.

Según (Neville, 2011). Indica que los aditivos son una herramienta esencial en la producción de hormigón moderno de alta calidad. Además, destaca la importancia de seleccionar y utilizar los aditivos apropiados para lograr los resultados deseados en la producción de hormigón.

Los autores Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003) indican que los aditivos tienen una función muy importante en el diseño de hormigón, ya que pueden mejorar las propiedades del hormigón fresco y endurecido. Además, señalan que los aditivos son esenciales para cumplir con los requisitos de desempeño específicos en los proyectos de construcción.

La norma ASTM C125 define a un aditivo como: "un material diferente del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se emplea como elemento del concreto o mortero, en otros países llamado hormigón. La dosis en las que se usan los aditivos está en relación a un reducido porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado".

Estos aditivos son clasificados de muchas formas, pero, dentro de las más usadas se tiene a la clasificación de la norma ASTM C494, la misma que establece los siguientes tipos:

Tipo A: Reductores de agua (plastificantes).

Tipo B: Retardantes.

Tipo C: Acelerantes.

Tipo D: Reductores de agua y retardantes.

Tipo E: Reductores de agua y acelerantes.

Tipo F: Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes.

Tipo G: Reductores de agua de alto rango y retardantes o superfluidificantes y retardantes.

Tipo S: Desempeño específico.

Los aditivos retardantes se agregan típicamente al agua de mezcla o directamente a la mezcla de hormigón para lograr un retraso en el fraguado del material. Según ACI Committee 212 (2010), "los aditivos retardantes se pueden agregar a la mezcla de hormigón en el camión mezclador, en la planta de mezcla o en el lugar de trabajo", los aditivos retardantes también pueden ser útiles en situaciones donde se necesita una mayor trabajabilidad del hormigón o cuando se trabaja en climas calurosos.

Los aditivos para hormigones en el Ecuador están regulados por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), esta norma establece los requisitos técnicos para la producción, el control de calidad y la aplicación de aditivos para hormigón en obras civiles, también establece los requisitos para el etiquetado, el almacenamiento y la manipulación de los aditivos.

Los aditivos acelerantes se agregan típicamente al agua de mezcla o directamente a la mezcla de hormigón para lograr una mayor velocidad de fraguado. Según ACI Committee 212 (2010), "los aditivos acelerantes se pueden agregar a la mezcla de hormigón en el camión mezclador, en la planta de mezcla o en el lugar de trabajo". Los aditivos acelerantes también pueden ser útiles en situaciones donde se requiere una rápida resistencia inicial, como en reparaciones de emergencia o en trabajos de construcción de carreteras.

Es importante tener en cuenta que el uso excesivo de aditivos retardantes y acelerantes puede afectar negativamente la durabilidad y resistencia a largo plazo del hormigón, por lo que se deben seguir las recomendaciones del fabricante y las especificaciones del proyecto en cuanto a la cantidad y el tipo de aditivos que se deben utilizar.

La evaluación de las propiedades mecánicas de hormigones de $f'c= 21\text{MPa}$ al aplicar aditivos retardantes y acelerantes proporciono información valiosa para mejorar la calidad del hormigón. Para esta investigación se mejoraron las propiedades del hormigón usando aditivos como los de reducción del tiempo de fraguado (acelerante) y los que van a controlar el tiempo de fraguado (retardante), porque estos mejoran las propiedades, como la resistencia a la compresión, la durabilidad y la trabajabilidad.

Según el estudio de Salahaldeen (2013) acerca del impacto de aditivos retardantes y superplastificantes en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del hormigón, se concluye que la incorporación de estos aditivos resulta en un aumento de la resistencia a la compresión del hormigón, destacando la notable eficacia del superplastificante en este aspecto. No obstante, en dosis elevadas, se observa una disminución en la cohesión de la mezcla y su uniformidad.

El artículo sobre la "Influencia de Aditivos sobre el Comportamiento del Hormigón" respalda la disparidad en las composiciones químicas entre proveedores, demostrando que superplastificantes de distintos distribuidores arrojan resultados diversos en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión. Los hallazgos destacan que, mientras un aditivo puede proporcionar una mayor resistencia en el primer día, otro podría no cumplir con este criterio, pero facilitar la retención de trabajabilidad (Anitha, Pradeepa, Lalit, & Rakshit, 2016).

En su estudio titulado "Influencia de un aditivo retardante de fraguado en el comportamiento mecánico de concreto $f'c=250\text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Jaén" realizado en Perú, Aponte observó que la mezcla con el aditivo retardante presentó un aumento del 14.29% en el asentamiento en comparación con la muestra estándar. Aunque sugieren que, a mayores cantidades del aditivo, el asentamiento se incrementará, es posible que esta conclusión sea discutible. Los materiales utilizados y sus proporciones podrían tener una influencia significativa en las propiedades del concreto, ya que investigaciones previas han demostrado resultados opuestos. Además, se notó un aumento en los tiempos tanto iniciales como finales de fraguado, lo que respalda la eficacia del aditivo para lograr este tipo de efectos (Aponte, 2017).

En su tesis, Huamaní y Solón (2019) llevaron a cabo un estudio exhaustivo sobre el comportamiento de los aditivos acelerantes con el objetivo de establecer una confianza sólida en su aplicación. Estos aditivos desempeñan un papel crucial en la mejora de diversas propiedades del concreto, lo que se traduce en una elevación del costo por metro cúbico de la mezcla. No obstante, este incremento se refleja en la mayor facilidad de manipulación y la notable mejora en la calidad

obtenida al utilizarlos. Por estas razones, se plantea una investigación minuciosa enfocada en analizar los resultados de la resistencia a la compresión de los hormigones al emplear diversas marcas de acelerantes.

Materiales y métodos

La investigación presentada fue de tipo cuantitativa y tomó de referencia un análisis descriptivo de los ensayos que se ejecutaran en el transcurso de la misma. Se investigó en informaciones científicas existentes en las diferentes fuentes indexadas.

Materiales

Los materiales usados en esta investigación fueron: cemento portland, agregados grueso y finos, provenientes de una de las canteras de la ciudad de Portoviejo y Santo Domingo, aditivos retardantes y acelerantes

1) Cemento

Cemento portland, producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso (NTE INEN 151). Para esta investigación se trabajó con un cemento tipo GU de peso específico 3150 kg/cm^3 , de uso común para todo tipo de construcción.

2) Agregado fino

El agregado fino es el conjunto de partículas que es resultado de la descomposición de las rocas o también de la trituración, los granos obtenidos tienen dimensiones inferiores a los 5mm.

Clasificación de agregado fino:

- Arena fina: granos que pasan por un tamiz de 1mm de diámetro, a su vez retenidos por otro de 0.25mm.
- Arena media: aquella de granos que pasan por tamiz de 2.5mm de diámetro retenidos por otro de 1mm.
- Arena gruesa: partículas que pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

3) Agregado grueso

El agregado grueso es muy importante para la constitución del hormigón, obtenido por trituración artificial de rocas o gravas que presentan características físicas, químicas y mecánicas.

4) Agua para la mezcla del hormigón

Se utilizó agua del acueducto de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, al ser agua potable según lo establece la norma NTE INEN 2617 - 2012 no requiere de ningún ensayo.

5) Aditivo Acelerante

Aditivo que acelera el tiempo de fraguado o el desarrollo temprano de resistencia del hormigón (tipo C): Estos aditivos impactan fundamentalmente el tiempo de fraguado, reduciéndolo de 1 hora y media hasta 3 horas y media respecto a una mezcla patrón, exigiendo un incremento de resistencia a la compresión de mínimo 25% a 3 días, pero no menos que la resistencia de la muestra patrón de 7 días en adelante. Al igual que los retardadores, su impacto en la demanda de agua es nulo de acuerdo a la ASTM C494.

6) Aditivo Retardante

Aditivo que retarda el tiempo de fraguado (tipo B): Como lo dice su nombre, el impacto de la mezcla es fundamentalmente en el fraguado (su impacto en la reducción de agua es nulo), esperándose un retraso en fraguado inicial de 1 hora mínimo, pero sin exceder 3 horas y media. La intención es que el retraso del fraguado sea controlado, ya que un retardo excesivo expone el concreto a un sangrado y contracción excesiva. Debido al retraso en el proceso de la hidratación del cemento, la norma permite una reducción de resistencias a la compresión de hasta un 10% a todas las edades según la ASTM C494.

Métodos

Se realizaron los ensayos pertinentes a los agregados (arena y ripio) según lo establecen las Normas Técnicas del Ecuador (NTE), tanto a los agregados finos y gruesos con la finalidad de determinar la calidad y establecer si cumplen con estas normas establecidas para la elaboración del hormigón, se realizaron ensayos de:

- Contenido de Humedad (NTE INEN 0862, 2011)
- Granulometría (NTE INEN 0696, 2011)
- Gravedad específica y absorción del árido fino (NTE INEN 0856, 2010)
- Gravedad específica y absorción del árido grueso (NTE INEN 0857, 2010)
- Peso unitario saturado y compactado (NTE INEN 0858, 2010).

- Es de consideración fundamental la ejecución de ensayos al hormigón en estado fresco con los que se busca asegurar el cumplimiento de las especificaciones en estado endurecido establecidas en las Normas Técnicas del Ecuador (NTE), que son las siguientes:
- Determinación del asentamiento (NTE INEN 1578, 2010)
- Elaboración de cilindros de hormigón (NTE INEN 1576, 2015)
- Resistividad superficial del hormigón (AASHTO TP 95-11, 2011)
- Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón (NTE INEN 1573, 2010)

En la primera instancia se realizó la selección de la muestra, se emplearon los criterios establecidos por la (NTE INEN 2 556, 2010), el material seleccionado (árido grueso y fino), fue adquirido en una de las canteras ubicadas en la zona de Portoviejo y en la zona de Santo Domingo, estos materiales se sometieron a los ensayos correspondientes según lo indicado en la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 872, 2010).

Ensayos de los agregados

Se realizaron los ensayos pertinentes tanto a los a los agregados gruesos y finos, siguiendo lo establecido por las normas técnicas del Ecuador, mismas que se explican a continuación:

Granulometría como lo indica la norma NTE INEN 696, se determina mediante varios análisis granulométricos de las muestras definidas de los dos tipos de muestras de materiales a usar el análisis granulométrico se define que la muestra pasa por una secuencia de tamices normalizados ordenados por el tamaño de abertura de la malla de cada uno en forma decreciente. Por el tamaño de los agregados en el hormigón se clasifican o van de la siguiente manera; los agregados gruesos, pasantes por el tamiz $\frac{3}{4}$ y agregado fino pasante al tamiz #4. Los resultados obtenidos en los ensayos previamente realizados se detallarán a continuación:

Tabla 1. Módulos de finura y Tamaño máximo nominal de los agregados

Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de finura (mm)	Tamaño máx. Nominal (cm)
<i>Santo Domingo</i>	
2,44	1,27
<i>Portoviejo</i>	
1.79	1,90

Se determinó que tamaño máximo nominal del agregado grueso proveniente de las canteras de Santo Domingo y Portoviejo de 1.27 cm y 1,90 cm respectivamente, para proceder a la dosificación del hormigón.

Del análisis, se obtuvo el modulo de finura clasificando a las arenas de la cantera de Portoviejo en arena media, y las arenas de la cantera de Santo Domingo en arena gruesa, cumpliendo con el rango que establece la NTE INEN 872 5.1.2.

La densidad de una mezcla de hormigón varía entre el 60% y el 75% de su composición total, siendo los áridos pétreos un componente crucial en su diseño. Por lo tanto, es esencial tener un conocimiento preciso de la densidad real de estos materiales.

La absorción se refiere al aumento en el peso de un árido causado por la entrada de agua en los poros de sus partículas en un momento específico, excluyendo el agua que permanece en la superficie externa de las partículas. Este aumento se expresa como un porcentaje del peso seco del árido.

A continuación, se detalla en la siguiente tabla los valores de densidad y absorción de los agregados.

Tabla 2. Ensayo de peso unitario suelto, compactado y porcentaje de absorción

Agregados	Peso unitario suelto (g)	Peso unitario compactado (g)	% de absorción
<i>Santo Domingo</i>			
Agregado fino	1,70	1,627	1,823
Agregado grueso	2,80	2,915	3,898
<i>Portoviejo</i>			
Agregado fino	1,79	1,947	6,632
Agregado grueso	1,92	2,055	2,304

Para la presente investigación se realizaron 54 probetas de hormigón las cuales se encuentran detalladas a continuación. Los mismos que se sometieron a los ensayos correspondientes según la normativa vigente a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3. Distribución de las muestras

Muestreo de probetas cilíndricas	Probetas			Total, de muestras
	7 días	14 días	28 días	
<i>Hormigón Santo domingo</i>				
Hormigón sin aditivo	3	3	3	9
Hormigón con aditivo acelerante	3	3	3	9
Hormigón con aditivo retardante	3	3	3	9
<i>Hormigón Portoviejo</i>				
Hormigón sin aditivo	3	3	3	9
Hormigón con aditivo acelerante	3	3	3	9
Hormigón con aditivo retardante	3	3	3	9
			Total	54

Dosificación

El diseño de una mezcla de hormigón implica determinar las cantidades precisas de sus componentes, de modo que, al combinarse, cumplan con requisitos técnicos específicos. Estas proporciones deben seleccionarse de manera eficiente, considerando el método de utilización de los materiales. La dosificación de la mezcla se basa en los materiales que se van a emplear, como el cemento, agua, aditivos y agregados, de acuerdo con las pautas establecidas por la norma ACI 211.1.

De la dosificación del hormigón de 21 MPa se derivan las proporciones para un m^3 las cuales se especifican a continuación:

Tabla 4. Diseño del hormigón para $1 m^3$

Material	Hormigón sin aditivo	Hormigón con aditivo acelerante	Hormigón con aditivo retardante

	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
<i>Santo Domingo</i>			
Cemento	308	308	308
Agregado grueso (ripio)	1256	1256	1256
Agregado fino (arena)	667	667	667
Agua	166	166	166
Aditivo(ml)		42,8	0,10
Relación A/C	0,6	0,6	0,6
% de aire atrapado	0,02	0,02	0,02
<i>Portoviejo</i>			
Cemento	308	308	308
Agregado grueso (ripio)	1332	1332	1332
Agregado fino (arena)	459	459	459
Agua	122	122	122
Aditivo(ml)		42,8	0,10
Relación A/C	0,6	0,6	0,6
% de aire atrapado	0,02	0,02	0,02

Resultados y discusión

Ensayo con Cono de Abrams o asentamiento

Según lo establecido en la norma (NTE INEN 1578:2010) es un proceso que consiste en un cono truncado de metal que tiene una base grande y una abertura más pequeña en la parte superior. Se utiliza para medir el asentamiento del hormigón, que es la cantidad de asentamiento vertical que experimenta una muestra de hormigón después de ser moldeada y luego liberada de la presión. De acuerdo a la norma se destaca que el asentamiento es un indicador importante de la trabajabilidad del concreto. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

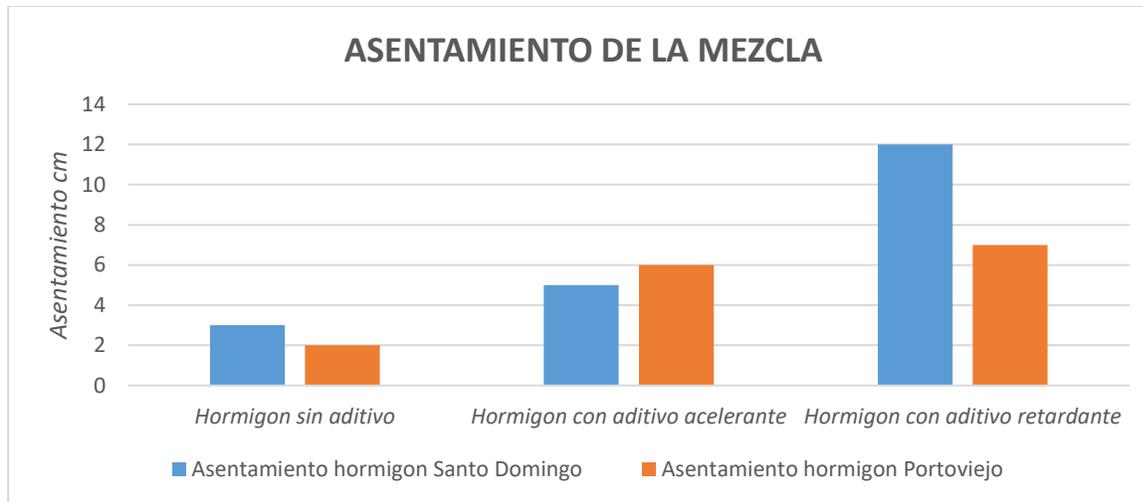


Figura 1. Asentamientos obtenidos del ensayo del cono de Abrams

Los resultados obtenidos en el presente ensayo mostraron que las dosificaciones propuestas cumplen con los requerimientos, y que la consistencia del hormigón es óptima y se satisface con lo establecido en la norma NTE INEN 1578:2010

Ensayo de resistividad eléctrica

Se llevó a cabo el ensayo de resistividad superficial utilizando el dispositivo Giatec Surf. Este instrumento permite medir la resistividad eléctrica en la superficie de los cilindros de hormigón endurecido y se basa en la técnica de 4 electrodos, conforme a la normalización establecida por la AASHTO TP95-11-2011. Las características específicas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Del dispositivo Giatec Surf™

Penetración de Cloruro	Resistividad superficial 28 días ($K\Omega.cm$)
Alto	< 10
Moderada	10 - 15
Bajo	15 - 25
Muy bajo	25 - 200
Despreciable	> 200

Tabla 6. Ensayo de resistividad eléctrica

Muestras	Hormigón sin aditivo	Hormigón con aditivo acelerante	Hormigón con aditivo retardante
<i>Días</i>	<i>KΩ-cm</i>	<i>KΩ-cm</i>	<i>KΩ-cm</i>
Santo Domingo			
7	5,31	4,14	5,80
14	7,59	4,36	9,30
28	11,84	6,73	11,32
Portoviejo			
7	6,67	3,97	5,71
14	7,36	4,48	7,83
28	10,62	11,72	11,58

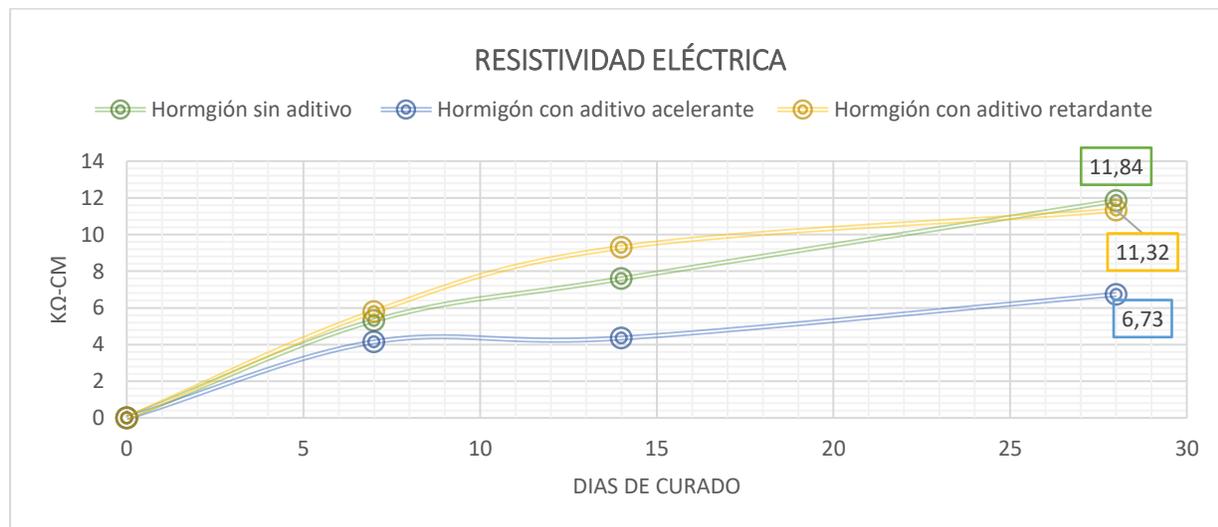


Figura 3 Ensayo de resistividad eléctrica agregados de Santo Domingo

Después de examinar los datos gráficos sobre la resistividad superficial a los 28 días de las tres muestras, se concluyó que los agregados de Santo Domingo, los mismos utilizados en la

dosificación, presentan valores inferiores a $15\text{ K}\Omega\cdot\text{cm}$. Esto los sitúa en la categoría de moderada a la penetración de cloruros.

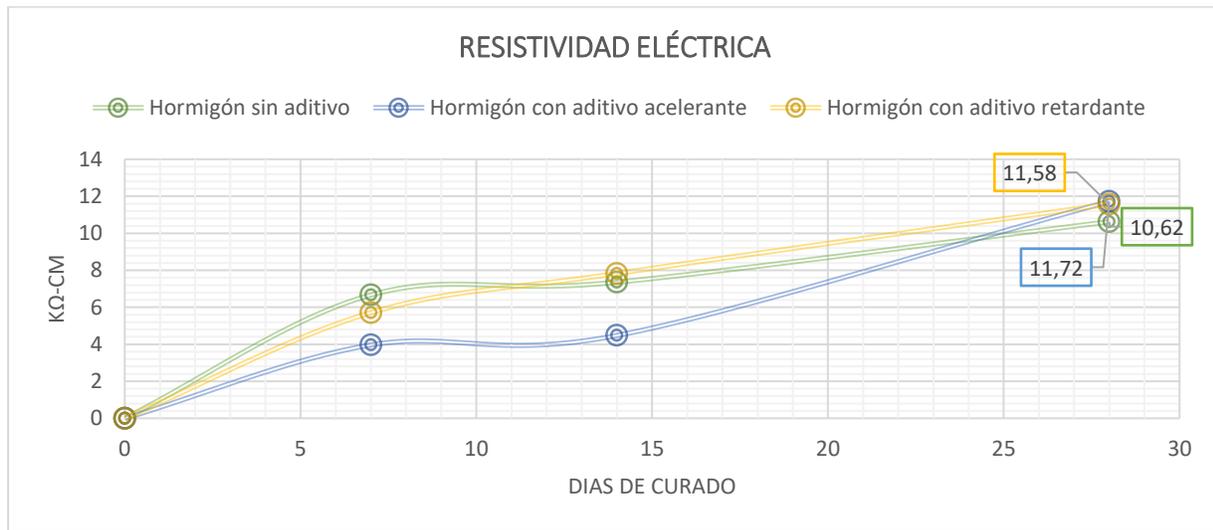


Figura 4 Ensayo de resistividad eléctrica agregados de Portoviejo

Una vez analizado los resultados gráficos se concluyó que los agregados originarios de Portoviejo usados en la dosificación, en este ensayo de la resistividad superficial a los 28 días de las tres muestras exhiben valores por debajo de $15\text{ K}\Omega\cdot\text{cm}$. Esto los clasifica en la categoría de moderada a la penetración de cloruros.

Ensayo de resistencia a la compresión

Según lo estipulado en la norma (NTE INEN 1 573, 2010), se llevó a cabo las pruebas de resistencia a la compresión en los cilindros a las edades de 7, 14 y 28 días. De acuerdo con esta norma, se destaca que el día 28 es de particular importancia, porque se alcanza la máxima resistencia a la compresión del hormigón. A continuación, se detallarán los resultados obtenidos:

Tabla 7. Ensayo Resistencia a la compresión del hormigón

Muestras con resultados promedios ($f'c$ prom)			
Edad	Muestra sin aditivo <i>MPa</i>	Muestra con aditivo acelerante <i>MPa</i>	Muestra con aditivo retardante <i>MPa</i>
<i>Santo Domingo</i>			
7 días	15,33	15,63	16,00
14 días	19,36	18,64	19,10

28 días	21,79	22,01	22,37
Portoviejo			
7 días	14,65	15,58	15,23
14 días	18,75	18,41	17,97
28 días	22,20	22,32	22,00

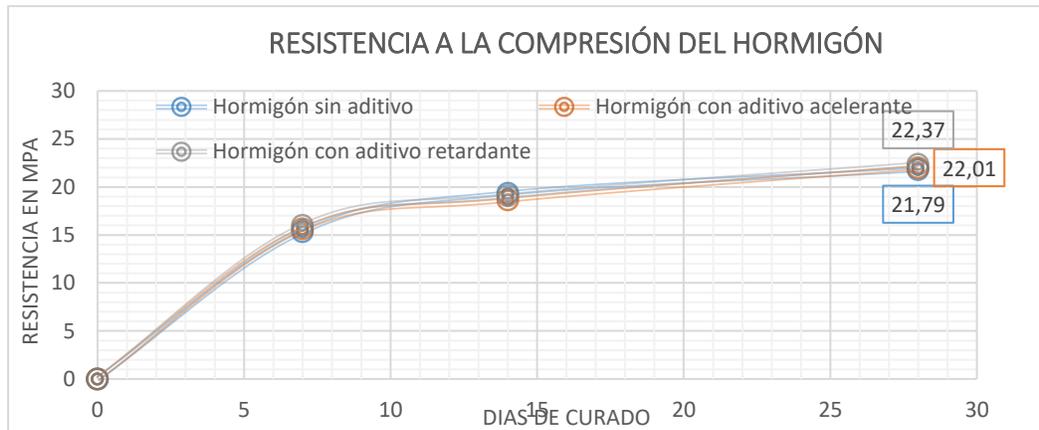


Figura 5 Resistencia a la compresión del hormigón agregados de Santo Domingo

Tras llevar a cabo el análisis de las tres muestras producidas con materiales provenientes de la zona de Santo Domingo, se destaca que todos los ensayos arrojan resultados satisfactorios en lo que respecta a la resistencia a la compresión. Este hecho demuestra la eficacia y calidad de los materiales utilizados en la mezcla de hormigón. Es importante resaltar que una resistencia a la compresión adecuada es un indicador crucial de la durabilidad y fiabilidad de una estructura de concreto. Por tanto, estos resultados positivos respaldan la elección acertada de los componentes y la dosificación empleada en este proyecto específico.

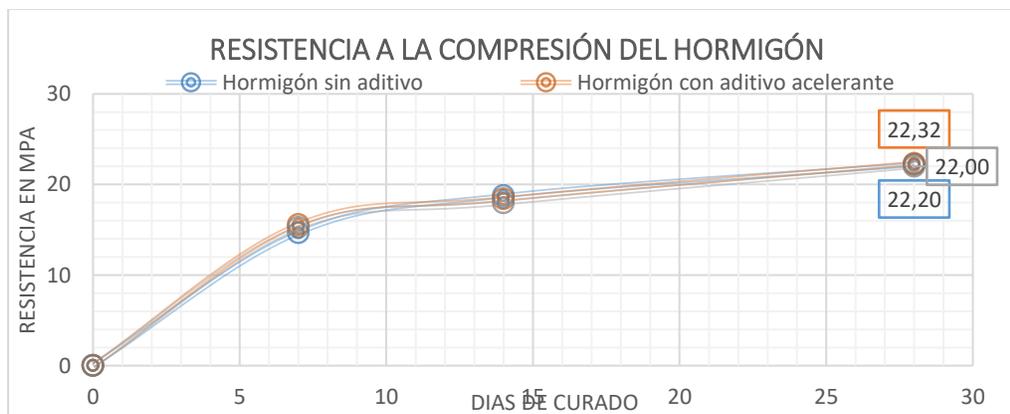


Figura 6. Resistencia a la compresión del hormigón agregados de Portoviejo

El análisis de las muestras de los materiales provenientes de la zona de Portoviejo, demuestra que todos los ensayos indican resultados que favorecen a la resistencia a la compresión. Dicho resultado resalta la efectividad y la calidad de los materiales empleados en la mezcla del hormigón. Una adecuada resistencia a la compresión es un indicador de la durabilidad y confiabilidad de una estructura de hormigón. Por ende, estos resultados obtenidos corroboran la elección acertada de los componentes y la dosificación usada en esta investigación.

Conclusiones

Las dosificaciones para los diseños de hormigón requeridos, fueron las adecuadas, porque generaron resistencias superiores a las de diseño, incrementando hasta un 101% en relación a la resistencia de diseño esperada a los 28 días de curado de las diferentes muestras realizadas obteniendo resultados favorables en esta investigación.

Se concluye que al agregar aditivo acelerante al agua de amasado mejoró la resistencia a los 28 días de curado comparado con el hormigón patrón, el incremento fue del 22% confirmando así que el uso de este producto da como resultado un aumento positivo de la misma.

Al añadir aditivo retardante a la mezcla de hormigón, la resistencia a la compresión aumentó a los 28 días de manera significativa en comparación a la muestra sin aditivo, incrementando en 58% su resistencia.

Los resultados obtenidos de esta investigación son aplicables en procesos constructivos, lo que implica un potencial impacto positivo en la industria de la construcción. Se finaliza que este estudio no solo busca optimizar la dosificación de hormigones, sino también contribuir a la mejora de la durabilidad y vida útil de los materiales utilizados en la construcción, brindando así beneficios significativos para el campo de la ingeniería civil.

Referencias

- Anitha, J., Pradeepa, S., Lalit, S., & Rakshit, K. (2016). Influence of Admixtures on Behavior of Concrete. *International Journal of Research in Advent Technology*
- AASHTO, T. (2011). 95-11, “. Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete’s Ability to Resist Chloride Ion Penetration,” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- ACI Committee 212. (2010). "Report on chemical admixtures for concrete." ACI 212.3R-10.

- ACI Committee 211. (2011). "Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete." ACI 211.1-91.
- ASTM C-494. (2020). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Recuperado de https://www.astm.org/c0494_c0494m-17.html
- Aponte, E. (2017). Influencia de un aditivo retardante de fragua en el comportamiento mecánico de concreto $f'c=250$ Kg/cm² en la ciudad de Jaen (Universidad Nacional de Cajamarca)
- Huamaní Alcalde, D. M. (2019). Influencia de los aditivos acelerantes de fragua sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto realizado bajo 107 clima cálido Trujillo, 2019.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2013). "Concrete: Microstructure, properties, and materials." McGraw-Hill Education.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). "Concrete." Prentice Hall.
- NEC. (2014). ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-HM-Hormig%C3%B3nArmado.pdf>
- NTE INEN 151. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana. Cemento hidráulico. Quito.
- NTE INEN 696. (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- NTE INEN 856. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana. Aridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Quito.
- NTE INEN 857. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En Aridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Quito.
- NTE INEN 858. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En Aridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumetrico) y el porcentaje de vacios. Quito.
- NTE INEN 862. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En Aridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad. Quito.

- NTE INEN 1573, 2. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>
- NTE INEN 1576. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. Quito.
- NTE INEN 1578. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento. Quito
- NTE INEN 2556, 2. (2010). Áridos, reducción de muestras a tamaños de ensayo. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- Neville, A. M. (2011). "Properties of concrete." Pearson Education.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2001). Aditivos para concreto. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Salahaldein, A. (2013). Effects of Super Plasticizing and Retarding Admixtures on Properties of Concrete. International Conference on Innovations in Engineering and Technology (ICIET'2013)

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).