



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

POLÍMEROS Y/O COPOLÍMEROS DE POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR
LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Línea de investigación:

Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Territorio

Tesis para optar el grado académico de Doctora en Ingeniería Civil

Autora:

Pereyra Salardi, Enriqueta

Asesor:

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

ORCID: 0000-0003-0512-8954

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Tello Malpartida, Osmar Demetrio

Ccasani Allende, Julian

Lima - Perú

2024



POLÍMEROS Y/O COPOLÍMEROS DE POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.aulavirtualusmp.pe Fuente de Internet	1%
4	A. Aguado, J. M. Salla. "Los hormigones con polímeros en la construcción: propiedades y aplicaciones", Informes de la Construcción, 2012 Publicación	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

POLÍMEROS Y/O COPOLÍMEROS DE POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Línea de Investigación:

Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Territorio

Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Ingeniería Civil

Autora:

Pereyra Salardi, Enriqueta

Asesor:

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

ORCID: 0000-0003-0512-8954

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Ccasani Allende, Julian

Lima – Perú

2024

Dedicatoria

A mis hijos y a mi esposo por brindarme su comprensión y el apoyo incondicional, todo el tiempo que destine en esta investigación

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iii
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Antecedentes	5
1.4.1. Investigaciones nacionales.	7
1.4.2. Investigaciones internacionales.	11
1.4.3. Estado del arte	14
1.5. Justificación de la investigación.....	16
1.5.1. Conveniencia	16
1.5.2. Relevancia social	17
1.5.3. Aplicaciones prácticas	17
1.5.4. Utilidad metodológica	17
1.5.5. Valor teórico	18
1.6. Limitaciones de la investigación	18
1.6.1. Falta de estudios previos de investigación	19
1.6.2. Metodológicos o prácticos.....	19
1.7. Objetivos	19

1.7.1. Objetivo general	19
1.7.2. Objetivos específicos.....	19
1.8. Hipótesis.....	20
1.8.1. Hipótesis general	20
1.8.2. Hipótesis específicas	20
II MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Marco conceptual	21
2.1.1. Hormigón.....	21
2.1.2. Componentes del hormigón.....	22
2.1.2.1. Cemento.....	22
2.1.2.2. Agregados	23
2.1.2.3. Aditivo	24
2.1.2.4. Microsílice	26
2.1.2.5. Policarboxilatos.	26
2.1.2.6. Aditivo de cadena corta de naftaleno y melamina sulfonada	27
2.1.2.7. Aditivo policarboxilato de cadena larga.....	27
2.2 Definición de términos básicos	27
2.3 Marco filosófico	29
2.3.1. Aditivo de fluidización con copolímeros	31
2.3.2. Relación agua/cemento para mejorar las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia	33
2.3.3. Métodos de ensayo del hormigón fresco.....	35
2.3.3.1. Ensayo de extensión de flujo	36
2.3.3.2. Ensayo caja en L.....	37
2.3.3.3. Ensayo embudo en V	37

2.3.3.4. Ensayo Anillo J.....	39
2.3.4. Propiedades en estado endurecido.....	39
2.3.4.1. Resistencia a la compresión.....	40
2.3.4.2. Resistencia a la flexión.....	42
2.3.4.3. Ensayo de resistencia a la tracción.....	43
2.3.5. Hormigón de alta resistencia.....	43
2.3.6. Norma E-060.....	44
2.3.7. American Concrete Institute (ACI).....	44
2.3.8. Aditivos policarboxilatos en las propiedades físico – mecánicas.....	45
2.3.8.1. Policarboxilatos.....	45
2.3.8.2. Tipos de compuestos de hormigón con polímeros.....	47
2.3.8.3. Monómeros y polímeros utilizados en hormigón con polímeros.....	48
2.3.9. Relación a/c para optimizar las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia.....	51
2.3.9.1. Hormigón de alto desempeño (HPC).....	51
2.3.9.2. Materiales cementantes suplementarios.....	51
2.3.9.3. Parámetros del hormigón autocompactante.....	51
2.3.10. Influencia de los aditivos a base de policarboxilato en las propiedades del hormigón autocompactante.....	52
2.3.10.1. Hormigón Autocompactante.....	54
2.3.10.2. Aplicaciones.....	55
2.3.10.3. Ventajas del hormigón autocompactante.....	55
2.3.10.4. Limitaciones del hormigón autocompactante.....	56
2.3.10.5. Policarboxilatos.....	56
2.3.10.6. Prueba de extensión de flujo.....	56

2.3.10.7. Propiedades físicas en estado curado.....	56
2.3.11. Aditivos de cadena corta y larga en las propiedades mecánicas del hormigón incorporando microsílíce.....	57
2.3.11.1. Aditivo de cadena corta de naftaleno y melamina sulfonada	58
2.3.11.2. Aditivo policarboxilato de cadena larga	58
2.3.12. Hormigón de alta resistencia	59
2.3.13. American Concrete Institute (ACI)	60
2.4 Variables.....	60
2.4.1. Variable independiente	60
2.4.2. Variable dependiente:	61
III. MÉTODO	63
3.1. Tipo de investigación	63
3.1.1. El método de la investigación.....	64
3.1.2. El nivel de la investigación.....	64
3.1.3. El diseño de la investigación	65
3.1.4. Resumen de la tipología	65
3.2. Población y muestra	65
3.2.1. Población	65
3.2.2. Muestra	66
3.3 Operacionalización de variables.....	67
3.4 Instrumentos	67
3.5. Procedimientos	68
3.6. Análisis de datos.....	68
3.7. Consideraciones Éticas.....	69
IV RESULTADOS	70

4.1. Con base de polycarboxilatos basado en copolímeros sobre el asentamiento	70
4.1.1. Relación a/c sobre la resistencia a la compresión	71
4.1.2. Relación a/c con aditivos plastificantes basado en copolímeros.....	73
4.1.3. Análisis e interpretación de los resultados.	73
4.2 Relación a/c en las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia.....	74
4.2.1. Relación a/c en las propiedades del hormigón fluido.....	74
4.2.2. Aditivos con base de polycarboxilatos en la consistencia del hormigón fluido	75
4.2.3. Adiciones minerales en la resistencia del hormigón fluido alta resistencia.....	76
4.2.4. Análisis e interpretación de los resultados.	77
4.3. Aditivos a base de polycarboxilato en propiedades del hormigón autocompactante.....	78
4.3.1. Aditivos a base de polycarboxilatos en el asentamiento del hormigón autocompactante.....	78
4.3.2. Aditivos basados en polycarboxilatos en la resistencia a la segregación.	79
4.3.3. Relación a/c y adición cementicia en la resistencia a la compresión del hormigón autocompactante.....	80
4.3.4. Análisis e interpretación de los resultados	81
4.4. Aditivos de cadena corta y cadena larga en las propiedades mecánicas del hormigón con incorporación de microsílíce.	82
4.4.1. Relación a/c en la resistencia a la compresión con microsílíce.....	82
4.4.2. Relación a/c en las propiedades mecánicas del hormigón con microsílíce.	83
4.4.3. Aditivos de cadena larga en el asentamiento del hormigón con microsílíce.....	83
4.4.4. Análisis e interpretación de los resultados.	84
4.4.5. Aditivo cadena corta en resistencia mecánica del hormigón con microsílíce.	84
4.4.6. Análisis e interpretación de los resultados.	85
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87

VI. CONCLUSIONES	92
VII.- RECOMENDACIONES	94
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
IX. ANEXOS	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ensayo de Extensión de Flujo.	38
Figura 2	Medición final de la extensión de flujo	39
Figura 3	Equipo de Caja en L.	39
Figura 4	Equipo de embudo en V.	40
Figura 5	Equipo de Anillo J.	41
Figura 6	Especimen de hormigón autocompactado ensayado.	42
Figura 7	Ensayo de resistencia a la flexión	44
Figura 8	Efecto estérico	48
Figura 9	Gráfica del asentamiento frente a las diferentes dosificaciones de Aditivo	72
Figura 10	Gráfica para diferenciar en el hormigón, la resistencia a la compresión, la dosificación de aditivo y la relación a/c a los 28 días.	74
Figura 11	Resistencia a la compresión por número de composición de mezcla	75
Figura 12	Relación agua/cementante vs. resistencia a la compresión y slump	77
Figura 13	Resistencia a la compresión $f'c$ (MPa) vs. diseño de mezcla del hormigón	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Componentes del hormigón de acuerdo a sus proporciones en volumen	22
---------	---	----

RESUMEN

Objetivo: Determinar el comportamiento del hormigón, con aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos que optimicen las características físicas, mecánicas, según la NTE E.060. **Método:** El estudio es documental/bibliográfico en donde la bibliografía consultada utilizó el método deductivo, diseño de experimento, longitudinal, prospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto). **Resultados:** Las características en estado físico mecánico del hormigón líquido fueron mejoradas. Con 0.6% de policarboxilato, el asentamiento perfeccionó hasta en un 92%, con un asentamiento máximo de 250 mm. El uso de policarboxilato al 0,30 % aumentó la resistencia a la compresión en un 42 % ($a/c = 0,37$). Con una relación $a/c = 40$ y 04% de policarboxilato, aumentó en 54% la resistencia a la flexión. Con una relación $a/c = 0,22$ y una dosificación óptima de aditivos donde su valor esta entre el 2 % y el 2,5 % en el peso del cemento, consigue la máxima resistencia a la tensión sosteniendo la capacidad de ser trabajado con un asentamiento de 175 mm. El volumen nominal en su límite de los agregados fue de 3/8" a 1/2" y se incorporó aditivos con policarboxilatos para controlar la segregación y la exudación. El flujo del asentamiento se extendió entre 24" y 28", la prueba del embudo V estuvo entre 5 y 8 segundos y la permanencia del filtrado a través de la malla GTM un 13%. **Conclusiones:** Los aditivos químicos con una relación $a/c = 0,25$ y 5% al 10% de microsílíce, tienen ventajas sobresalientes en las características del hormigón.

Palabras claves: polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, propiedades físico y mecánicas del hormigón, aditivo de cadena corta y cadena larga.

ABSTRACT

Objective: To determine the behavior of concrete, with additives based on polymers and/or polycarboxylate copolymers that optimize the physical and mechanical characteristics, according to NTE E.060. **Method:** The study is documentary/bibliographic where the consulted bibliography used the deductive method, experimental design, longitudinal, prospective and cohort study (cause-effect). **Results:** The characteristics in mechanical physical state of the liquid concrete were improved. With 0.6% polycarboxylate, slump improved by up to 92%, with a maximum slump of 250mm. The use of 0.30% polycarboxylate increased the compressive strength by 42% ($w/c = 0.37$). With a w/c ratio =40 and 04% polycarboxylate, the flexural strength increased by 54%. With a ratio $w/c = 0.22$ and an optimal dosage of additives where its value is between 2% and 2.5% by weight of the cement, it achieves maximum tensile strength while maintaining the ability to be worked with a settlement of 175 mm. The nominal volume at its limit of the aggregates was 3/8" to 1/2" and additives with polycarboxylates were incorporated to control segregation and exudation. The settlement flow extended between 24" and 28", the V funnel test was between 5 and 8 seconds and the permanence of the filtrate through the mesh at GTM was 13%. **Conclusions:** Chemical additives with a w/c ratio = 0.25 and 5% to 10% microsilica have outstanding advantages in concrete characteristics.

Keywords: polymers and/or copolymers of polycarboxylates, physical and mechanical properties of concrete, short chain and long chain additive

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la alta demanda y los requisitos cada vez más especializados, el hormigón es en el campo de la construcción, uno de los más esenciales y significativos materiales utilizados, razón por la cual se encuentra en constante avance tecnológico. En los tiempos modernos, la mezcla de hormigón convencional es solo una opción; la mayoría de los diseños añaden aditivos al hormigón en estado fresco para mejorar sus características y rendimiento, utilizando una composición con una correlación menor de a/c y consiguiendo la misma resistencia.

La finalidad de este estudio es evaluar las proporciones necesarias de los aditivos de cadena corta que se requieren para perfeccionar la contracción, la relación a/c y aumentar la firmeza y durabilidad del hormigón para lograr la satisfacción de los requerimientos de las fabricas con relación a la construcción actual. Además de perfeccionar las características físico-mecánico del hormigón estructural mediante el uso ideal de recursos químicos y mineros, al incorporar microsílíce, se logra su optimización (Priya, 2015), sin embargo, los minerales rara vez son utilizados como aditivos porque se desconocen sus beneficios y rentabilidad.

Igualmente, Perumal et al. (2018) demostraron que la renuencia a la presión disminuyó con el aumento de microsílíce y que la mayor renuencia a la presión se logra con un 3 % de aditivo y un 10 % de microsílíce. Por otro lado, Ganapati et. al. (2016) sabiendo que el aditivo exigía mayor cantidad de agua, lo utilizaron, pero con base de policarboxilato para lograr que la mezcla fuera más manejable y reducir la relación a/c. En base a estos resultados se podrá decidir un método en el que se utilicen agregados a base de policarboxilato para modificar las propiedades frescas y endurecidas para lograr que sea capaz de ser trabajado o la facilidad y la renuencia a la corrosión del hormigón.

Para lograr lo planteado, esta tesis se desarrolla en 8 capítulos de la manera siguiente: Capítulo I, la introducción del estudio; Capítulo II, presentación del marco teórico; Capítulo

III, desarrollo del marco metodológico; Capítulo IV, progreso de la presentación y estudio de consecuencias de la investigación y contrahipótesis; Capítulo V, presenta las discusiones; Capítulo VI, el desarrollo de las conclusiones; Capítulo VII, planteamiento de las recomendaciones; Capítulo VIII, muestra de las referencias bibliográficas y en el Capítulo IX, presentación de anexos.

1.1. Planteamiento del problema

La ciencia aplicada del hormigón ha experimentado una innovación reciente en cuanto a su uso, considerando que los planes de edificación pasan por diferentes etapas en el ámbito de la industria, los procesos de construcción, el asentamiento y los resultados que se pueden obtener, con el fin de aumentar la productividad. El interés por las nuevas tecnologías del hormigón pretende hacer más utilizado de trabajabilidad y con ello agrega más valor a la industria al optimizar los recursos y lograr mejores resultados en el análisis de precios al reducir algunos de los recursos utilizados tradicionalmente, como la fuerza de vertido, la vibración del hormigón por capas y el tiempo de uso. Por este motivo, no se puede hablar de dosificaciones de hormigón sin mencionar los aditivos que se han ido añadiendo a través del tiempo, con el fin de lograr aumentar la calidad y la productividad del hormigón.

1.2. Descripción del problema

Debido a que el hormigón ofrece mayor resistencia y hace más larga utilización de las estructuras, su uso se ha hecho más popular por su densa microestructura. Este material se utiliza en una variedad de proyectos de construcción, incluidos grandes edificios, puentes de gran tamaño, túneles, represas, en redes de alcantarillas y plataformas marinas, entre otros. Para mejorar sus características y lograr buenos resultados, el hormigón con una fluidez premezclado de tenacidad alta, tiene las mismas cualidades mecánicas del hormigón de rendimiento elevado con el cual se logran resultados óptimos y propiedades físicas y mecánicas mejores con las cuales aseguran que el material sea más trabajable, resistente y se garantice la

duradero del proyecto que se realiza. Tanto el material que reduce el agua de rango elevado, como el cementoso, presentan los requisitos que requieren las normas ASTM C-09 y C-494.

Gracias a la tecnología que ha desarrollado nuevos aditivos con base de polycarboxilatos (SP) y a la producción del hormigón autocompactante, las cualidades del hormigón, bien sea en rígido o blando, se han mejorado, esto debido a que esta clase de aditivos (SP) alteran las características del hormigón al reducir su contenido de agua, aumentando su fluidez, resistencia y durabilidad (Mego y Meza, 2018). Sin embargo, para garantizar que estas características se presenten, se debe considerar la dosificación adecuada y un adecuado control de calidad para evitar la aparición de surcos o roturas, que se originan por la mala colocación del hormigón (Hormiblock, 2015).

Es por esta razón, que se desarrolla la investigación para analizar de que manera influyen los agregados de cadenas pequeñas y extensas en las cualidades físicas y químicas al serle incorporado microsílíce para darle mayor resistencia y las mejores características mecánicas. El personal al que va conducida la investigación es al ámbito de la construcción y sus usuarios y público en general con la finalidad de dar a conocer los agregados que tienen un dominio elevado en las propiedades mecánicas del hormigón de renuencia elevada.

Para esto, se tomarán como referencias trabajos que incrementen el conocimiento sobre las mejoras que se obtienen con la implementación de aditivos de cadenas pequeñas y extensas, realizados por investigadores como Ganesh et al. (2016), quienes encontraron que las propiedades mecánicas eran iguales tanto en hormigones sin aditivos como en las mezclas que tenían un 2% de nanosílíce para reemplazar el cemento, además tenían 21% más de renuencia a la compresión y menor tensión y flexibilidad con respecto a la mezcla sin los aditivos.

Los aditivos con base de polycarboxilatos a veces se utilizan en la fabricación de hormigón y se podría obtener buenos y no tan buenos resultados. Para que sea capaz de ser

trabajado y contribuyan en la distribución de partículas de la pasta de cemento. Entre los resultados no deseados que pudieran producir se encuentran una rápida pérdida del asentamiento o un riesgo elevado de contracción, como la forma de un fraguado retrasado. Las características del aditivo reductor de agua y los factores ambientales juegan un papel en las dificultades causadas por la interacción entre el cemento y la mezcla. Abu et al. (2020), mencionan que a medida que se agregan materiales de cementación adicionales, los valores de asentamiento disminuyen. Debido a su gran área superficial, las mezclas de hormigón con nanosílice tienen valores de asentamiento más bajos que las mezclas de humo de sílice y cenizas volantes. Al mismo tiempo, para mejorar las características principales del hormigón de renuencia alta, se utilizan el humo de sílice y la nanosílice.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera el comportamiento del hormigón estructural en estado fresco y endurecido con base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos mejora las propiedades físico–mecánicas?

1.3.2. Problemas específicos

¿De qué manera la incorporación de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos en el hormigón estructural, establece la relación a/c, el slump?

¿De qué manera la incorporación de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos en el hormigón estructural establece la relación agua/cemento (a/c), el slump y el porcentaje de adiciones minerales en hormigones fluidos para mejorar la resistencia a la compresión?

¿De qué manera la incorporación de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos establece la relación a/c, el slump y la resistencia a la compresión?

¿De qué manera la incorporación de los aditivos de cadena corta, cadena larga y la microsílíce en la relación a/cm mejoran las propiedades mecánicas del hormigón estructural?

1.4. Antecedentes

Debido a las cualidades que posee el hormigón, desde la trabajabilidad cuando está fresco hasta la resistencia y la durabilidad cuando se ha endurecido, este material ha sido el más utilizado por años en la construcción. Sin embargo, su composición ha cambiado con el tiempo, en busca de nuevos materiales complementarios, algunos de ellos son los áridos finos inertes entre otros, la mezcla tiene una gran composición química que puede causar una gran variedad de reacciones, algunas de ellas, lograr que la mezcla sea fluida, demorar su fraguado, lograr que el aumentar su capacidad impermeabilizante cuando se endurece, reduciendo la exudación estrictamente en el fraguado acortando el tiempo del proceso, entre otros.

Conocemos que nuestros ancestros para formar y hacer elementos estructurales tallaron grandes piedras con la geometría deseada. Este método de construcción fue empleado por muchas culturas jóvenes. En los registros históricos se pueden encontrar los primeros estudios acerca de la combinación de elementos para elaborar una composición similar al hormigón que conocemos ahora.

Se ha encontrado evidencia que muestra que, en el Paleolítico y el Neolítico, los métodos de construcción avanzaron y mediante un proceso conocido como muros de mampostería en seco el hombre comenzó a unir las piedras. Este método se basa en disponer en hileras horizontales las piedras y procurar, siempre que la propia morfología de las piedras lo permita, que su unión sea lo más homogénea posible, sin utilizar ningún tipo de conglomerado, que pueda aumentar la presión en las juntas de las piedras provocando su rotura (Nistal et al. 2012).

Posteriormente, se utilizó una argamasa de material a base de arcilla apisonada y un canto rodado para distribuir uniformemente toda la carga en toda la estructura. Nistal et al.

(2012) afirman que el hormigón se utilizó en grandes y pequeñas estructuras e infraestructuras como elemento constructivo durante el Imperio Romano con tal grado de satisfacción que hasta el siglo XIX no se alcanzaron nuevamente. Debido esto a la existencia de arenas volcánicas cerca de Roma, las cuales poseen propiedades como el cemento y a la habilidad constructiva de los romanos. Ellos, los romanos, utilizaban estas arenas para hacer argamasa combinándolas con piedras naturales. Este mortero se utilizó para construir estructuras masivas que han demostrado ser increíblemente duraderas a lo largo de los siglos. Tenía características mecánicas y físicas que eran semejantes al hormigón empleado en las edificaciones construidas en la actualidad.

El constructor del Faro de Eddystone, John Smeaton, ha sido reconocido como un precursor de la ingeniería moderna. Smeaton observó que la mezcla de cal y arcilla producía propiedades hidráulicas mayores a las de la cal gris, descubrimiento que fue precursor del hormigón actual en donde los investigadores ya están comenzando a experimentar con diferentes clases de agregados para cambiar sus propiedades. Algunos aditivos hacen que el hormigón aumente la resistencia y reduzca el tiempo de fraguado, mientras que otros hacen que sea más fluido y manejable.

De acuerdo con Ghorab, et al. (2012), son más utilizados los aditivos a base de polycarboxilatos con grupos sulfanados y polycarboxilatos los cuales fueron creados en Japón alrededor de la década de los 80. Numerosas características del hormigón, incluida la duración del asentamiento y el fraguado y la fuerza ejercida sobre las partículas durante la dispersión, se pueden controlar alterando la estructura química de estos aditivos. Para el avance de las ciencias aplicadas del hormigón, colocar agregados basados en polycarboxilatos es crucial, y la compatibilidad del sistema cemento-polycarboxilato es una consideración de vital importancia en este sentido Bundyra-oracz y Kurdowski (2011), consideran que la unión de estos elementos

es compatible si al estar terminado el hormigón procesado posee una relación baja a/c y mantiene una baja viscosidad durante un lapso de tiempo específico.

Las adiciones no-orgánicas con características puzolánicas o de relleno ya son de uso común en el cemento portland, y su uso se rige por las directrices y normas europeas. Estos cementos son superiores a los comparables sin adiciones en términos de factores técnicos, ambientales y económicos. La clase y las propiedades de la adición no-orgánica afectan la fluidez del sistema. Es fundamental comprender cómo interactúan entre sí varios aditivos y cementos a base de policarboxilatos fabricados con materias primas fácilmente disponibles (Ghorab et al., 2012).

1.4.1. Investigaciones nacionales.

Utilizando las recomendaciones ACI 211, EFNARC 2002 y las especificaciones GPE 2006, Rodríguez (2019) describe el funcionamiento en la nueva tecnología del hormigón de autocompactación. Después de eso, comparó varias marcas de aditivos, incluidos Sika ViscoCrete SC-60 y Euco Neoplast 8500 HP. Para ello se diseñó hormigón fresco por viscosidad, capacidad de paso y de segregado. Desarrollando también pruebas de renuencia a los 28 y 56 días. Con resultados como 741 mm en la prueba de tracción, relación de altura de 0.81 en la caja L, 11.9 segundos en el embudo en forma de V y 5.4% en la prueba de segregación por tamiz, determinando que es adecuado el 0.6% del aditivo Euco Neoplast 8500HP. A su vez, se comprobó que 3.0% del aditivo Sika ViscoCrete SC-60 es el indicado con logros de 815 mm en la prueba de Extensibilidad, a h. Huamán (2018) explica cómo funcionan las nuevas tecnologías, mejorando la durabilidad, la resistencia, la calidad, los acabados y la trabajabilidad como el hormigón de autocompactación. Examina el papel del aditivo con base de policarboxilato en el hormigón autocompactante en los cambios en las características del material. Para examinar la fluidez del hormigón en estado fresco se realizaron estudios usando los ensayos de Runoff y V-funnel al hormigón, y también, usando

la prueba de renuencia a la compactación, se examinaron las características del hormigón en fase endurecida. Concluyendo que a medida que aumentan las dosis de aditivos a base de policarboxilato la renuencia a la compactación comienza a disminuir. Finalmente, a los 28 días se alcanzó la máxima renuencia de $466,50 \text{ kg/cm}^2$ usando (uno) 1% como porcentaje ideal del aditivo con base de policarboxilato con relación al cemento.

Gutiérrez (2018), para efectuar un estudio de comparación que fuera tan económico como técnico, creó una sucesión de diseños de combinaciones con agregados y sin agregados con base de policarboxilato. En el desarrollo del ensayo se consideró usar insumos del lugar, relación a/c de 0.75, 0.65 y 0.55 y revenimiento en rango de 6" a 7" con el objetivo de simular un escenario típico en la producción de hormigón. en la localidad de Lima. La adición de un agregado con base de policarboxilato al hormigón, mejora algunas de sus propiedades técnicas, según los resultados. En todos los casos, el hormigón se podría obtener por menos dinero, creando oportunidades significativas para la optimización económica. El propósito del presente trabajo es conocer cómo la mezcla del hormigón se puede crecer en cuento a la resistencia y la compresión del hormigón al 60% en tres días al agregar Rheobuild 1000.

Coapaza y Cahui (2018), demostraron que el precio de los materiales por unidad se eleva significativamente cuando se agregar al hormigón un aditivo a base de policarboxilato $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Se halló que la incorporación del agregado a base de policarboxilato al hormigón producido en los techos de las casas autoconstruidas extiende la renuencia a la compactación en (71,92%, 80.10% y 58.10%, para las dosis de 0,70%, 1,05% y 1,40% del peso del hormigón) mejorando con ello la entereza a la compresión a los 28 días de edad. (pág. 149). Gracias a los agregados a base de policarboxilatos, los elementos que se van a encofrar con esta particular mezcla de hormigón tendrán mayor resistencia y durabilidad. además de una mayor trabajabilidad. Al comparar la resistencia previamente en el ambiente con la baja temperatura, el factor climático se menciona en contexto cuando se habla de durabilidad en el

hormigón porque cambia mucho según las condiciones y los ambientes de uso de la composición. Se consiguió la extensión más elevada en la renuencia a la compactación al combinar el aditivo base policarboxilato Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, aumentado en un 110%, cuando se utilizaron aditivos base policarboxilato para preparar el hormigón en una proporción del 1% del peso del hormigón al compararla con la renuencia a la compactación especificada en 24 puntos, 80% más que su grupo de control correspondiente. El precio de la preparación de los grupos a experimentar con el agregado a base de policarboxilato fue de 14 puntos 3% mayor en comparación con el valor de la composición inicial sin el agregado

Bernal (2017) realizó grupos experimentales combinando cada cemento con aditivos a base de policarboxilato Chema Súper Plast, Euco37 y Sika Plast 1000, y realizó pruebas de compresión a las muestras a los 7, 14 y 28 días de edad. Para los grupos se utilizó cemento Andino, Pacasmayo y para el grupo de control, el cemento Sol sin aditivos y se realizaron 08 especímenes por cada grupo experimental. El método incluyó determinar los pesos específicos de los cementos Portland Tipo I, los agregados empleados y las características mecánicas y físicas de los aditivos utilizados (de la mina del río Chonta). Luego, el diseño de la mezcla se completó después de 28 días, utilizando el procedimiento Módulo de Finura de la mezcla de agregados para una firmeza a la compactación específica de 280 kg/cm^2 , teniendo en cuenta dos disposiciones: hormigón libre de aditivos que sirvió como mezcla de control y hormigón al que se agregan aditivos hechos de policarboxilatos. Se implementó el diseño encontrándose que las resistencias a la compresión del grupo de control y experimental excedieron la renuencia a la compresión especificada que al usar aditivos a base de policarboxilato para preparar el hormigón en proporciones del 1% en relación al peso del cemento. La mayor tenacidad a la compresión se incrementó en un 11% la cual se produjo al combinar el Cemento Pacasmayo Tipo I y aditivo Sika Plast 1000. El presente estudio utiliza aditivos hechos de

polímeros y/o copolímeros que constituyen el 1% del peso del cemento, para preparar hormigón que resulte en elevar el máximo de la renuencia a la compactación.

Garay y Quispe (2016), realizaron un estudio donde discuten la informalidad en la construcción en el país, del hormigón que se produce en sectores populares de Lima, para demostrar que la calidad de dicho hormigón es inferior a la exigida por las normas vigentes, presentando problemas de control de calidad; Esto es el resultado de técnicas inadecuadas utilizadas en la producción y preparación del hormigón en el sitio. Lo único que es constante en el hormigón es lo que se use de cemento; los materiales utilizados en las obras informales no están cuantificados ni calificados. Muchos de los edificios de Lima pasan por el mismo procedimiento. Según el método ACI los diseños teóricos de mezcla utilizan un promedio de 31 Lts. de agua/ bolsa de cemento, sin embargo, la cuantía promedio de agua utilizada resultó en 38,3 litros por saco de cemento, ciertamente colocar más cantidad de agua eleva la manejabilidad del hormigón, pero disminuye su resistencia, impactando significativamente la calidad del hormigón. (pág. 87). El agregado a base de policarboxilato, conocido a su vez, como disminuidor de agua, posee el potencial para incrementar drásticamente la trabajabilidad en el hormigón sin alterar su resistencia. Se obtuvo una comparación de precios utilizando aditivos a base de policarboxilatos en Puno.

Molina y Saldaña (2014), indicaron que, para determinar el efecto del aditivo, en las características del hormigón autocompresivo en fase duro o en frescura realizaron los diseños de hormigón y analizaron la trabajabilidad de hormigón autocompactante con el efecto del agregado Hiperplastificante a base de policarboxilatos, Plastol 200 Ext de marca Euco. El diseño patrón llevó seis diferentes dosis de Plastol 200 Ext al: 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0% y 2.2% correspondientemente. Posteriormente estudiaron por medio de las pruebas de extensibilidad, embudo V, Anillo J, Caja enL y de estabilidad de filtrado a través de la malla GTM, la trabajabilidad del hormigón autocompactante en estado fresco. Realizándose también

en todas las pruebas ensayos de rotura del CAC, en estado endurecido en diferentes periodos: dos prototipos a tres días, dos prototipos a siete días y dos prototipos a los 28 días. Encontramos en sus conclusiones que al agregar cantidades pequeñas de hiperplastificante Plastol 200Ext en el hormigón de autocompactación se logra obtener un gran impacto en la trabajabilidad, renuente a la compactación, segregación y exudación del hormigón. A través de las pruebas de estabilidad de Extensibilidad, embudo en V, J Ring, L-box y tamiz a través de la malla GTM en estado fresco, seguido de la prueba de ruptura en estado endurecido. Se evaluó el impacto del aditivo bajo investigación utilizando los resultados de las pruebas de trabajabilidad y rotura. Del estudio el autor concluye que las cualidades del hormigón autocompactante en estado duro como fresco se mejoran empleando aditivos a base de policarboxilatos en la preparación del hormigón. El 1.20% del peso del cemento es el porcentaje ideal de aditivo porque está dentro de los rangos de fluidez y tiempo permitidos, no presenta exudación ni segregación y tampoco presenta ninguna de las dos.

1.4.2. Investigaciones internacionales.

Castro (2020) probó dos diseños de hormigón autocompactante y encontró que al usar dos agregados con base de policarboxilatos resultó en diferentes flujos libres para cada uno, además de que el contenido de aire no aumentó. Luego realizó una nueva prueba de asentamiento. Utilizando la guía ACI 347.3R-13, el flujo cumplió con la medida T 50 teniendo en cuenta la textura, los vacíos, el color y las irregularidades de la superficie. La categoría de encofrados se destacó al final.

Según Riquett (2018), el hormigón de alto desempeño es una sustancia con mejores propiedades que el hormigón convencional, y estas mejores propiedades están basadas en su resistencia a la durabilidad y compresión principalmente. Él entró en gran detalle acerca de sus diferencias, así como los elementos y características del hormigón de beneficio elevado. Adicionalmente, se llegó a la conclusión de que la baja relación a/c se debió al empleo de

suplementos finos, incluyendo agregados a base de polycarboxilatos o aditivos que ayuden a reducir la cantidad de agua, agregados inorgánicos como escorias, el humo de sílice, así como polvo de mármol, restos de baldosas y cenizas volantes, que disminuyen la porosidad que dejan los áridos y el cemento y aumentan su resistencia.

Soberon (2015), determinó la cantidad necesaria de los agregados a base de polycarboxilatos y filler como adición fina, en el hormigón autocompactante de 350 kg/cm². Utilizando las tres pruebas principales que definen el hormigón autocompactante y las probaron en el laboratorio Haciendo distintas dosis en variadas mezclas de materiales. Con toda la información recabada se elaboró una propuesta técnica para la elaboración e instalación de hormigón autocompactante en muros. Gálvez (2015), expone las fallas en el hormigón autocompactante y cómo corregirlas sin cambiar las cualidades del material en su fase fresco y endurecido por medio de la suma de más agregados o aditivos microfinos. Se usaron cenizas volantes y piedra caliza triturada para desarrollar el ensayo de flujo de asentamiento, que arrojó resultados de 720 mm y 0% de segregación. Por medio de los estudios VSI, anillo J, embudo V y renuencia a la compactación, pudo determinar la toma apropiada de la mezcla, agregados y partícula del incorporado fino. Concluyó que el hormigón autocompactante tipo polvareda es más susceptible a cambios en la granulometría de arena y agua durante el mezclado, en vez de cambios en los niveles de polycarboxilatos.

Álvarez (2013), refiere que aun cuando los exámenes para aprender la reología de la mezcla dan frecuentemente derivaciones positivas, existe la posibilidad de crear un hormigón con comportamiento autocompactante. Igualmente indicó que la durabilidad y los bajos costos de mantenimiento son dos de sus mejores características. Además de la facilidad de fabricación utilizando tecnología moderna, estrictos controles de calidad, mano de obra calificada y tiempos de entrega rápidos. Pero, si bien. las pruebas para determinar la reología de la mezcla frecuentemente arrojan derivaciones positivas, existe la posibilidad de crear un hormigón con

comportamiento autocompactante. No todos encajan de la misma manera. Teniendo en cuenta que el hormigón se puede terminar maravillosamente, se debe realizar una selección minuciosa y precisa de las pruebas mientras la muestra aún está fresca.

Puertas y Palacios (2011) reportaron el usar aditivos tipo PCE en la preparación del hormigón. En un estudio realizado en España se estudió el hormigón fluido con inclusión de varios agregados, entre ellos nanosílice, muy avanzada técnica de hiperplastificantes que logra reducir drásticamente el agua; no obstante, siempre será necesario el uso de agua para hidratar el cemento. Demostraron que, en la práctica, el uso de aditivos tipo PCE puede causar ocasionalmente efectos no deseados y extraños, como pérdida rápida que sea capaz de ser trabajada, segregación de la mezcla o atrasos en exceso en el fraguado. Se cree que estos aditivos son incompatibles con el cemento, siendo los siguientes factores los principales agentes causales: factor asociado con el aditivo, factor asociado con el cemento y factores asociados con las exigencias de la prueba.

Vilanova (2009) examinó la conducta de las cualidades mecánicas del hormigón autocompresivas en forma genérica como en relación a la clase de cemento y aditivos utilizados en sus dosificaciones. Específicamente estudio lo aplicable de los patrones actuales de cálculo que se utilizan para medir estas propiedades mecánicas en hormigones convencionales y autocompactantes, por otro lado, este trabajo examinó el módulo de deformarse, la renuencia a la tracción, la renuencia a la flexibilidad y la renuencia a la compactación del hormigón. El relleno de piedra caliza, la escoria de alto horno, el humo de sílice y las cenizas volantes fueron las adiciones minerales que se tuvieron en cuenta al elegir las clases de cemento para la investigación, que se realizó en cementos tipo 1, tipo 2 y tipo 3 en general y tipo 1 y cementos tipo 2 específicamente.

1.4.3. Estado del arte

Según Valentini et al. (2018), mencionan que la nucleación C-S-H en presencia de CCE cambia de heterogénea a homogénea, y la medida que evoluciona de C-S-H disminuyendo en proporción a la dosis usada de PCE. La variación prevista a la nucleación homogénea es consistente con los datos del experimento logrados de la microtomografía mejorada con XRD, que demostró que en presencia de PCE que C-S-H se origina con preferencia en la zona porosa en lugar del área de los fragmentos de clínker. El objetivo de la actual investigación es precisar el papel esencial que juegan los aditivos de policarboxilato en las propiedades mecánicas tanto del cemento recién mezclado como del hormigón endurecido.

Jonbi et al. (2018), demostraron que agregando un 2% de PCE se obtiene la optimización del rendimiento del hormigón logrando con ello un dato de conservación de caída de 45 minutos y una renuencia a la compactación de 53,84 MPa. Para arrojar luz sobre cómo aplicar la funcionalidad de diseño adecuado de HPC, se verificó de forma independiente el impacto de PCE en la conservación de caídas y la renuencia a la compactación. El objetivo del estudio actual determinó que la incorporación del 2% de éter de policarboxilato a la mezcla de hormigón produce hormigón de óptimo rendimiento.

He et al. (2018), demuestran cómo la densidad carboxílica del PCE influye significativamente en la eficacia dispersante de las mezclas a base de policarboxilato de PCE. la dispersabilidad del PCE mejora con el aumento de la densidad carboxílica, y P(PEG1-AA6) tiene la mejor dispersabilidad. La mezcla de cemento también tiene la fluidez al comenzar y la fluidez de una hora, así como la viscosidad menor y el ciclo de histéresis más reducido. El propósito del estudio es determinar si las características reológicas de las pastas de cemento están influenciadas principalmente por la formulación de aditivos a base de policarboxilatos. En esta sección se cubre el tema de la variable independiente de la adición de policarboxilatos en la pasta de cemento.

He et al. (2017), mostrarón que a medida que aumentaba la velocidad de disolución, la adsorción competitiva entre los iones de sulfato y policarboxilato aumentaba bajo la influencia de los iones alcalinos, aumentando la velocidad de disolución. El valor absoluto de la potencial zeta, decayó a medida que se destruía el ion. Mediante el uso de una doble capa de electrodos, fue posible generando concentrar los iones de calcio en el recurso intersticial y mejorar la conducta de incorporación del aditivo de PC con tamaños de dosis más grandes. Como resultado, la repulsión electrostática del polvo de cemento entre sí, se redujo y la estructura de floculación se fortaleció. La trabajabilidad y las características de la mezcla de cemento con aditivo de policarboxilato disminuyeron bajo cierta velocidad de corte debido al menor grado de daño de la estructura de floculación.

Ali et al. (2015), descubrieron la dosis ideal de PCE y evaluó su morfología, propiedades físicas y resistencia a la compresión. Según lo logrado en el estudio, el hormigón de elevada utilidad tiene la renuencia a la compactación más alta y las mejores características físicas cuando se agrega policarboxilato éter (PCE) a la masa de cemento en una proporción del 0,5 %.

Zeng et al. (2012), determinaron que una mezcla de hormigón de baja resistencia tendría un mayor impacto en la propiedad de carbonatación del hormigón. El impacto disminuyó gradualmente mientras se elevaba la renuencia del hormigón. Al agregar la cantidad correcta de aglutinantes de agua o aditivos minerales compuestos, se logra el mejoramiento de los rasgos anticarbonatación del hormigón. El propósito del trabajo actual es determinar cómo el aditivo de policarboxilato afecta la propiedad de carbonatación del hormigón para aumentar el crecimiento de la resistencia al impacto del hormigón.

Ding et al. (2012), estudiaron la influencia de la estructura molecular de los aditivos de policarboxilato (PC) en el calor de hidratación de las pastas de silicato tricálcico y descubrieron que las moléculas de PC con cadenas principales cortas o cadenas laterales largas causan

grandes retrasos en la hidratación inicial. En este caso, se está discutiendo la variable independiente policarboxilato.

Bekir et al. (2007), demostraron mediante la manipulación cuidadosa de la fluidez la posibilidad de crear una mezcla de hormigón que pueda compactarse sin vibraciones internas o externas manteniendo su estilo de losa después de un proceso de pavimento con encofrado corredizo. Esto se consiguió modificando cuidadosamente ya sea agregando pequeñas cantidades de materiales finos o usando aditivos la fluidez, las características la resistencia en verde y de consolidación del hormigón fresco. La presente investigación sirve para conocer la construcción de pavimentos utilizando mezclas de hormigón fresco con baja caída mediante la utilización de agregados químicos en pocas cantidades y materiales finos que serán procesados por una maquina pavimentadora deslizante; en esta parte se tratando temas de adición de agregados químicos en la preparación de mezclas de hormigón que sería la variable independiente.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Conveniencia

Mediante el uso de aditivos a base de policarboxilatos, se puede reconocer y precisar los factores más influyentes en los resultados obtenidos por medio de ensayos que permitan efectuar un apropiado análisis de calidad y así evitar inquietudes y retrasos en el proyecto de ingeniería, además de tener la confianza de fabricar correctamente diversos estilos de trabajos de ingeniería donde los elementos a utilizar se requieran para aumentar la durabilidad de las construcciones. En la investigación de las cualidades mecánicas del hormigón microsílico, tiene como objetivo referir los agregados de cadena corta y larga. El estudio nos dará acceso a conocer cuál es el aditivo que beneficia más las cualidades mecánicas del hormigón y el porcentaje ideal a utilizar en relación al cemento.

1.5.2. Relevancia social

La industria de la construcción se beneficiará de este estudio porque se utilizará como fuente de conocimiento fundamental para producir hormigón de renuencia elevada a partir de la relación a/c ideal. El objetivo es buscar perfeccionamientos en los rasgos físicos /mecánico del hormigón para producir edificaciones de alta calidad que se basen en la resistencia y durabilidad y que resguarden los intereses de contratistas, clientes y usuarios finales.

1.5.3. Aplicaciones prácticas

Conocer cómo afecta el uso de polímeros y/o copolímeros a base de policarboxilatos a las características física-mecánica del hormigón, facilitará la decisión de cómo utilizar finalmente los aditivos para lograr la trabajabilidad y renuencia a la compactación del hormigón, con la finalidad de aumentar la calidad de la construcción de estructuras más altas y puentes de mayores luces, que requieren mayor resistencia sísmica y sollicitación de carga.

1.5.4. Utilidad metodológica

La investigación es al estilo de una investigación documental, cuyo objetivo es recabar información del problema, el cuál mediante un plan de trabajo y objetivos, servirá de manual para que los profesionales en ingeniería civil realicen una superior revisión de sus actividades y de la calidad de sus recursos, si y sigan procedimientos de mantenimiento y mejora de elementos estructurales para evitar un mayor deterioro, aumento de los costos de mantenimiento y/o restauración. Desarrollo de equipos de medición de alta calidad para datos obtenidos a partir de equipos debidamente calibrados para su uso. Dado que se manejan las derivaciones de revenimiento, resistencia a la flexión, tracción y compactación varios tiempos de curación completo, la metodología consiste en estudios relevantes sobre el hormigón fluido, extrayendo los datos de las técnicas y/o métodos a través de la observación indirecta. en los ensayos escritos a partir de las tesis de investigación y revistas académicas consultadas.

1.5.5. Valor teórico

El estudio pretende llenar este vacío de conocimiento, dado que existen pocas referencias científicas, en cuanto a hormigones elaborados a partir de polímeros y/o copolímeros de policarboxilato, debido a que alteran las propiedades del hormigón y producen excelentes resultados que alcanzan las exigencias de la American Society for Testing and Materials C-494, los aditivos a base de policarboxilatos tienen un impacto positivo en la capacidad de ser trabajada y renuencia necesaria del hormigón.

Con la presentación de los hallazgos que conciernen a las cualidades físico-mecánicas del hormigón se podrá ayudar a difundir las ventajas de los agregados de serie corta y de serie larga proporcionando conocimientos básicos a las futuras investigaciones sobre el tema.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante la propagación del Covid-19 y las dificultades para frenarlo, los gobiernos se vieron obligados a implementar medidas extraordinarias que incluyeron el cierre de entidades públicas, negocios, actividad comercial y educativa, así como la limitación de horarios de movilización y toque de queda, que ocasionaron restricciones en la investigación, obligando a realizar el estudio documental/bibliográfico, utilizando como fuentes de información materiales impresos como artículos, revistas, normas técnicas, libros y otros documentos como fuentes de información, así como visitas a campo y pruebas de laboratorio como análisis petrológicos y químicos de capas delgadas de concreto. Los estudios revisados tienen en cuenta las relaciones a/c convenientes, para alcanzar las resistencias perseguidas, varios porcentajes de agregados y la suma de minerales al hormigón para perfeccionar sus cualidades. las propiedades mecánicas y físicas del hormigón han mejorado.

1.6.1. Falta de estudios previos de investigación

Se realizaron numerosas investigaciones internacionales, debido a que es un aditivo que no se encuentra comúnmente en nuestro medio, debido a factores climáticos y circunstancias propias de las cualidades del hormigón.

1.6.2. Metodológicos o prácticos

Los autores de las bibliografías no normalizadas que han sido consultadas han implementado normas diferentes que pueden afectar de manera negativamente significa los resultados de la estructura físico-química de las cualidades del hormigón.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento del hormigón en estado fresco y endurecido con base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos para mejorar las propiedades físico y mecánicas, según las Normas establecidas en las bibliografías consultadas.

1.7.2. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, la relación a/c y el asentamiento fin de mejorar las propiedades físico y mecánicas del hormigón.

Determinar el porcentaje de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos a fin de obtener la relación a/c, el slump y el porcentaje de adiciones minerales para aumentar la resistencia a la comprensión del hormigón estructural fluido de alta resistencia.

Determinar el porcentaje de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos a fin de establecer la relación a/c, el asentamiento y la resistencia a la comprensión del hormigón estructural.

Determinar el porcentaje de aditivos de cadena corta y cadena larga y de larga, la relación a/c con la incorporación de microsílíce para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

El comportamiento del hormigón en estado fresco y endurecido con base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos mejora las propiedades físicas y mecánicas.

1.8.2. Hipótesis específicas

Los aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, la relación a/c, el slump mejoran las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

La incorporación de aditivos a base de policarboxilatos establece la relación a/c, el slump y el porcentaje de adiciones minerales en hormigones fluidos de alta resistencia.

La incorporación de aditivos a base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos en el hormigón establece la relación a/c, el slump y la resistencia a la compresión del hormigón estructural.

La incorporación de aditivos de cadena corta y cadena larga y de microsílíce aumenta la resistencia de las propiedades mecánicas del hormigón estructural.

II MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Hormigón

Según el Registro Nacional de la Edificación (RNE), la norma E-060 define al hormigón como un compuesto combinado por agua, cemento portland u otro cemento hidráulico, árido fino, árido grueso y otros componentes descritos (RNE, 2014). Entre el 25% y el 40% del volumen total del hormigón se compone normalmente de pasta de cemento y agua. El cemento generalmente constituye del 7% al 15% del volumen total, el agua del 14% al 21% y el agregado del 60% al 80%. (Estrada y Páez 2014).

Mundialmente el hormigón es uno de los componentes más usados en el ámbito de edificaciones y/o construcciones. El producirlo, parece ser muy sencillo, y si bien la mezcla de material cementicio, agregados y agua es realmente todo lo que se requiere para crearlo, la gran diversidad de agregados y géneros cementicios hidráulicos que se encuentran actualmente en el mercado hacen que este comportamiento sea extremadamente complejo (Rivera y Rivera 2005).

Ottazzi (2004) afirma que el hormigón es un material combinado hecho de agente cementante, agua y agregados. Estando hidratado, el cemento produce la adhesión química entre las partes. Las proporciones típicas de los componentes del hormigón, generalmente los incorporados oscilan entre el 60 al 75% del porcentaje total del hormigón, el cemento de 7 a 15%, el agua de 15 a 22% y el aire atrapado entre 1 al 3%, de forma eventual se agrega un 4to elemento generalmente denominado aditivo, que representa una pequeña proporción del orden del 0.1 al 0.2%.

Tabla 1

Componentes del hormigón de acuerdo a sus proporciones en volumen absoluto.

Material Híbrido	Aditivos = 0.10% a 0.20%	Agregados 3/4 partes
Más usado por el hombre después del agua	Aires 1% a 3%	Influencia de aditivos
Cada componente es importante	Agua = 15% a 22%	Sin cemento no hay hormigón
	Agregados = 60% a 75%	

Nota: Adaptado de Ottazzi (2004)

Según Segura (2011), el hormigón es un material estructural que se origina al mezclar homogéneamente áridos finos inertes o arena, áridos gruesos o grava, cemento como aglutinante y el agua, con o sin aditivos. El hormigón convencional está hecho de una mezcla cercana de sus componentes, lo que da como resultado una masa de plástico que se puede comprimir y moldear fácilmente. Sin embargo, esta propiedad se desvanece gradualmente, cuando pasado un lapso de tiempo, la masa, mediante el fraguado, empieza a tomar las características de un cuerpo compacto, finalmente un elemento mecánicamente resistente conocido como hormigón endurecido con alta resistencia a la compresión, pero con una tan baja resistencia a la tracción que muchas veces ni se toma en cuenta en los cálculos.

2.1.2. Componentes del hormigón.

2.1.2.1. Cemento. Un material adhesivo y cohesivo, que permite compactar pedazos de minerales en un todo debido a su característica de fraguar y endurecerse al hacer empalme con agua, hidratándose. (Instituto del hormigón 1997). De acuerdo a Rivva (2014), el hormigón se define como un material en polvo con la propiedad de formar una pasta aglutinante que puede

endurecerse en agua y aire, formando un compuesto estable, con la añadidura de agua en raciones apropiadas.

Se puede emplear cualquier clase de cemento para crear hormigón autocompactante. Estará sujeto al uso al que se destine, de que tan disponible se encuentre en el mercado, de la finura requerida y de la calidad deseada del hormigón, entendiendo esta última como longevidad, resistencia, etc. Alonso (2014). Sin embargo, también se debe seguir la NTP 334.009 o la ASTM C150. El cemento Portland, según la Norma ASTM C150 es el tipo de cemento más utilizado. En el **Anexo A** se detallan los cementos de tipo Portland y sus características

2.1.2.2. Agregados. Se definen como una serie de partículas mezcladas con una pasta y que ocupan del 62% al 78% de una unidad cúbica de hormigón. Estas partículas pueden ser inorgánicas, naturales o sintéticas, y sus dimensiones están establecidas en la Norma NTP 400.011 (Rivva, 2000). Según la norma RNE E.060 (2014), el volumen más alto de árido grueso no debe superar:

- 1/5 del espacio más pequeño de la separación entre los lados del armazón.
- 1/3 del alto de la losa, si es necesario.
- 3/4 del menor espaciado libre entre los alambres, paquetes de barras o tuberías.

Basado en la E.060 del RNE (2014), como árido grueso en el hormigón armado se puede utilizar grava triturada o natural. De perfil preferiblemente angular o semi-angular, sus partículas deberán estar libres de partículas de escamas, materia orgánica y otras sustancias peligrosas. Además, deben ser limpios, duros, compactos, resistentes y preferiblemente de textura rugosa. La fase no continua del hormigón son sus agregados, cuya definición se refiere al acopio de partículas inorgánicas, tanto naturales como artificiales, cuyas dimensiones se encuentren dentro de los parámetros señalados según la norma NTP 400.011.

El hormigón está hecho de una pasta de cemento y agua con partículas de agregado incrustadas que constituyen del 60% al 75% del volumen y del 70% al 85% de la masa del hormigón, respectivamente. Se pueden agrupar en normales, ligeros o pesados según su peso. En limpio o sucio, según su limpieza. Por la granularidad en agregado fino, agregado grueso o agregado integral, que es otro nombre para el hormigón.

La calidad del agregado es muy importante, porque el agregado constituye aproximadamente las tres cuartas partes del volumen de concreto. El agregado ya no se considera un material de relleno inerte y su uso solo puede reducir el costo por unidad cúbica de concreto. Del trabajo original de Gilkey en 1923. Hoy en día, se entiende que el agregado, como resultado de sus características físicas (**Anexo B**), químicas y térmicas, tiene un cierto impacto en las características del hormigón, particularmente en su firmeza y estabilidad (Rivva López, 2010a).

La BS 812: Part. 1:1975, estableció un régimen de categorización fundado en la textura para los agregados. que también acepta el Concrete Institute, (**Anexo C**).

Según Okamura y Masahiro (2003), para el hormigón autocompactante se necesita menos agregado grueso o la misma cantidad que al de agregado fino. Debido a que sus características reológicas mejoran a medida que aumenta la relación árido fino/árido total, el hormigón autocompactante debe realizarse con sumo cuidado. Sin embargo, no importa cuán viscosa sea la mezcla, se bloqueará si la cantidad de agregado grueso en el hormigón autocompactante excede un cierto nivel.

2.1.2.3. Aditivo. Es un ingrediente que se añade a los componentes básicos del hormigón para cambiar algunas de sus propiedades, ya sean físicas o químicas (RENE). Definido en la norma ASTM C-1231 como materiales distintos del agua, los agregados y el cemento utilizados como componentes del concreto o mortero. La dosificación del aditivo es relativa al peso del cemento, excepto cuando se prefiere graduar el agregado en equilibrio al

agua de amasado. Los agregados en estado líquido se incorporan directamente al agua del mezclado, mientras que los agregados en polvo se mezclan con el cemento o agregado fino.

Un aditivo, según el Comité 116 (26) de ACI, es una sustancia que se usa como ingrediente en el hormigón o el mortero que se agrega a la mezcla precisamente antes o durante la mezcla y es diferente del agua, de los agregados, de los elementos hidráulicos y de las fibras de refuerzo. De acuerdo con una interpretación de esta definición, una sustancia solo se podrá considerar un aditivo si es incorporado al hormigón en forma individual, lo que significa que la dosificación se puede controlar.

A. Tipos de aditivos. Según ANFAH (2016), según la norma española UNE-EN 934-2, los agregados son elementos que se añaden durante o inmediatamente después del amasado del hormigón, para alterar las cualidades de mezclas en estado fresco y/o curado, pero sin sobrepasar el 5% en masa del total del cemento. De acuerdo a la norma NTP 334.088 y la ASTM C 494 registra a 7 diferentes ejemplos de agregados, los cuales son:

- A: Para reducir la cantidad de agua.
- B: Para retrasar el fraguado.
- C: Para acelerar el fraguado.
- D: Para reducir agua y retardar fraguado.
- E: Reducir agua y acelerar fraguado.
- F: Reductor de agua de alto rango.
- G: Reductor de agua de alto rango y retardador.
- S: Otros de comportamiento específico.

Los aditivos a base de policarboxilatos son el nombre común de las sustancias de los grupos Tipo F y Tipo G. La norma ASTM C 1017 registra:

- Tipo I: Aditivo con base de policarboxilatos
- Tipo II: Aditivo con base de policarboxilatos y Retardante.

Los agregados químicos se utilizan en el proceso de contacto entre materiales líquidos y sólidos para mejorar las propiedades del concreto debido a su alta actividad superficial (ACI C494 / C494M - 19). De acuerdo a Nayak & Jain (2012). Los aditivos químicos son clasificados, como: Minerales, químicos, a base de lignosulfonato, Formaldehído de naftaleno sulfonado, Formaldehído de melamina sulfonado y a base de policarboxilato éter.

B. Materiales cementantes suplementarios. Son aquellos materiales empleados para disminuir el contenido de hormigón en las mixturas por peso, permitiendo la creación de hormigones con mayor resistencia y durabilidad. Para obtener, los materiales complementarios como el humo de sílice, las cenizas volantes y la escoria de alto horno granulada molida deben cumplir con las especificaciones de ASTM (Elahi, 2010).2010) y debe cumplir con las especificaciones de ASTM para cada material.

2.1.2.4. Microsílice. Kosmatka et al., 2004) definen este elemento como un subproducto elaborado en hornos eléctricos consecuencia de la disminución de cuarzo puro en su mayoría carbono para producir aleación de silicio o ferrosilicio y utilizado como puzolana. Es necesario agregar un aditivo a la mezcla de mortero debido a la alta área de área específica de la microsíllice y la mayor densidad del mortero. Este aditivo fortalece la unión entre los agregados de cemento y perfecciona la firmeza a la tensión, la resistencia a la fricción y la filtración. Lo hace al reducir la absorción de agua y la reacción puzolánica (formación química C-S-H), así como al reducir la permeabilidad. (Bastos et al., 2016).

2.1.2.5. Policarboxilatos. Los policarboxilatos más recientes, que son macromoléculas con cadenas laterales "en forma de peine", son aditivos, según ANFAH (2016), que también afirma que los policarboxilatos son aditivos. En particular, estas cadenas laterales son capaces de alterar la trabajabilidad del hormigón porque depende de la aplicación precisa que se busque. Su capacidad para reducir el agua en un 40% es una de sus características clave.

2.1.2.6. *Aditivo de cadena corta de naftaleno y melamina sulfonada.* Son sustancias sintéticas con gran número de grupos sulfonato que se derivan de los condensados de naftalenosulfonato (BNS) y melamina sulfonada (MNS) y se conocen como aditivos convencionales basados en policarboxilatos (Alonso et al., 2017). La repulsión electrostática producida por la adsorción de estos aditivos orgánicos. Las características de estos aditivos son cadenas laterales cortas y una fuerte carga iónica (Ghorab et al., 2012).

2.1.2.7. *Aditivo policarboxilato de cadena larga.* Esta tecnología, creada a través de una síntesis química especial, se caracteriza por una forma de "peine" con cadenas laterales de cadena iónica de diferentes densidades que consisten en grupos carboxilo y grupos éter. y cadenas principales de hidrocarburos lineales de longitud variable (Alonso et al., 2007) El resultado es un agregado que disminuya la cantidad de agua hasta en un 42% (American Society for Testing and Materials, 2019). De acuerdo a Ghorab et al (2012), la consistencia de carga, la consistencia de la cadena lateral y el grado de estabilidad electrostática que ofrecen estos aditivos, son las medidas claves que modulan la adherencia, además de lograr propiedades específicas relacionadas con la dispersabilidad, cambiar configuraciones y mantener los métodos de prueba de trabajabilidad del concreto premezclado.

2.2 Definición de términos básicos

Aditivo a base de policarboxilato: Además de su compleja forma tridimensional, los policarboxilatos son cadenas de polímero acrílico que tienen un triple efecto de dispersión: eléctrico, por adsorción y por repulsión estérica.

Agregado hormigón: Partículas de origen natural o artificial y cuyas dimensiones se encuentran dentro de los parámetros especificados en la NTP 339.047.

Asentamiento del hormigón: La NTP 339.047:2014 especifica la retracción vertical de los elementos cementosos frescos previo al endurecimiento, causada por

la retracción química, el aire vacío que sube a la superficie y el asentamiento de sólidos contra líquidos.

Cohesión del hormigón: Describa qué tan fácil o difícil es mezclar pasta de cemento con agregado.

Conglomerante hidráulico: Al ser el cemento un material que endurece al ser mezclado con agua, se le llama aglomerante hidráulico y se usa para hacer hormigón. Esta pasta puede fraguar y endurecer en aire y en agua. Los materiales necesarios para formarlo son el cemento Portland, calizas, margas y arcillas, que se combinan cantidades definidas y si se calcinan a 1.450 °C producen Clinker el cual luego se pulveriza para conseguir su finura característica (Hirschi et al. 2012)

Firmeza del hormigón: Es un atributo que determina el contenido de humedad de una mezcla según su grado de fluidez. En otras palabras, cuanto más húmeda esté la mezcla, más fácil será que el concreto fluya durante el vertido. (Riva, 2014)

Dosis de aditivo: Importe de aditivo por m³ en la mezcla, la cuál por lo general, se mide en proporción directa a la cantidad de aglutinante. Es importante conocer la cantidad de aditivo a usar, porque de eso depende los resultados positivos o negativos de sus propiedades.

Durabilidad del hormigón: El hormigón debe poder endurecerse con el tiempo y mantener sus propiedades en condiciones de carga que, de otro modo, reducirían o perderían su capacidad de carga (Rivva, 2014).

Hormigón autocompactante: Este hormigón puede fluir y fraguar conforme a su peso y es lo bastante adherente para rellenar áreas de todas las formas y tamaños y no dividirse (NTP 339.047:2014)

Polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos: Los policarboxilatos son cadenas de polímero acrílico cuyas moléculas tienen una forma tridimensional compleja que, agregada a

su composición química, generan una acción dispersa con un efecto triple: eléctrico, por absorción y repulsión estérica. (Beecham et al., 2009).

Relación agua/cemento (a/c): según la NTP 339.047:2014, se trata de una analogía entre la masa de agua y la masa de cemento en el hormigón.

Resistencia mecánica del hormigón: La resistencia es la carga máxima que el concreto aguanta en un espacio dado. Esta métrica se expresa como esfuerzo, generalmente expresado en kg/cm^2 .

2.3 Marco filosófico

Los temas filosóficos aportan las nociones básicas que determinan la conducta de las distribuciones de hormigón armado bajo todo tipo de exigencias. Sobre la base de una comprensión de las posibles respuestas estructurales, se pueden establecer criterios de diseño y análisis para considerar aspectos operativos, de seguridad y económicos. Los seres humanos han desarrollado gran parte de lo que existe en el mundo a través de la industrialización, y la industria de la edificación ha sido una parte importante de esta innovación. Sin embargo, debido al deterioro ambiental que provoca el uso indebido de las técnicas empleadas en la construcción, estamos remotamente distantes de implementar las nociones básicas necesarias para el medio ambiente. El hormigón es un material de construcción básico, y su tecnología de aplicación no solo afecta directamente a la vida útil de las obras en las que se utilizan, sino que también tiene un impacto depredador sobre el entorno en el que se utilizan. La relación óptima entre tecnologías específicas en su ciclo de vida y los demás factores sobre los que actúan para conseguir una utilidad plena de la infraestructura que amortice la inversión realizada.

Hill y col. (1997) propusieron un marco en capas para la evaluación ambiental y los sistemas de gestión ambiental para edificios verdes. Rohrer (2001) considera que los edificios conllevan una gran carga ecológica, pero la filosofía de construcción sostenible apoya la innovación constructiva. Abidin (2010) realizó estudios de campo, encuestas y entrevistas

en dos ciudades de Malasia y los resultados indicaron que solo las grandes empresas inmobiliarias estaban interesadas en la construcción sostenible. Creía que era necesario actuar para mejorar la acción de la construcción sostenible en el sector y aumentar el conocimiento relevante en todos los niveles de los desarrolladores.

Según la literatura existente, la contaminación ambiental causada por la construcción es mínima en los países desarrollados, lo que se atribuye al sistema perfeccionado de gestión del sitio de construcción. En particular, muchos países desarrollados han mejorado la calidad de la ingeniería y el desempeño amigable con el medio ambiente de los propósitos de edificación a través de la filosofía de construcción sustentable y modalidad de construcción modernizada.

Abogaron por la aplicación a gran escala de nuevas tecnologías de conservación de electricidad y disminución de emisiones en las obras de edificación, controlaron estrictamente los contaminantes ambientales en los proyectos de construcción y prestaron mucha atención a los datos de descarga en tiempo real de contaminantes en el campo de la construcción, que se ajustaban a los requisitos de construcción de protección del medio ambiente. La construcción verde se centra en la protección de la ecología original para lograr la seguridad efectiva del medio ambiente de supervivencia y facilitar el desarrollo razonable de la economía y la sociedad. Requiere una preocupación necesaria por el amparo en el ámbito ambiental ecológico, el uso pleno de los recursos y la implementación integral de la filosofía orientada a las personas.

Incrementar la inversión en recursos humanos y mejorar las tecnologías: Los expertos sugieren mejorar las condiciones de operación de los proyectos de construcción; reducir la intensidad del trabajo; utilizar los recursos humanos de manera eficiente; reconstruir sitios de construcción, condiciones de trabajo y de vida; reducir el desperdicio de mano de obra mediante estudios de tecnologías de gestión; mejorar las actividades de trabajo pesado en las

obras de construcción mejorando el nivel de mecanización y montaje; y fortalecimiento de las medidas de protección laboral. Nuevas tecnologías, materiales y equipos conforme a la filosofía La construcción ecológica debe estudiarse, promoverse y aplicarse ampliamente, incluida la tecnología de preparación y entrega de productos terminados de barras de refuerzo, tecnología de plantilla de hormigón desnudo, tecnología de montaje y elevación de estructuras de acero modular, tecnología de medición de suministro de calor, tecnología industrial de construcción e información BIM tecnología de construcción.

2.3.1. Aditivo de fluidización con copolímeros para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón

Según Huang y Yang (2018), mencionan que el hormigón autocompresivo se define por una baja relación A/C, lo que provoca problemas de bombeabilidad y viscosidad. Para abordar estos problemas, se usaron un procedimiento de polimerización redox para sintetizar aditivos de policarboxilato hiperramificado. en ese lugar Según Ma y Qi (2020), dos reductores de agua de uso común en el concreto, mezclas de policarboxilato PCE y mezclas alifáticas, confirmaron el comportamiento de las mezclas de cemento que contienen PCE y la reducción de la dosis de agregado está fuertemente correlacionada.

Su y Kong (2019) crearon aditivos de policarboxilato tipo peine (PCE) y copolímeros lineales (PAS) de ácido acrílico (AA) y ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (AMPS) que afectan la fluidez, y a su vez el hidratado temprano del cemento belítico de sulfoaluminato de calcio (CSAB). según Zahia y Karim (2018). Los hallazgos demuestran que los polímeros lineales (PAS) son muy eficientes para dispersar mezclas frescas, como también acelerar la hidratación de cemento. El resultado de la finura del cemento usado es muy importante a la hora de incorporar áridos minerales y aditivos a base de policarboxilatos. La firmeza mecánica de los morteros ensayados se mejora aumentando su finura, y la incorporación de policarboxilatos, especialmente a dosis inferiores al 0,8%, también favorece este proceso.

El hormigón debe cumplir con estándares de calidad específicos y cumplir con los requisitos de resistencia de diseño cuando se usa en proyectos de infraestructura. Para asegurar un control de calidad adecuado, la investigación tiene como objetivo identificar y comprender cómo los aditivos basados en copolímeros (PCE) afectan las derivaciones de las pruebas. Chen (2012) investigó copolímeros de ácido policarboxílico y aditivos para hormigón de alto rendimiento y concluyó que mejoran las cualidades de trabajabilidad, dureza, endurecimiento, endurecimiento y resistencia del hormigón. Según el estudio de Pan et al. (2016), la combinación de una mezcla de copolímeros de tipo condensado y policarboxilatos ralentizó la hidratación de C3A, lo que resultó en la formación de hidróxidos dobles en la capa orgánica, aumentando la contracción química inicial y aumentando la hidratación temprana del cemento. se promueve el crecimiento.

Los aditivos de copolímero de injerto de serie primordial y de serie perpendicular se utilizan por sus propiedades de dispersión, bajas dosis, una muy buena disminución de agua, procesabilidad y mínima contracción. El copolímero de peine unido a éster tiene una menor cantidad de adsorción inicial, lo que aumenta la tasa de hidratación, como lo demostraron Winnefeld y Becker (2007). Por el contrario, según Stecher y Plank (2019), los polímeros de peine fosforilados exhibieron una robustez comparable al ensuciamiento de sulfato y arcilla, retardaron la cementación y se desempeñaron mejor que los polímeros de policarboxilato convencionales. Indica el rendimiento de la dispersión. Utilizando una parafernalia de microelectroforesis y un reómetro, Liu y Lei (2015) crearon una gama de plastificantes a cimiento de policarboxilato (PC) con diversas variaciones estructurales y examinaron los útiles sobre el madrigal químico y las características reológicas de la pasta de cemento. Los resultados demostraron una semejanza entre las propiedades y la larga de la línea lateral, de este modo como la densidad de las piezas.

2.3.2. Relación agua/cemento para mejorar las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia

Smarzewski (2019) demostró cómo agregar un 10 % de humo de sílice al hormigón de utilidad elevado aumentó la entereza a la presión en un 26 % y, al mismo tiempo, reemplazó el cemento con materiales cementantes complementarios. Usar hormigón de rendimiento elevado en la construcción tiene muchos beneficios, incluida la utilidad prolongada de las infraestructuras, la capacidad de bosquejar estructuras más pequeñas y un mejor rendimiento durante la ejecución del proyecto.

Elahi et al. (2009), evaluó las cualidades mecánicas y de durabilidad del hormigón de rendimiento elevado en sistemas binarios y ternarios que contienen un material cementicio suplementario (SCM). Se ha descubierto que la incorporación de minerales de humo de sílice (SF) es más eficaz que distintos elementos complementarios para mejorar la fuerza y la resistencia cosmética. Las propiedades mecánicas se evalúan mediante la renuencia a la compresiva, la resistencia a la difusión de cloruros, la resistividad, la transpirabilidad y la absorción de agua. En un estudio publicado (Liu et al., 2018), reemplazar el cemento de escoria con varias cantidades (0%, 25%, 50% y 65% en masa) de cemento Portland mejoró las características de una composición de concreto simple alto. La utilidad (UHPC) se vio afectado.

Se encontró que el cemento de escoria aumenta significativamente la movilidad de la mezcla y reduce la cantidad de aditivos a base de policarboxilatos.

En Choudhary et al. (2020), utilizaron el humo de sílice (SF), cenizas volantes (FA) y residuos de lechada de corte de mármol (MCSW) Esta investigación también demostró cómo estas adiciones pueden usarse como reemplazos parciales del cemento en el hormigón para producir hormigón autocompactante de resistencia elevada de una manera rentable y respetuosa con el medio ambiente. Para producir mayores aumentos en la renuencia a la compactación, y la adición de 5% de humo de sílice (SF) reveló una necesidad mayor de aditivos a base de

policarboxilatos y una disminución en la sedimentación. Shina et al. (2008) optimizaron las proporciones de la mezcla y los componentes individuales para producir 180 MPA de hormigón de renuencia hiper elevada. Según la investigación, el rango ideal para las cantidades de agregados a base de policarboxilato es entre 1% y 6%. Se sugirió usar humo de sílice (SF) y escoria de alto horno granulada triturada (BFS) en proporciones de reemplazo iguales, cada una representando el 20% del peso de cemento, para alcanzar propiedades de autoconsolidación y mayor resistencia a la compresión.

Suleymann et al. (2019) Formulaciones que contienen espuma que utilizan mezclas de policarboxilato (SP) a base de éter de policarboxilato a niveles de sustitución de peso del 0%, 10% y 20% de cemento de cenizas volantes (FA) y humo de sílice (SF) También determinamos el efecto del volumen. Debido a la inclusión de cenizas volantes y microsílíce, solo el 10% del cemento fue sustituido por algunas de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, mientras que el 20% restante estuvo compuesto por cenizas volantes y microsílíce. La adición de humo de sílice con la misma cantidad de espuma aumentó la renuencia a la compactación del hormigón celular en 4,4 veces. Según de Abu-Khansan et al. (2019) compararon el aumento en la renuencia a la compactación, tracción y flexión de miembros estructurales producidos por una mezcla compleja de polímero de policarboxilato e hidrosol de sílice, lo que mejoró la eficiencia de cada componente individualmente. Mayor renuencia a la flexión, renuencia a las heladas, impermeabilidad, renuencia a la corrosión y un 58% más de renuencia a la compactación.

Dembowska et al. (2017), adquirieron un sistema de pasta de cemento binario y ternario para calcular varios cambios térmicos en la hidratación y la resistividad final del concreto. La temperatura máxima del calor de hidratación se reduce disminuyendo la proporción de cemento en la composición y aumentando proporcionalmente la cantidad de humo de sílice (SF) añadida. Al reemplazar el cemento con cenizas volantes y minerales de

escoria de alto horno, Roziere et al. (2010), intentaron mejorar la estructura de las mezclas de hormigón y reducir el gasto de materiales primas naturales. La optimización se realizó para lograr una resistividad a la compactación de 10 MPa después de 48 horas. Agregando mineral de alto horno y cenizas volantes (FA). La resistencia del hormigón disminuyó cuando estas adiciones minerales se usaron como reemplazo del cemento en altas concentraciones.

Actualmente existe la necesidad de perfeccionar las características mecánicas y la estabilidad del hormigón para hacer que las estructuras de hormigón armado sean más eficientes y duraderas. Se puede producir hormigón con resistividad elevada a la compactación y resistencia química y al agua debido a los grandes avances tecnológicos en la preparación de aditivos y adiciones. Mediante el uso de un material cementoso suplementario (SCM) que tiene sustancias cementosas y se puede usar como sustitución en parte del cemento, se investigaron los efectos de combinación y tipo de aditivo basado en (PCE) de Ban et al. (2020), usó humo de sílice (SF), ceniza de combustible pulverizado (PFA), ceniza de cáscara de arroz (RHA) y escoria de alto horno granulada molida (GGBS). Según Ghazali et al. (2017), el humo de sílice ayuda a aumentar la resistividad a la compactación del concreto en etapas posteriores, pero cantidades más altas de aditivo ralentizan el proceso de hidratación en bases de policarboxilato. Dosificación de aditivo, aunque aumentar la cantidad incrementa la resistividad a la compactación, cantidades excesivas de los agregados pueden causar exudación y segregación cuando la dosificación es superior a la recomendada, reduciendo la resistencia del hormigón.

2.3.3. Métodos de ensayo del hormigón fresco.

Actualmente existen varias técnicas para calcular y catalogar el hormigón autocompresivo. No es suficiente ejecutar solo una de las muchas pruebas diferentes para medir todas las propiedades. En el Anexo D se muestra una tabla informativa con los diferentes métodos de ensayo.

2.3.3.1. Ensayo de extensión de flujo. Para determinar las características de flujo del hormigón autocompactante, se usa la experiencia de expansión de flujo de asentamiento para evaluar la fluidez y la trabajabilidad. Para calcular d_f , necesitamos medir el diámetro y registrar el tiempo requerido para que la muestra se mueva desde el fondo del cono y llegue hasta cubrir una superficie de 50 cms. (Figura 1 y 2).

Figura 1

Ensayo de Extensión de Flujo.



Nota: Molina y Saldaña (2014).

Figura 2

Medición final de la extensión de flujo



Nota: León y Eguez (2009)

2.3.3.2. Ensayo caja en L. La relación de altura mínima requerida para la prueba es 0.8. Cuanto más se acerque a 1, mejor será la fluidez de la mezcla de hormigón autocompactante. (Figura 3).

Figura 3

Equipo de Caja en L.



Nota: Molina y Saldaña (2014).

2.3.3.3. Ensayo embudo en V. En la prueba de embudo en V, la muestra de hormigón autocompactante sin compactar se vierte en el embudo. Luego se abre la puerta y comienza el

proceso de seguimiento del tiempo de flujo. Al observar la segregación y la obstrucción, se evalúa la fluidez del hormigón (Figura 4).

Figura 4

Equipo de embudo en V.



Nota: Molina y Saldaña (2014).

2.3.3.4. Ensayo Anillo J. Conocido como Anillo japonés, permite determinar que tan cohesivo es el hormigón fresco, en donde sus agregados permanecen sin separarse en las pruebas de resistencia sobre todo cuando se usa armadura altamente congestionada (Figura 5).

Figura 5

Equipo de Anillo J.



Nota: Molina y Saldaña (2014)

2.3.4. Propiedades en estado endurecido

Según la EHE-08 (2011), el hormigón autocompactante en estado fresco difiere significativamente del hormigón de compactación convencional en cuanto a resistencia, durabilidad y otras ventajas fabricado con la misma relación A/C, comparable al hormigón convencional. y con el mismo material.

2.3.4.1. Resistencia a la compresión. Para lograr uniformidad en la distribución de la carga, los cilindros se tapan generalmente con morteros de azufre (ASTM C617) o tapas de neopreno (ASTM C1231). Las normas ASTM C 39 y NTP 339.034 rigen la resistencia a la compactación de las probetas. Según Rivva (2000), la resistividad a la compactación es la medida más alta de la resistividad de una probeta de hormigón a una carga axial y se determina mediante ensayos en probetas utilizando probetas de hormigón o mortero (muestras de ensayo, muestras de ensayo y probetas) (Figura 6).

Figura 6

Especimen de hormigón autocompactado ensayado.



Nota: Rodríguez (2019)

Hasta la década de 1970, el factor principal, la relación a/c, estaba restringida a 0.45 debido a la falta de fluidez necesaria para fabricarlo, lo que dificultaba su uso para indicar la calidad del hormigón. La propiedad principal, la resistividad a la compactación, ahora se usa normalmente como tal. Antes de la aparición de los agregados con base de polycarboxilatos, que revolucionaron la tecnología del hormigón y permitieron la creación de hormigón altamente fluidos y resistentes, los diseños estructurales tradicionales para el hormigón estaban orientados a la dimensión por resistencia (Rivera y Rivera 2002). Como resultado, el acero ha sido reemplazado por hormigón en la construcción de puentes y altas edificaciones.

La resistividad a la compactación se calcula mediante pruebas de laboratorio de especímenes estándar cargados en la dirección axial. Estas pruebas se utilizan para controlar la consistencia del hormigón para el control de calidad y para monitorear la aceptabilidad del hormigón fabricado en los distintos proyectos en los que se utiliza. La Norma (NTP 339.034) insta los requisitos tanto para la preparación como para la prueba de los tubos de ensayo.

La resistividad a la compactación es el resultado de dividir el espacio de la sección transversal que puede soportar la carga por la carga de rotura. El tamaño de los cilindros para las experiencias de aceptación debe ser de 6" x 12" (150 x 300 mm). Los cilindros generalmente se cubren con mortero de azufre (ASTM C-617) o tapas de neopreno (ASTM C-1231) para lograr distribuir uniformemente la carga. Para establecer el área de la sección transversal, mida el diámetro del cilindro dos veces en el centro de la muestra en ángulo recto entre sí. El cilindro no debe someterse a la prueba si la diferencia entre los dos diámetros medios es superior al 2%. Los extremos de las muestras deben ser planos dentro de una tolerancia de 0.5% (0 punto 05 mm) y no pueden desviarse del eje del cilindro en más de 0.002"(0.05mm).

En la máquina de prueba de compresión los cilindros deben centrarse y cargarse hasta su ruptura. A lo largo de la segunda mitad del ciclo de carga, la tasa de carga de la máquina hidráulica debe mantenerse constante entre 0,15 a 0,35 Mpa/s. Es importante tomar nota del

tipo de ruptura; un patrón típico es una fractura cónica. Al realizar una prueba de resistencia a la compresión, es importante registrar la carga máxima aplicada, la fecha de recibimiento de los tubos de ensayo en el laboratorio, la data de la prueba, identificar los tubos de ensayo, el diámetro del cilindro y la antigüedad de los cilindros de ensayo. así como las fallas que puedan tener los cilindros, incluyendo el tipo de fractura que tengan. Para las máquinas accionadas hidráulicamente, la velocidad de carga oscilará entre 0,14 y 0,34 Mpa/s, debiendo aplicarse de forma continua desde el inicio hasta la rotura del cilindro.

2.3.4.2. Resistencia a la flexión. Mediante el método de ensayo NTP 339.078 se determina la resistencia a flexión del hormigón con cargas en los tercios de la sección en vigas simplemente apoyadas. Implica aplicar carga a la tercera sección de una viga de hormigón hasta que ocurre una falla, momento en el cual se calcula el módulo de rotura. Si hay variaciones en el tamaño, la preparación, los niveles de humedad o la longitud de la viga, la determinación de la resistencia cambiará (Figura 7).

Figura 7

Ensayo de resistencia a la flexión



Nota: uente: Villalobos (2020)

2.3.4.3. Ensayo de resistencia a la tracción. Máxima tensión de tracción que un cuerpo puede soportar antes de fallar. Sinónimo de carga de rotura por tracción. No confundir con carga admisible. Es menor que el punto de fluencia por una cantidad llamada factor de seguridad.

2.3.5. Hormigón de alta resistencia.

Según la definición de American Concrete Institute, 239C (2018), el hormigón de alta resistencia es un material de hormigón cementoso con una resistencia a la compresión mínima especificada de 150 MPa que contiene fibras que cumplen los requisitos especificados de durabilidad, ductilidad a la tracción y tenacidad. Según Kosmatka et al. (2004), el hormigón de alto rendimiento tiene una resistencia significativamente mayor que la utilizada en la práctica, con proporciones significativas de cemento, humo de sílice (25-35 % en peso de cemento), sílice pirogénica, arena de cuarzo y acero. (Soliman y Tagnit-Hamou, 2017). Sin embargo, para crear mezclas más trabajables y fluidas, los aditivos a base de polycarboxilato se agregan invariablemente al hormigón de alta resistencia.

El hormigón de alto rendimiento es superior al hormigón convencional en características y constructibilidad. Para crear estos hormigones especialmente diseñados, se utilizan materiales comunes y especiales, pudiendo ser necesarios procedimientos específicos de mezclado, vaciado y curado (Kosmatka et al., 2004).

Debido a su durabilidad superior y resistencia a los sulfatos, cloruros y dióxido de carbono, el hormigón de alto rendimiento (HPC) posee una mayor vida útil y demanda poco mantenimiento. Las estructuras de UHPC pesan solo de un tercio a la mitad de las estructuras de hormigón convencionales comparables bajo la misma carga esto se debe a la resistencia a la compresión ultra alta. Las ventajas de su poco peso le permiten la construcción de estructuras de gran altura, estructuras con mayor superficie útil, estructuras más delgadas y costos generales más bajos. La mayoría de las aplicaciones en las que las mezclas convencionales

pueden cumplir económicamente con los criterios de rendimiento no pueden utilizar UHPC. (Wang et al., 2015).

2.3.6. Norma E-060

El alcance de esta Norma es establecer las exigencias y requisitos mínimos para el diseño, la planificación, selección de materiales, construcción, inspección y supervisión de estructuras de hormigón armado, pretensado y simple. Los planos del proyecto estructural y los requisitos técnicos deben ajustarse a esta Norma. Cuando las disposiciones de esta Norma estén en conflicto con las de otras normas a las que se refiere, prevalecerán las disposiciones de esta Norma.

Las disposiciones de esta norma se aplican, en lo que corresponda, a todas las estructuras especiales, arcos, tanques, depósitos, instalaciones de almacenamiento, silos, chimeneas y construcciones antideflagrantes. Salvo lo dispuesto en el Capítulo 21 de la Norma, el diseño y la instalación de las porciones de pilotes de hormigón, pilotes excavados y cajones de cimentación que permanecen bajo tierra no se rigen por esta Norma. Si la losa no transmite cargas verticales o laterales al suelo desde otras partes de la estructura, esta norma no se aplica a su diseño o construcción. Esta norma se aplica al diseño y construcción de pavimentos de hormigón portante moldeados en encofrado de acero no compuesto permanente. El diseño de losas de hormigón portantes coladas sobre espuma de acero adherida permanentemente está exento de esta norma. Los capítulos 1 a 7 correspondientes de esta norma se aplican al hormigón utilizado para fabricar estas losas. (Norma E. 060, 2009).

2.3.7. American Concrete Institute (ACI)

Una de las principales autoridades en el manejo y la aplicación del hormigón en todo el mundo es el American Concrete Institute (ACI), una organización de educación técnica para la sociedad sin fines de lucro fundada en 1904. El ACI está posicionado como un foro para la discusión de todos los temas relacionados con el hormigón y la creación de soluciones a los

problemas. Este foro se lleva a cabo a través de convenciones, encuentros y medios de comunicación como ACI Structural Journal, ACI Materials Journal, Hormigón International y publicaciones técnicas, así como las actividades programadas y el trabajo del comité técnico, quienes convocan reuniones dos veces al año.

Las Regulaciones de la ACI, que han sido respaldadas ampliamente por sus Miembros, sirven como base para sus operaciones. De acuerdo con sus disposiciones, los miembros eligen a uno de los 18 funcionarios de la Junta Directiva, que está a cargo de la gestión general del Instituto, incluida la formulación de políticas para promover las metas de ACI. La Junta de ACI se reúne dos veces al año para discutir asuntos administrativos, el presupuesto, la revisión o adopción de políticas, planes preestablecidos, actividades de los capítulos y otros temas relacionados. Igualmente, ACI ofrece publicaciones reconocidas por la industria sobre el hormigón y sus usos, seminarios educativos, un programa de certificación estándar de la industria, foros de discusión locales e incentivos para la participación de los estudiantes en la industria del manejo del hormigón (ACI. 1998).

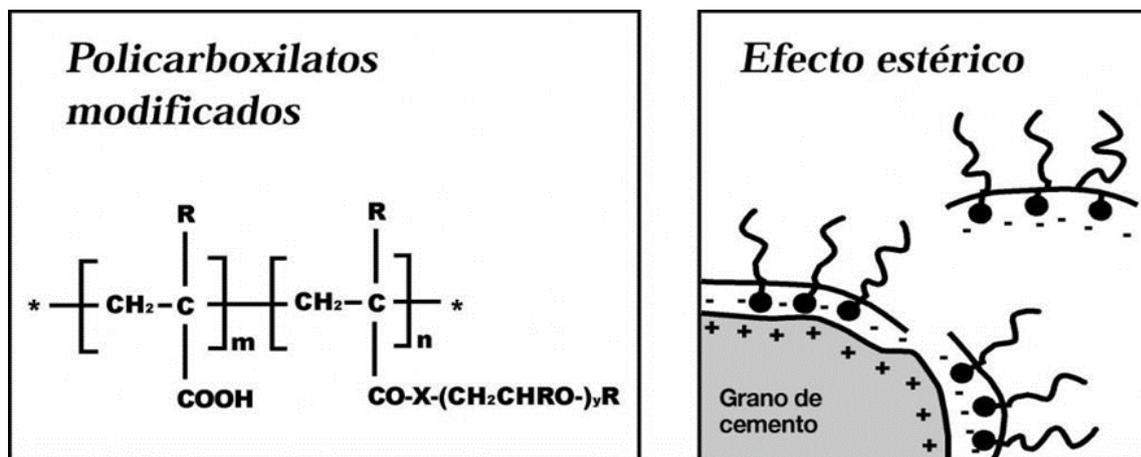
2.3.8. Aditivos policarboxilatos en las propiedades físico – mecánicas

2.3.8.1. Policarboxilatos. Los aditivos a base de policarboxilatos o superplastificantes juegan un papel importante en la producción de hormigón fluido. Debido a que podemos ver en el contexto histórico que este aditivo ha cambiado con el tiempo, nos centraremos en las generaciones más recientes de este aditivo en esta investigación documental. Todavía se está investigando cómo pueden cambiar la columna vertebral y las cadenas laterales del policarboxilato para permitir diferentes niveles de plasticidad, absorción de agua y trabajabilidad. Las cadenas laterales del policarboxilato son las que le dan su efecto estérico (Figura 8). Con el tiempo, la repulsión electrostática provoca una reacción de dispersión, que es cómo funciona el efecto estérico. Actualmente, se sigue explorando la trabajabilidad del hormigón logrando modificaciones en su estructura que le permitan tener diferentes

plasticidades y capacidades reductoras de agua gracias a las cadenas laterales de policarboxilato.

Figura 8

Efecto estérico



Nota: Garay y Quispe (2016)

Entonces, con el tiempo, los aditivos plastificantes han evolucionado y mejorado, resolviendo los problemas de la generación anterior, como la reducción de agua, una fuerte caída en la trabajabilidad en un corto período de tiempo y tiempos de fraguado lentos.

Sin embargo, la dosificación de concreto con aditivos a base de policarboxilato a menudo requiere aditivos adicionales para ajustar y mantener una baja viscosidad en las mezclas líquidas de concreto. El efecto de los polímeros PCE (policarboxilatos) sobre la viscosidad plástica del HCA (hormigón autocompactante) no es igual para todas las estructuras poliméricas” (Borralleras, 2018).

Dosis excesivas de policarboxilatos pueden provocar reacciones en la composición con efectos adversos como separación y densidad. Esto ocurre principalmente en policarboxilatos con cadenas laterales largas, sobreabsorción causada por un recubrimiento excesivo de gránulos de cemento, lo que resulta en reacciones de alta concentración. El efecto estérico entre ellos rompe la uniformidad de la composición, lo que resulta en una viscosidad plástica

significativamente más alta, una menor capacidad de bombeo (por encima de la presión normal de las bombas de hormigón) y un encofrado ajustado al refuerzo problemas de pavimentación al rellenar.

Los grupos de ácido carboxílico son esenciales para estos aditivos durante la adsorción de las partículas de cemento. La dispersión se debe a la repulsión electrostática de los grupos carboxilato (como en el caso de los aditivos melamina y naftaleno), pero se debe principalmente a la repulsión estérica asociada con las largas cadenas laterales de éter. El nivel, grado y sustentabilidad de la fluidez que brinda esta mezcla de concreto está relacionado con los elementos estructurales. Por lo tanto, cuanto más corta sea la cadena principal y más largas y numerosas las cadenas laterales, mayor y más persistente será la fluidez creada. La longitud de la cadena lateral de policarboxilato en relación con las partículas de cemento es 1/1000, es decir, las pequeñas partículas de cemento están completamente rodeadas por cadenas de policarboxilato. Las cadenas de policarboxilato repelen asiduamente las colisiones entre ellas y la superplasticidad proporciona una excelente trabajabilidad para este tipo de aditivo.

2.3.8.2. Tipos de compuestos de hormigón con polímeros. El concreto normal se crea combinando agregados con un aglutinante hidráulico. El cemento Portland es el más usual. El hormigón polimérico podría contener de 1 o varios elementos con características adherentes que actúan como aglomerantes, así como otros elementos y rellenos químicamente inertes, ayudan a mejorar las propiedades, procesar materiales o simplemente reducir el costo de los productos.

Debido a la naturaleza del aglutinante y su método de incorporación al concreto, es ampliamente aceptado (Fowler, 1982) y (Aminabhavi, Cassidy & Kukacka, 1987). Clasificación del hormigón que contiene polímeros que se muestra en la Figura 1. Cuando los aglutinantes poliméricos reemplazan parcialmente la matriz o se usan como modificadores de la matriz, se crean materiales híbridos orgánicos-inorgánicos. El denominado hormigón de

cemento polímero u hormigón modificado con polímeros (PPCC) se obtiene cuando el polímero se incorpora durante la producción de la masa de hormigón y se distribuye homogéneamente en la misma.

Si la adición del polímero tiene lugar después del fraguado del hormigón de cemento, se logra el denominado hormigón impregnado con polímeros (PIC). En este caso, el polímero suele cubrir sólo parcial o superficialmente la masa de hormigón. Finalmente, cuando el conglomerante hidráulico se reemplaza completamente por una matriz polimérica, obtenemos lo que se conoce como hormigón polimérico (PC). Por las propiedades de los áridos, asimismo por su naturaleza química (sílice, caliza, basalto, etc.), los denominados morteros se distinguen de los denominados hormigones si la granulometría no supera los 5 mm. Si el tamaño de las partículas aglomeradas es mayor que las mencionadas anteriormente.

2.3.8.3. Monómeros y polímeros utilizados en hormigón con polímeros. Existe una amplia variedad de sustancias poliméricas que se pueden utilizar en el hormigón. La figura 2 muestra los monómeros y polímeros más característicos usados en diversas mezclas de hormigón que contienen polímeros. Las propiedades fenomenológicas con las que se desarrollan los materiales poliméricos distinguen entre los llamados termoplásticos y las sustancias termoestables. La naturaleza de los polímeros termoplásticos les permite disolverse o fundirse en solventes sin cambios químicos permanentes. Por tanto, cuando el disolvente se evapora o se enfría, el material adquiere unas propiedades características de rigidez y fragilidad, dependiendo de su naturaleza química. Materiales vítreos, las cualidades de deformabilidad y flexibilidad del caucho y la goma, o su tesón superior de los cristalinos y las fibras.

Esta categoría incluye polímeros acrílicos, acetato de polivinilo, poliolefinas, caucho y látex. El látex que se utiliza en la construcción suele contener un 50 % de agua, que debe eliminarse cuando el hormigón se endurece por evaporación, absorción o hidratación del

cemento. Al aplicar, los polímeros termoplásticos también se utilizan disueltos en disolventes orgánicos, finamente dispersos para formar emulsiones o se usan en estado sólido. En última instancia, deben fundirse o ablandarse al ser aplicados por acción. Los polímeros termoestables, en cambio, no pueden fundirse ni disolverse en disolventes sin sufrir alguna modificación química básica, por lo que se muestra en forma de 2 o más elementos que se mezclan en el sitio y obtienen su composición mediante un proceso de reacción irreversible del calor.

Los materiales poliméricos más característicos de este grupo son las resinas epoxi, las resinas de poliéster insaturado y las resinas de poliuretano. Las formulaciones de epoxi consisten en al menos dos componentes mezclados en proporciones similares. La propia resina, que se caracteriza por el grupo funcional $-C=C-$, y el denominado endurecedor.

Cada uno de estos componentes es estable por sí solo y no tiene propiedades mecánicas significativas, pero cuando se mezclan experimentan una reacción exotérmica para formar una red tridimensional. Una vez curado presenta una excelente resistencia mecánica y química. Las resinas de poliéster insaturado van en conjunto de disolventes reactivos (generalmente estireno). Ellos mismos tienen la capacidad de reaccionar y reticularse, pero esta capacidad se suprime a temperatura ambiente. Esto requiere la participación del sistema catalítico (iniciador y acelerador) que, en cantidades muy pequeñas, inhibe el proceso de reacción y forma entrecruzamientos que endurecen el material.

Un iniciador es un agente que, al descomponerse, puede generar radicales libres que dan pie al proceso de reticulación de la resina. Los iniciadores más usados son los peróxidos orgánicos o compuestos azoicos. El peróxido de benzoilo y el peróxido de metiletilcetona son representativos del primero, y el 2,2-azobis(isobutironitrilo) es representativo del segundo.

La reticulación de la resina acata tanto de la conglomeración del iniciador como de la temperatura, ya que el calor puede inducir el proceso de descomposición del iniciador. En

algunos casos, la luz ultravioleta también se usa para hacer que se descomponga. El porcentaje de iniciador en peso es pequeño, normalmente del 0,5 al 4%. Si el proceso de entrecruzamiento debe llevarse a cabo a temperatura ambiente, una pequeña cantidad de otra sustancia llamada acelerador, activador o acelerante debe actuar en conjunto con el iniciador.

Los aceleradores son sustancias reactivas que pueden descomponer el iniciador incluso a temperaturas muy bajas. Las más utilizadas son las sales organometálicas como el octanoato de cobalto y el naftenato de cobalto, y las aminas aromáticas como la n,n-dimetilputruidina y la dimetilnilina. Podemos observar en la figura 4 como una formación típica para concreto de resina de poliéster activado con iniciador y acelerador. Así como, los iniciadores como los aceleradores son elementos con alta reactividad que, bajo ciertas condiciones, pueden violentamente encenderse o detonar, lo que requiere un manejo y almacenamiento cuidadosos (Fowler et al., 1078). "Una forma común y segura de trabajar es dividir los monómeros en dos y diluir el iniciador en uno y el acelerador en el otro. Tras la mezcla posterior, los monómeros se entrecruzan fácilmente.

Otro grupo importante de termoestables, los poliuretanos, se formulan típicamente como dos componentes: un diisocianato y un glicol. El grupo funcional isocianato (NCO) es muy reactivo con el agua, por lo que se debe considerar la presencia de humedad en su aplicación. Esta reactividad con el agua también permite formulaciones de poliuretano de un componente. El polimetacrilato de metilo es uno de los termoplásticos más utilizados en la impermeabilización y reparación del hormigón. En sus aplicaciones, se utiliza en forma de monómero que polimeriza in situ mediante un proceso catalítico similar al de las resinas de poliéster insaturado. Variando el tipo de resina y endurecedor en el caso de las resinas epoxi, o la proporción del sistema catalítico en el caso de las resinas de poliéster insaturado o polimetacrilato, la trabajabilidad del material puede variar de minutos a horas. También puede cambiar el tiempo que tarda el material en desarrollar propiedades mecánicas importantes

(tiempo de curado). Este tiempo puede ser significativamente más corto que el del hormigón convencional (Aguado et al., 1984).

2.3.9. Relación a/c para optimizar las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia

2.3.9.1. Hormigón de alto desempeño (HPC). Hormigón de alta resistencia a la compresión que también es altamente trabajable, duradero y resistente a la erosión (Yépez y Francisco, 2014); La entereza a la compresión varía de 40 MPA a 130 MPA (Yépez y Francisco, 2014) Es bien sabido que se requieren materiales cementicios adicionales (SCM) para la producción de HPC, incluidas cenizas volantes (FA), escoria de alto horno granulada de vidrio molido (GGBS) y humo de sílice (SF) (Elahi, 2010). Se ha diseñado este hormigón con una baja relación a/c que oscila en general entre 0.25 y 0.35 (Khaloo, 2016) lo que hace necesario mezclarlo con un aditivo que disminuya el agua de alto rango para mantener una alta trabajabilidad en estado fresco.

2.3.9.2. Materiales cementantes suplementarios. Se utilizan para bajar el porcentaje de cemento en peso en las mezclas, dando como resultado hormigones más resistentes y duraderos. Por ejemplo, el humo de sílice, las cenizas volantes y la escoria de alto horno granulada y molida son materiales complementarios que permiten la producción de HPC (Elahi, 2010). Cada uno de estos materiales también debe cumplir con los requisitos de ASTM.

2.3.9.3. Parámetros del hormigón autocompactante. Se obtienen de un reómetro de placas paralelas. Estos ensayos se realizan para determinar el límite y la viscosidad plásticos de las mezclas. (Aminur, 2009). El uso tradicional y la adopción de pruebas de trabajabilidad del hormigón por varios estándares para describir la trabajabilidad, el control de calidad y el suministro del hormigón (Aminul, 2009) Ensayos utilizados:

a. Slump: un experimento que utiliza un molde de metal con dos extremos abiertos que tiene forma de cono truncado. El cono de asiento tiene 200 mm de diámetro en su base,

100 mm de diámetro en su parte superior y 300 mm de altura. Por lo general, los reposapiés y las manijas se incluyen con este aparato. Básicamente, un cono de metal se llena con tres capas de hormigón y cada capa se compacta 25 veces con una barra redonda de 16 mm. diámetro. Desde allí, se levanta un cono de metal y la gravedad hace que la muestra de hormigón colapse. (Aminul, 2009).

b. Slump Flow: La prueba de flujo de asentamiento es una prueba alternativa para mezclas que son más fáciles de procesar. En una prueba típica de asentamiento, el asentamiento es solo el diámetro del hormigón después de medir el hundimiento. El beneficio de esta prueba es que el asentamiento es extremadamente alto cuando es difícil determinar si un hormigón es viable. (Aminul, 2009).

c. Flow: Dado que la prueba de flujo es adecuada para hormigón de trabajabilidad alta y muy alta, incluido el hormigón fluido que exhibiría asentamiento por colapso, ha crecido en popularidad en los últimos años. (Aminul, 2009).

2.3.10. Influencia de los aditivos a base de policarboxilato en las propiedades del hormigón autocompactante

Habibi y Ghomashi (2018) desarrollaron un método de diseño de mezcla ideal para hormigón autocompactante (SCC) basado en resultados experimentales. Para ello se formula como problema de optimización una receta de hormigón autocompactante. El costo total de 1 metro cúbico de concreto autocompactante se toma como función objetivo para el problema de optimización, pero dado que el costo de producir concreto es importante, debe minimizarse. El concreto autocompactante (SCC) está expuesto a ambientes químicamente agresivos, y Dufka y Melichar (2018) estudiaron el efecto de los aditivos de cristalización en la vida útil del SCC. No solo estamos investigando los efectos de los aditivos de cristalización en las propiedades de la estructura de poros capilares del hormigón SCC. La durabilidad a largo plazo del hormigón autocompactante también es de particular importancia.

Según Owsiak y Grzmil (2015), la tecnología de hormigón autocompactante requiere un alto aumento del contenido de polvo en la mezcla de hormigón, lo que se logra mediante la utilización de aditivos minerales. relativo a la resiliencia de la capa superior del hormigón autocompactante bajo los efectos de la carbonatación acelerada y el ciclo de hielo-deshielo en presencia de sales de deshielo. De acuerdo con Chután (2004), el hormigón autocompactante es un reductor de agua efectivo, por lo que es necesaria una mezcla de hormigón trabajable para lograr resultados de primera tanto en la durabilidad del hormigón autocompactante como en el acabado. De acuerdo con Sainz-Aja et al. (2020), el hormigón autocompactante puede cambiar su trabajabilidad al hacer pequeños ajustes en la cantidad de aditivo a base de polycarboxilato que se usa. Para asegurar su viabilidad, son necesarias numerosas pruebas. Según Surya y Venkateswara (2020), el hormigón autocompactante es una mezcla fluida de hormigón que no se segrega y se compacta con su propio peso. Este tipo de hormigón requiere partículas de mayor calidad que el hormigón normal para autocompactar. Las cenizas volantes se pueden usar en SCC, como relleno y como reemplazo parcial del cemento.

Según Nili et al., (2018) los humos de sílice alternativos conducen a una disminución en la fracción del índice de segregación y el espesor de la banda de mortero, con una fuerte correlación entre los dos para todas las mezclas. El hormigón autocompactante (SCC), según Ley-Hernandez et al., (2019), es una mezcla de hormigón elevadamente fluida que puede moverse distancias considerables únicamente por gravedad. Sin embargo, también es propenso a la segregación tanto en reposo (estático) como en movimiento (dinámico). Según Basu et al. (2020), la adición de aditivos a base de polycarboxilatos hasta un 1,7% de la dosis total aumenta la resistencia del hormigón. Demasiada dosificación reducirá la resistencia a la compresión. Los aplicadores de morteros y hormigones mezclados con aditivos a base de polycarboxilatos han informado, según Lange et al. (2014), las mezclas pueden desarrollar una firmeza pegadiza y pegajosa y un comportamiento de flujo progresivo similar al de la miel a bajas proporciones

a/ ($a/c < 0,40$). lo cual es extremadamente indeseable para bombear, colocar y compactar el hormigón antes mencionado.

Según Solovyova y Stepanova (2018) una mezcla perfecta de una solución acuosa de polímero de ácido policarboxílico, sol de sílice y nitrito de potasio es eficiente y tiene propiedades características como resistencia al agrietamiento, resistencia a las heladas, resistencia al agua, resistencia a la abrasión y excelente resistencia a la compresión. Permite la producción de concreto altamente eficiente. Kang y Fang (2014) estudiaron el asentamiento del concreto, el grado de expansión y la resistencia a la compresión axial. Como resultado de la prueba, se encontró que la relación de mezcla de cada grupo de concreto tenía un asentamiento de 250 mm o más y un alargamiento de 550 mm o más. Mediante el uso de dos tamaños desiguales de agregados gruesos y finos y la optimización de sus agregados de empaque, Pannem y Kumar (2019) adoptaron un procedimiento sencillo para determinar la consistencia de empaque de los agregados y, por lo tanto, disminuir su contenido de vacíos. Este estudio nos ha permitido comprender cómo afecta la geometría de los áridos a las propiedades del hormigón autocompactante. Se ha encontrado que las mezclas que contienen agregados de cenizas volantes tienen propiedades superiores de concreto premezclado debido a la forma redonda de los agregados. Sus valores se compararon en relación con los SCC que contenían agregados normales. Las propiedades frescas, endurecidas y duraderas del SCC con agregados de cenizas volantes gruesas regulares y livianas se encuentran en el período de envejecimiento adecuado. Después del relleno con agregado, se encontró que esta mezcla de concreto superaba a todas las demás mezclas de concreto en términos de propiedades mecánicas y durabilidad.

2.3.10.1. Hormigón autocompactante. Según Chután (2004), el hormigón autocompactante puede fraguar por su propio peso sin necesidad de vibración, incluso en estructuras estrechas y densamente armadas. El hecho de que este hormigón fluya sin

segregación y se autocompacte por sí solo lo convierte en miembro de la familia de los hormigones de altas prestaciones y asegura la continuidad del hormigón endurecido. El resultado de la tecnología permite por primera vez las propiedades del hormigón en estado fresco y garantiza la correcta compactación y solidificación del hormigón directamente dentro del componente. Esta característica es una característica de autodensificación. La consistencia del comportamiento mecánico y la durabilidad del hormigón utilizado en estructuras permite relacionar las propiedades del hormigón en estado verde con la funcionalidad de los elementos de hormigón en estado endurecido.

2.3.10.2. Aplicaciones. En formas complejas en las que es difícil lograr una trabajabilidad y una consolidación adecuadas para el hormigón, se utiliza hormigón autocompactante basado en investigaciones. Como en los bloques de hormigón, tuberías, drenajes, muros, tanques de agua, columnas y otros productos que se encuentran en puentes, túneles, presas, etc. (Huamani, 2018).

2.3.10.3. Ventajas del hormigón autocompactante. Las ventajas del hormigón que se compacta así mismo, donde Huamaní (2018) nos dice lo siguiente:

- Disminuye el tiempo de colocación del hormigón.
- Mano de obra y equipo reducidos.
- Compresión mejorada alrededor de la barra de refuerzo.
- Acabado de alta calidad.
- No es necesario retocar la superficie.
- Más fácil de colocar en estructuras complejas.
- La estructura es más duradera al no dejar huecos.
- Mayor resistencia a la compresión con el mismo contenido de cemento.
- Amplía la libertad y las posibilidades del diseño estructural.
- Flujo de sección pequeña sin separación.

- Disminución del ruido por la ausencia de vibradores.

2.3.10.4. Limitaciones del hormigón autocompactante

- Sitio complejo
- Necesita diseño de mezcla por un ingeniero experto
- Necesita control de calidad profesional
- Necesita control de calidad de agregados finos y gruesos
- Necesita material adicional debido a factores externos
- Se requiere encofrado más resistente

2.3.10.5. Policarboxilatos. Según ANFAH (2016), los policarboxilatos son aditivos basados en policarboxilatos de última generación, que son macromoléculas con cadenas laterales “en forma de peine”. En particular, estas cadenas laterales son capaces de alterar la fluidez del hormigón porque depende de la aplicación precisa que se busque.

2.3.10.6. Prueba de extensión de flujo. Para determinar las propiedades de flujo del concreto autocompactante, la prueba de expansión de Slump Flow determina la fluidez o trabajabilidad a través de la prueba de flujo de asentamiento. Cuando se calcula d_f , es importante medir el diámetro. Además, se registra el tiempo (T500) que tarda la muestra en viajar desde la punta del cono hasta un diámetro de 500 mm

2.3.10.7. Propiedades físicas en estado curado. Según la EHE-08 (2011), el hormigón autocompactante difiere significativamente en propiedades del hormigón compactador convencional, pero se comporta de forma similar al hormigón convencional en cuanto a resistencia, durabilidad y otras prestaciones.

Los cilindros generalmente se cubren con morteros de azufre (ASTM C617) o tapas de almohadilla de neopreno (ASTM C1231) para lograr una distribución uniforme de la carga. Las normas NTP 339.034 y ASTM C 39 establecen los parámetros de resistencia a la compresión de las probetas. La medida máxima de la resistencia de una probeta de hormigón

a una carga axial se conoce como resistencia a la compresión, y se determina mediante ensayos sobre probetas de hormigón o mortero (Riva, 2000).

2.3.11 Aditivos de cadena corta y larga en las propiedades mecánicas del hormigón incorporando microsílíce.

Strzalkowski y Garbalinska (2019) encontraron que los agregados de base triturados reducían significativamente los parámetros de resistencia del hormigón, mientras que el uso de agregados de piedra redondeados regulares mejoraba significativamente los parámetros de resistencia del hormigón. Según Vinayagam (2012), el uso de microsílíce en el concreto reduce la trabajabilidad y el patrón de falla por compresión del concreto es causado por la fragmentación del agregado grueso en lugar de la falla por fijación. Según Hommer (2009), dentro de ciertos rangos de pH, los éteres de policarboxilato se adsorben en humos de sílice a través de cadenas laterales de polietilenglicol. Las propiedades en estado fresco de las mezclas de concreto autocompactante (SCC) dependen del tiempo, al igual que la longitud de la cadena lateral de los aditivos en la mezcla. Altún et al. (2020), muestran que las mezclas que contienen aditivos con cadenas laterales cortas afectan la resistencia al frío inicial, pero no la resistencia al frío posterior. Según Smarzewski (2019), el reemplazo ideal del humo de sílice no debe exceder la relación a/c del 10 % en mezclas de concreto de alto rendimiento (HPC).

Según Reem y Abdulhameed (2019), a medida que aumenta el contenido de humo de sílice en las mezclas de hormigón, disminuye la cantidad de aditivo a base de policarboxilato necesaria para mantener el asentamiento inicial y la trabajabilidad inicial esperada. Las mezclas con una relación a/c más alta requieren menos aditivos a base de policarboxilato. Dependiendo de la composición química (viscosidad), cuatro diferentes aditivos basados en policarboxilatos afectan la trabajabilidad del concreto. Esto se debe a que se reduce la dispersión del mortero de hormigón y se reduce la resistencia a la compresión. Torres et al. (2019), demuestran este efecto en mezclas de concreto de ultra alto desempeño. Golaszewski (2016) afirma que a medida

que acrecienta el área superficial específica del cemento (S_{sc}) y la cantidad de C3A y Na₂O en el cemento, se degrada el desempeño del aditivo a base de polycarboxilato. Además, a medida que aumenta el contenido de C3A en el cemento, también aumenta el efecto del Na₂O en los parámetros reológicos de los morteros. Según Zapata et al. (2013), el efecto de empaque y el efecto de relleno de la zona de transición interfacial (ITZ) en el sistema NS fueron los principales responsables de mejorar la resistencia a la compresión del sistema SF debido al efecto de relleno.

2.3.11.1 Aditivo de cadena corta de naftaleno y melamina sulfonada. son sustancias sintéticas con numerosos grupos sulfonatos a base de condensados de naftalenosulfonato (BNS) y melamina sulfonada (MNS) llamados aditivos convencionales a base de polycarboxilatos (Alonso et al., 2017). Según Ghorab et al. (2012), confirman que la repulsión electrostática provocada por la adsorción de estos aditivos orgánicos explica el mecanismo de dispersión de partículas en el cemento. Estos aditivos se caracterizan por fuertes cargas iónicas y cadenas laterales cortas.

2.3.11.2. Aditivo polycarboxilato de cadena larga. Esta tecnología, creada a través de una síntesis química especial, se caracteriza por una estructura de "peine" con cadenas laterales de cadena iónica de diferentes densidades que consisten en grupos carboxilo y grupos éter. y cadenas principales de hidrocarburos lineales de longitud variable (Alonso et al., 2007). Como resultado, la capacidad de reducción de agua de estos aditivos alcanza valores elevados de hasta el 42% (American Society of Testing Materials, 2019).

De acuerdo a lo referido por Ghorab et al (2012), la densidad de carga, la densidad de la cadena lateral y el grado de estabilización, son los parámetros clave que modulan la adsorción de estos aditivos, y a su vez, brindan una gran flexibilidad para cambiar la estructura.

2.3.12 Hormigón de alta resistencia

Según lo definido por el American Concrete Institute, el concreto de alto rendimiento 239C (2018) es un material de concreto cementoso con una resistencia a la compresión mínima especificada de 150 MPa y con requisitos específicos de durabilidad, ductilidad a la tracción y tenacidad, la fibra generalmente se agrega para satisfacer necesidades específicas.

Definieron a un hormigón de alta resistencia al que contiene un contenido sustancial de cemento, contenido de humo de sílice (25-35% en peso de cemento), compuesto de cuarzo, arena y fibras de acero (Soliman y Tagnit-Hamou, 2017). Sin embargo, para crear mezclas más trabajables y fluidas, los aditivos a base de policarboxilato se agregan invariablemente al hormigón de alta resistencia.

El hormigón de alto rendimiento es superior al hormigón convencional en características y constructibilidad. Para crear estos hormigones especialmente diseñados, se utilizan materiales comunes y especiales, pudiendo ser necesarios procedimientos específicos de mezclado, vaciado y curado (Kosmatka et al., 2004). Debido a su durabilidad superior y resistencia a los sulfatos, cloruros y dióxido de carbono, el hormigón de alto rendimiento (HPC) posee una mayor vida útil y demanda poco mantenimiento. Las estructuras de UHPC pesan solo de un tercio a la mitad de las estructuras de hormigón convencionales comparables bajo la misma carga esto se debe a la resistencia a la compresión ultra alta. Las ventajas de este poco peso permiten la construcción de estructuras de gran altura, estructuras con mayor superficie útil, estructuras más delgadas y costos generales más bajos. Para la mayoría de las aplicaciones en las que las mezclas convencionales pueden cumplir económicamente con los criterios de rendimiento, no se puede utilizar UHPC porque suele ser caro y tiene un rendimiento deficiente (Wang et al., 2015).

2.3.13. American Concrete Institute (ACI)

Una de las principales autoridades en el manejo y la aplicación del hormigón en todo el mundo es el American Concrete Institute (ACI), una organización de educación técnica para la sociedad sin fines de lucro fundada en 1904. El ACI está posicionado como un foro para la discusión de todos los temas relacionados con el hormigón y la creación de soluciones a los problemas. Este foro se lleva a cabo a través de convenciones, encuentros y medios de comunicación como ACI Structural Journal, ACI Materials Journal, Hormigón International y publicaciones técnicas, así como las actividades programadas y el trabajo del comité técnico, quienes convocan reuniones dos veces al año.

Las Regulaciones de la ACI, que han sido respaldadas ampliamente por sus Miembros, sirven como base para sus operaciones. De acuerdo con sus disposiciones, los miembros eligen a uno de los 18 funcionarios de la Junta Directiva, que está a cargo de la gestión general del Instituto, incluida la formulación de políticas para promover las metas de ACI. La Junta de ACI se reúne dos veces al año para discutir asuntos administrativos, el presupuesto, la revisión o adopción de políticas, planes preestablecidos, actividades de los capítulos y otros temas relacionados. ACI ofrece publicaciones reconocidas por la industria sobre el hormigón y sus usos, seminarios educativos, un programa de certificación estándar de la industria, foros de discusión locales e incentivos para la participación de los estudiantes en la industria del manejo del hormigón (ACI. 1998).

2.4 Variables

2.4.1. Variable independiente

Polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos (Cuantitativo continuo).

Definición conceptual. Los polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del hormigón manteniendo una consistencia

dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado (Tello, 2008). ACI 212.3R-10 (2010) aditivo, reductor de agua (rango alto): un aditivo reductor de agua capaz de producir una gran reducción de agua, gran fluidez, o ambas, sin causar un retardo indebido de fraguado o arrastre de aire en pasta cementosa. Mather, Ozyildirim (2002) Los aditivos reductores de agua se usan para aumentar la resistencia y trabajabilidad del hormigón y para disminuir costos. Están formados por ciertos compuestos orgánicos o por mezclas de compuestos orgánicos e inorgánicos para reducir los requerimientos de agua de la mezcla para un cierto revenimiento. La reducción en la demanda de agua puede dar lugar a una disminución de la relación a/mc para un revenimiento dado y para un cierto contenido de cemento, a un aumento en el revenimiento para una misma relación a/c e igual contenido de cemento (ahorro en costo) para un valor constante de a/c y de revenimiento (ACI 212.3R)

Definición operacional. Está directamente relacionado con el asentamiento y las relaciones a/c para producir hormigón líquido de alto asentamiento (Kosmatka, et al., 2004).

Indicadores:

- Porcentaje de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos
- Porcentaje de aditivo de cadena corta
- Porcentaje de aditivo de cadena larga
- Relación a/c

2.4.2. Variable dependiente:

Propiedades físico y mecánicas (Cualitativo nominal).

Definición conceptual

Son las propiedades o cualidades fundamentales del hormigón en su estado plástico, endurecido y fraguado. Las propiedades más importantes del hormigón incluyen la trabajabilidad, la cohesión, la resistencia y la durabilidad (IMCYC, 2004).

Definición operacional

El hormigón es una “masa” blanda que se puede trabajar o moldear de diversas formas para que se mantenga firme durante la colocación y la compactación, gane resistencia (hundimiento) con el tiempo y comience a endurecerse (IMCYC, 2004).

Indicadores:

- Asentamiento con aditivos de fila limitada
- Asentamiento con aditivos de fila larga
- Resistencia mecánica con aditivos de fila limitada
- Resistencia mecánica con aditivos de fila larga

III. METODO

La siguiente investigación es un estudio documental/bibliográfica, porque gestiona conseguir información notable e irrefutable de expertos y estudiosos acerca de la conducta del hormigón con incorporación de aditivos, es bibliográfica porque procura coleccionar, conseguir, escoger, conformar indagación acerca de los aditivos fundados en polímeros y copolímeros de policarboxilatos, para optimizar las propiedades mecánicas y físicas del hormigón fluido, siendo este más trabajable y de altas enterezas, analiza el efecto en las propiedades del hormigón autocompactante lo cual permitirá optimizar los precios al momento de emplearlo en obra. porque se basa en un marco de teórico y técnico, basado en diferentes pautas utilizadas en los artículos.

Se utilizan fuentes documentales, incluyendo artículos académicos e investigaciones previas, entre otras, para identificar los ensayos realizados al hormigón tanto en estado fresco como endurecido especializado. En el estudio efectuado por Chavarry, Chavarría, Valencia, Pereyra, Arieta y Rengifo (2020), “Se utilizó hormigón armado con vidrio esmerilado para evitar grietas y fisuras provocadas por la contracción plástica. El método utilizado fue deductivo, de orientación aplicada, enfoque cuantitativo, instrumento de recolección de datos retrolectivo, tipo descriptivo, correlacional y explicativo, nivel descriptivo y estudio de cohortes. Las investigaciones objeto de estudio siguen el enfoque metodológico adoptado por Chavarry et al. (2020).

3.1. Tipo de investigación

Según los documentos académicos consultados el tipo de investigación utilizados por los autores es descriptiva, correlacional y explicativa, porque describe e identifica el comportamiento de las propiedades del hormigón cuando se le aplica cierto porcentaje de aditivos a base polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, es correlacional porque tiene como propósito medir, cuantificar y analizar la vinculación y/o grado de relación que exista

entre el comportamiento del hormigón fresco y los polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos y explicativo en cuanto pretende identificar los factores que contribuyen al comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón cuando se le agregan dosis y/o porcentajes de aditivos a base de policarboxilatos de acuerdo a normas, teorías o reglamentos (Hernández et al., 2014).

3.1.1. El método de la investigación

Es el método deductivo, debido a que la información de las variables fue extraída del marco teórico y luego operacionalizada y relacionada, es deductiva. La orientación es aplicada, el propósito es mejorar el comportamiento del hormigón fresco con incorporación de aditivos con base de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, relaciones a/c, en donde se tiene que obtener un asentamiento adecuado para efectos de la elaboración, transporte, colocación del hormigón. (Bunge, 1983).

El enfoque es cuantitativo porque emplea la medición numérica (slump, resistencia y porcentajes de aditivos), el conteo y el análisis estadístico para recolectar y analizar datos de la bibliografía consultada con el fin de responder preguntas de investigación y probar hipótesis previamente establecidas. para determinar con precisión cómo se comportan las propiedades del hormigón cuando se utilizan aditivos a base de polímeros y/o copolímeros a base de policarboxilatos (Hernández et al., 2014).

Igualmente, debido a que el instrumento de recolección de datos es retrolectiva, porque se basa en las bibliografías revisadas (archivos y fichas), es retrolectivo. (Feinstein, 1985).

3.1.2. El nivel de la investigación

Al examinar las características físicas y mecánicas del hormigón, es posible estudiar las variables, describiendo y cuantificando con precisión cada una de ellas (Supo, 2013).

3.1.3. El diseño de la investigación

Debido a que el investigador tiene control sobre la variable independiente y puede manipularla conscientemente, las bibliografías consultadas para este estudio fueron experimentales. En el laboratorio, el investigador realiza pruebas con la variable independiente presente (con aditivos) o ausente (muestra estándar), la maneja en diferentes porcentajes, o maneja más de una variable independiente, para luego medir su impacto en la variable dependiente. Mediante el uso de diferentes dosis de aditivo, este tipo de diseño se utilizó para probar la eficacia y el impacto de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Dada la cantidad de mediciones, se puede decir que es longitudinal porque los investigadores observaron, evaluaron y analizaron varias mediciones utilizando relaciones a/c y pruebas de comprensión. Según la cronología de las observaciones, los datos obtenidos por cada investigación estudiada fueron prospectiva, porque se obtuvieron de fuente principal. El estudio de diseño fue de cohorte (causa – efectos), porque estudiaron la relación a/c, los aditivos a base de policarboxilatos y los aditivos de cadena corta y cadena larga (causa), para luego analizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón (efecto) (Argimon y Villa, 1994).

3.1.4. Resumen de la tipología

La presente investigación es un estudio documental/bibliográfico, donde los documentos consultados utilizaron el método deductivo, enfoque cuantitativo, orientación aplicada e instrumento de recolección de datos retrolectivo. nivel descriptivo, tipo descriptivo, correlación, correlacional y explicativa. Estudio de cohortes con diseño experimental, longitudinal y prospectivo a largo plazo. (Chavarry et al., 2020).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Tomando como ejemplo la norma china, la población de estudio será elegida de acuerdo con las normas establecidas en cada una de las naciones donde se realizó el estudio GB 8076-

2008, *Concrete Admixtures*, GB/T 17671-2005 *Method of testing cements-Determination of strengt*. Norma americana ASTM C230 / C230M – 20 *Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement*. Los ensayos de asentamiento, compresión y flexión realizados a los artículos de referencia sirven como muestra de estudio de la investigación.

La población de estudio (Anexo E) se elige de acuerdo con los diversos lineamientos que debe seguir cada uno de los artículos objeto de investigación, tales como: ASTM C 94, AASHTO- M157; ASTM C490/C490M; las Normas Chinas GB50081-2002 y GBT50082-2009; la norma india IS456: 2000; la norma rusa SP 63.13330.2012; que se tomaron en consideración para esta tesis. Se considera como muestra a los ensayos en hormigón fresco de asentamiento y ensayos de hormigón endurecido: compresión, tracción y flexión a edades de 28 días. El hormigón con aditivos ha sido probado en investigaciones bajo condiciones de calor extremo.

Se han tenido en cuenta las pruebas elegidas por cada autor, como la prueba de asentamiento y la prueba de resistencia a la compresión. Estas pruebas están sujetas a las leyes vigentes en cada nación donde se realizó la investigación ACI 318.08 y las normas ASTM definen una prueba de resistencia como el promedio de la resistencia de tres especímenes que miden 4" de diámetro por 8" de alto y dos especímenes que miden 6" de diámetro por 12" de alto, ambos probados a los 28 días. Se requiere una población que tenga en cuenta el clima, el tipo de estructura a colar y/u otras variables que puedan tener un choque en las características reológicas y mecánicas del concreto en su preparación, transporte, distribución y curado.

3.2.2. Muestra

Para la determinación del prototipo por dosis del aditivo a base de policarboxilatos a estudiar. se tiene que seguir las siguientes consideraciones:

- Según la temperatura ambiente
- La relación agua/cemento (a/c)

- Edades del hormigón
- Porción de aditivo con base de polímeros y copolímeros de policarboxilatos
- Probetas para testigos de hormigón según Normas ASTM

En el Anexo F, se muestra la determinación de la muestra a estudiar según la Norma E0:60, por dosis de aditivo a base de policarboxilatos

Para obtener la muestra se ha tenido en consideración la temperatura (bajas, media y altas), la relación a/c y las roturas a realizarse a diferentes edades (7, 14 y 28 días), dando como resultado una muestra por dosis de aditivos a base de policarboxilatos (n) de 216.

3.3 Operacionalización de variables

En el Anexo G se muestra la operacionalización de la variable no dependiente Polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos y la variable Propiedades físicas y mecánicas.

Técnica y método de la investigación entre las principales técnicas utilizadas en la investigación, se pueden citar:

- Técnicas estadísticas: para el procesamiento de datos, muestreo y exposición de resultados.
- Técnicas de laboratorio: En el proceso de investigación.
- Técnicas de investigación de campo: Para la recolección de datos.
- Técnica de análisis documental: En la recolección de información.
- Entre las técnicas de laboratorio se tienen las pruebas y ensayos de laboratorio (NTP, ASTM, ACI y Normas internacionales. Cuando se han agregado al concreto, aditivos a base de policarboxilatos, el uso de una muestra estándar como indicador para comparar los resultados de la investigación.

3.4. Instrumentos

En general formatos del laboratorio, en donde se describen las características y propiedades de todos los componentes del hormigón, equipos herramientas manuales, origen de atrasos, dificultades, paralizaciones, inspecciones, auditorias, además de la identificación de los trabajadores por especialidades o cuadrillas en cada frente de trabajo y/o cualquier formato que se necesite para que las actividades sean registradas, y controladas, para posteriores tomas de decisiones.

De acuerdo con el método que se utilizó en la realización de esta investigación, se refiere a cada una de los experimentos y estudios realizados por los científicos de cada estudio analizado y que sirvieron para medir las cualidades mecánicas del hormigón, basándose en las normas y especificaciones.

3.5. Procedimientos

Las herramientas usadas son válidas de contenido ya que se extrajeron de las normas vigentes, además de todas las normas técnicas peruanas e internaciones mencionadas anteriormente, se tomaron en consideración todas las normas utilizadas en cada país en donde se realizó la investigación (Anexo H).

3.6 Análisis de datos

El desenlace de cada uno de los ensayos permite obtener la información de datos a ser incluidas en el programa estadístico para ser analizados y tabulados en tablas de precisiones porcentual de acuerdo a las estadísticas específicas. Para la ejecución del análisis estadístico de los valores obtenidos se utilizaron los programas siguientes:

- SPSS Statistics 25, para el análisis estadístico y elaboración de tablas.
- Microsoft Office - Excel, para la presentación de gráficos.
- Reportes del software (crecimiento de la resistencia del hormigón por edades, proporciones de mezcla del diseño).

El estudio estadístico de la información obtenida se realizó por medio de:

- Tablas personalizadas, de contingencias y doble entrada.
- Gráficos de barras, gráficas tipo pastel.
- Reportes del software (crecimiento de la resistencia del hormigón por edades, proporciones de mezcla del diseño).
- Línea de tendencia de los datos.

3.7. Consideraciones Éticas

Siguiendo las recomendaciones Bryman y Bell (2007), el desarrollo de la tesis ha seguido las siguientes consideraciones éticas: la investigación no estuvo sujeta a ningún tipo de daño, guardando el respeto de la dignidad de los participantes y de las bibliografías consultadas, garantizando un nivel adecuado de confidencialidad de los datos obtenidos, y sin incurrir en engaños sobre la finalidad de la investigación, garantizando siempre la transparencia y honestidad, evitando cualquier tipo de información engañosa, así como la representación sesgada de los resultados de los datos primarios. La bibliografía consultada proporcionó información suficiente y garantías en cuanto a los datos recolectados, lo cuales son citados y referencios mediante el sistema de referencia de las normas APA 7^{ma} (séptima) edición. Igualmente, se garantiza la objetividad en los desenlaces y recomendaciones de acuerdo a los lineamientos y protocolos instituidos en el Manual de Tesis de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

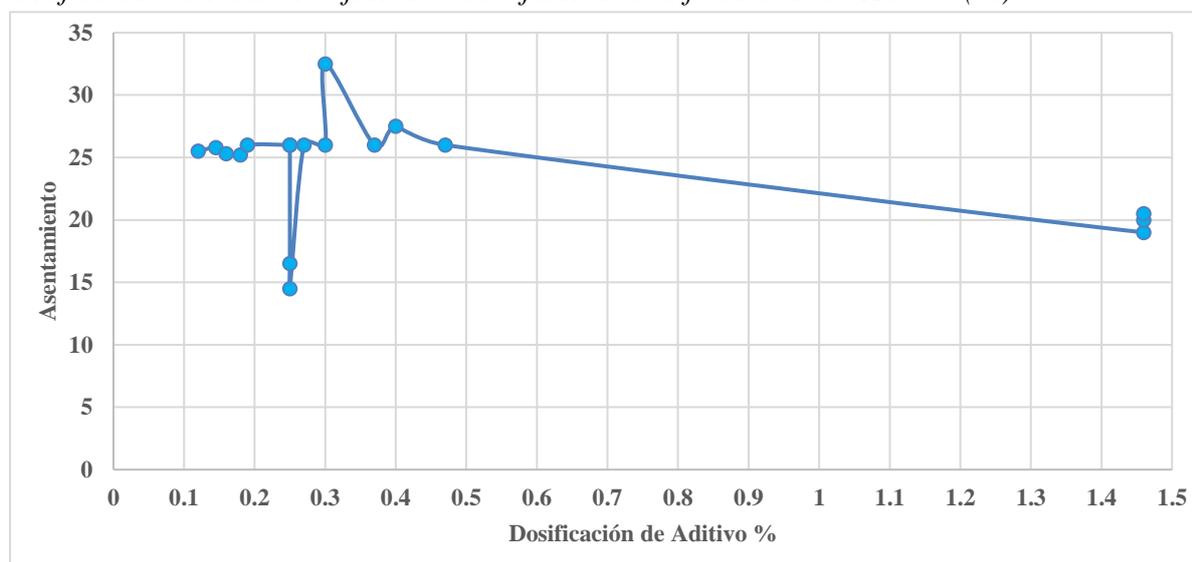
IV RESULTADOS

4.1. Con base de policarboxilatos basado en copolímeros sobre el asentamiento

Según los autores Liu y Wang (2015), el aditivo convencional a base de policarboxilato con una dosis de 0,40% por un aditivo autosintetizado con un armazón molecular denominado "múltiples brazos" para lograr un flujo de asentamiento de 32,50 cm a una dosis de 0,30 % en vez de un asentamiento de 27.5 cm con una dosis de 0,40%. Se utilizó una proporción de a/c de 0,29 para ensayar ambas muestras. En la Figura 9 se pueden constatar dichos resultados.

Figura 9

Gráfica del asentamiento frente a las diferentes dosificaciones de Aditivo (%)



Ilg y Plank (2016) encontraron que el aditivo de policarboxilato producido utilizando injertos de ATBS en una configuración primordial de lignito tenía un Slump Flow inicial de 26,30 cm para el prototipo de lignito (ATBS-co-AA) con una relación molar de 1:0,15 y una dosis de 0,25% en peso de cemento frente a un aditivo a base de policarboxilato (BNS) convencional que obtuvo 25,8 para una dosificación de. Los investigadores utilizaron una relación de agua/cemento fija de 0,455 para todos las ejemplares que se examinaron, mientras que Chen (2012) logró un flujo de asentamiento promedio máximo de 20.5 con un aditivo a base de copolímeros de policarboxilato P(AA-co-MA) /PEG y con una relación a/c=0.50 a una

dosis de 1.46% de aditivo por peso de cemento, lo que derivó en una reducción significativa de agua.

Los investigadores Jun y Jeong (2014) obtuvieron un mejor comportamiento que el hormigón al crear, usando el aditivo AP25 sintetizado como muestra, dos copolímeros de polycarboxilato y su configuración transformados con partes de cadena lateral corta. Para lograrlo, mezclaron adiciones minerales y polvo de escoria de alto horno, dando como resultado un flujo de asentamiento de 16.50 y una dosificación óptima de 0.25 % para una relación $a/c=0.28$. por otro lado, refieren que la fluidez de la mezcla no aumenta debido a su corta longitud, incluso si estos agregados sintéticos tienen cuantiosas cadenas laterales injertadas. En su estudio, Huang refiere que para lograr resultados superiores a los del aditivo convencional, son necesarias dosis más altas del aditivo hiperramificado (Anexo I).

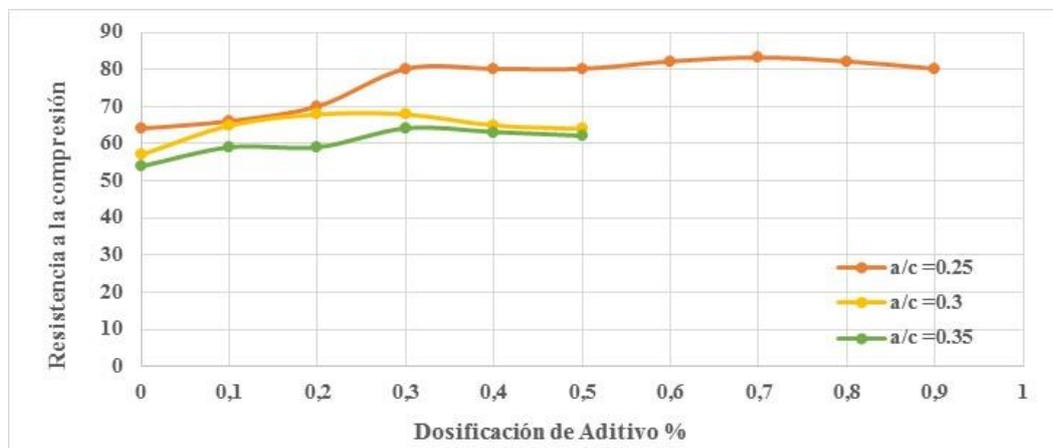
4.1.1. Relación a/c sobre la resistencia a la compresión

El aparato de pulsación RPA se utilizó para activar suspensiones cementosas utilizando una variedad de agregados con base de polycarboxilato a base de naftaleno formaldehído y polycarboxilato. Se utilizó agregado fino de densidad aparente de 1 punto 550 gr/cm^3 en conjunto con cemento de escoria Portland CEM II/AS 32.5 un aditivo grueso con una consistencia de 2 puntos 75 gramos por centímetro cúbico y una densidad aparente de 1 punto 40 gramos por centímetro.

Como aditivos se utilizaron formaldehído de naftaleno y polycarboxilato, que se basan en polycarboxilato. Estos aditivos ayudan a perfeccionar la resistividad al inicio y las cualidades físicas y mecánicas. Se utilizó una muestra de 10 x 10 x 10 cm para probar la resistividad a la compactación de todas las pruebas obtenidas.

Figura 10

Gráfica para diferenciar en el hormigón, la resistencia a la compresión, la dosificación de aditivo y la relación a/c a los 28 días.



En la Figura 10, se refleja que con una relación agua cemento $a/c=0.25$ y una dosis de aditivo de 0.80% para el aditivo tipo BA se obtiene una firmeza máxima de 83 MPa, sin embargo, Antoni y Kusuma (2017), establecieron que para lograr una dosis óptima el factor a tener en cuenta era el tipo de aditivo con base de policarboxilatos y que su uso excesivo reduciría la fuerza de compresión del hormigón y recomendaron el aditivo con base de policarboxilatos Z porque mejora su resistencia con el desarrollo rápido en el tiempo, lo que muestra lo superior de otros aditivos. Por ello, concluyen que los Z-policarboxilatos favorecen una hidratación más rápida.

Asimismo, PCE-2 muestra una influencia diferente en la resistividad a la compactación del mortero de cemento dependiendo de los materiales cementantes suplementarios en diferentes edades, debido a que el material usado tiene partículas más pequeñas que el cemento y los poros formados pueden llenarse mejor. Tiene excelente movilidad y mínima absorción de agua, lo que hace que el método de empaquetamiento de partículas sea más clausurado y mejora la capacidad de trabajar la composición del hormigón, se observa disminución de agua y el mortero de cemento con porción de escoria obtiene una menor resistividad prematura.

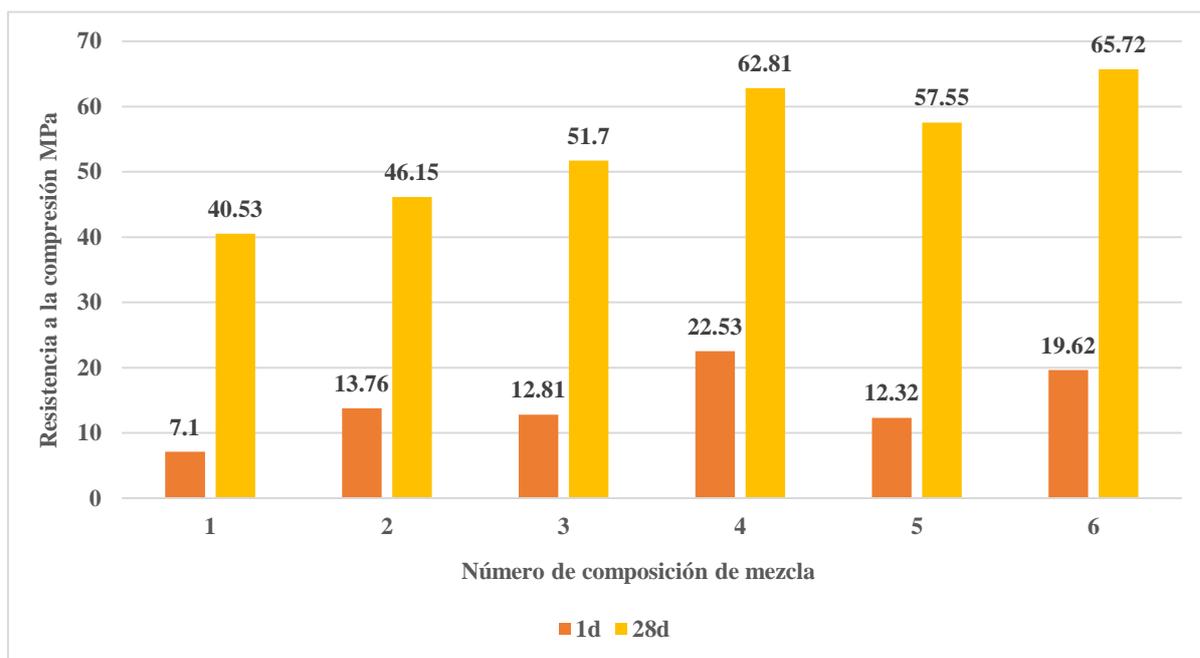
Sintetizando los resultados de los aditivos que sobresaltan directamente la resistividad a la compactación en el Anexo J se observan los datos más relevantes.

4.1.2. Relación a/c con aditivos plastificantes basado en copolímeros.

Como se puede apreciar en el Anexo J, los resultados de la utilización del agregado Remicrete SP60, a base de policarboxilato, con una dosificación del 1% y relación a/c=0.30, mostraron resistencias a la compresión a los 28 días en las muestras 5 y 6 de 57.55 MPa y 65.72 MPa siendo esta resistencia mayor que las composiciones 1.2.3.4 con mayor relación a/c. Estos resultados se publican en la Anexo K y se detallan en la Figura 11

Figura 11

Resistencia a la compresión por número de composición de mezcla



4.1.3. Análisis e interpretación de los resultados.

En la categoría de 0,25% a 0,40%, el uso de un agregado autosintetizado con una configuración molecular de "brazos múltiples" dio como resultado un flujo de asentamiento de 32,05 cm. El aditivo sintético en representación de peine con codificación PCE-2 ensayado a

los 28 días con una relación $a/c=0,30$ y las adiciones minerales mostraron una resistividad a la compactación de 85 MPa.

Al tomar la porción después de 28 días a una relación $a/c = 0,30$ y sin la adición de minerales, la porción con codificación PC-3 tenía una resistividad a la compactación de 73 MPa. Con una relación a/c de 0.25 a 0.30, el valor medio de la resistencia a la compresión sin aditivos minerales fue de 61 MPa. Cuando se comparó con un aditivo basado en policarboxilato convencional, que produjo un asentamiento a una dosis de 0,4%, el aditivo basado en policarboxilato autosintetizado tuvo un flujo de asentamiento de 32,5 cm para una dosis de 0,3% y un slump flow de 27,5 cm.

El mejor rango para la dosificación de aditivos se establece entre 0 a 0.25 y de 0 a 0.40%. Esto se aprecia en la utilización del agregado a base de policarboxilato con codificación PCE-2, el cual a los 28 días con una relación a/c de 0.30, alcanzó una resistividad a la compactación de 85 MPa. Estos resultados no mejoraron al pasar el tiempo por lo que después de 28 días utilizando la misma relación $a/c=0.30$ pero sin añadiduras minerales, la porción con codificación PC-3 consiguió una resistividad a la compactación de 73 MPa menor que la obtenida con PCE-2. El valor de resistividad a la compactación promedio de la muestra fue de 61 MPa, operando en el rango de relación a/c de 0.25 a 0.30, consiguiendo los picos de resistencia más elevados.

4.2 Relación a/c en las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia.

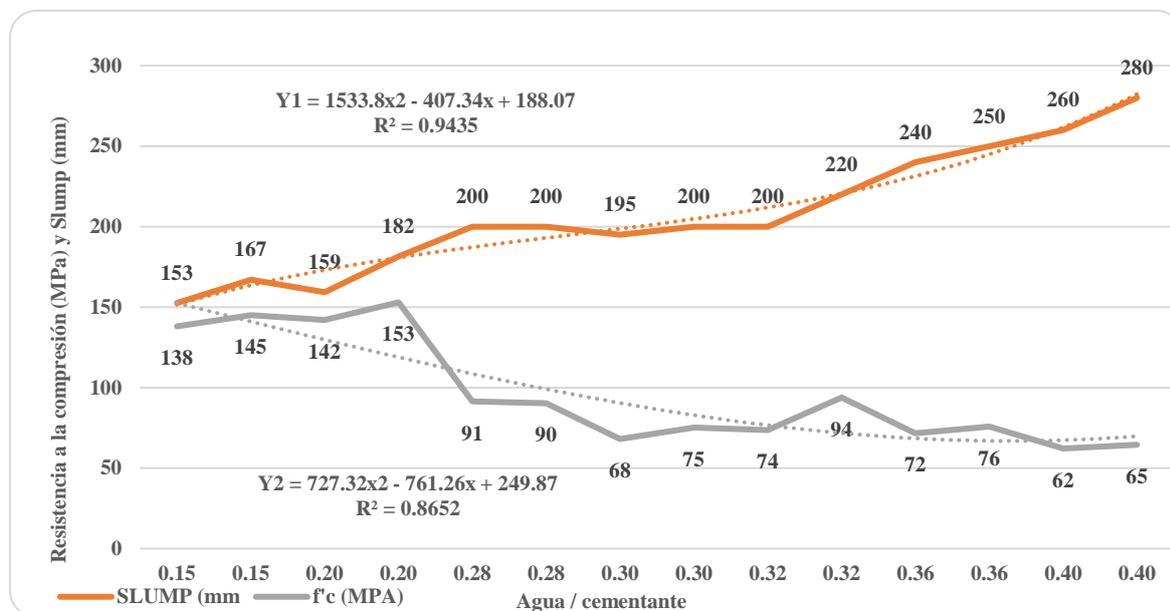
4.2.1. Relación a/c en las propiedades del hormigón fluido.

En el Anexo L se muestran la relación a/c entre el asentamiento y la resistividad a la compactación a los 28 días y se compilaron a partir de los resultados de cuatro estudios. La capacidad de ser trabajada y la resistividad a la compactación del hormigón, así como otras propiedades mecánicas, son dos áreas en las que el agua y el cemento tienen un impacto. A

medida que disminuye la a/c, también lo hace la capacidad de ser trabajada el hormigón. se combinan y la resistividad a la compactación aumenta como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Relación agua/cementante vs. resistencia a la compresión y slump



Esta investigación se basa en analizar de hormigones con propiedades HPC, con asentamientos de $200 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$, es decir con un slump bajo de 175 mm, según ASTM C143, el cual al ser reemplazado en la ecuación $Y1 = 1533.8x^2 - 407.34x + 188.07$, obtiene un Y de valor 175 mm correspondiente al slump mínimo cuando la “x” es la menor a/c en la Figura 12 y el a/c mínimo es 0.22, correspondiente a la mezcla de un hormigón fluido con menor trabajabilidad.

4.2.2. Aditivos con base de policarboxilatos en la consistencia del hormigón fluido

Las cualidades del hormigón mejoran en estado fresco, así como también en estado rígido mediante la introducción de aditivos a base de policarboxilatos, que aumentan su trabajabilidad. Al añadir este aditivo se aumenta el slump, que es un indicativo de la firmeza del hormigón cuando está fresco, y similar a las adiciones minerales, también mejora las

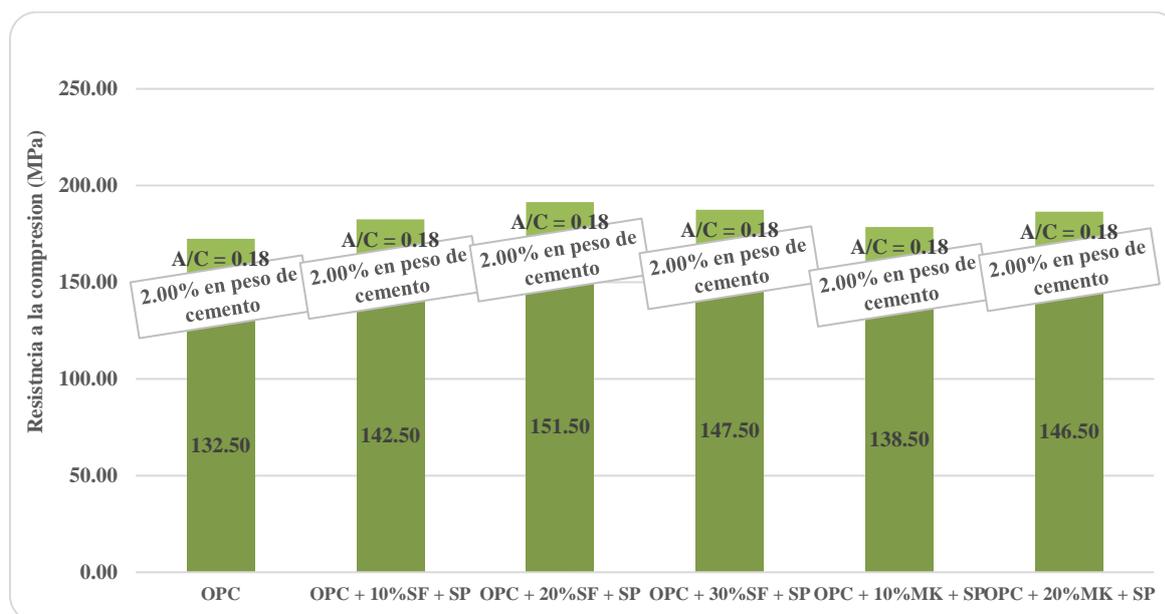
propiedades de endurecimiento, y este porcentaje es óptimo entre el 1% y el 2% del peso de cementación, según los análisis.

4.2.3. Adiciones minerales en la resistencia del hormigón fluido alta resistencia.

Los aditivos minerales o ligantes adicionales mejoran la estabilidad independientemente de la composición química y física, destacando la microsílíce (SF) y el metacaolín (MK) por la mayor proporción de material puzolánico. Tasa media alta de puzolana. De manera similar, se determinó la relación óptima de los dos aditivos para proporcionar una base para el uso de estos aditivos en el bosquejo de mezclas de hormigón altamente resistente.

Figura 13

Resistencia a la compresión f'_c (MPa) vs. diseño de mezcla del hormigón



Ghazali et al. (2017), analizaron la mayor resistencia en relación con la dosis recomendada de contenido en base policarboxilato (SP) por m^3 de composición de hormigón. La investigación demostró que el policarboxilato lentificará el proceso de hidratación. La tasa de hidratación disminuye al aumentar el volumen de base de policarboxilato, pero advierten que aumentar la cantidad de agregado acrecentará la resistividad a la compactación por lo que la sobredosis de (SP) dará como resultado sangrado y segregación, lo que alterará la coherencia

e igualdad del hormigón. Por lo tanto, si la dosis utilizada excede la dosis óptima, la resistividad a la compactación se disminuirá (Figura 13).

En los Anexos M, N y O, se puede observar la obtención de una resistividad a la compactación de 109.50 Mpa con la adición de aditivos con base de polycarboxilatos en un porcentaje en peso de 2.5% mediante el complemento de humo de sílice (SF), lo que representó la mayor sustitución de material cementante suplementario. dentro del cemento. Entre los investigadores Duval y Kadri (1998) y Köksal et al. (2008) existe desacuerdo con respecto al contenido ideal de humo de sílice (SF), reportan que para algunos el contenido ronda el 15% mientras que para otros el aumento en la tenacidad a la compresión puede alcanzar desde 30% hasta un 40% de humo de sílice en sustitución del cemento.

4.2.4. Análisis e interpretación de los resultados.

Este estudio investiga la analogía entre el cemento y el agua para perfeccionar los rasgos mecánicos del concreto de resistencia alta para determinar el impacto de esta relación agua/cemento para lograr una resistencia alta y, por lo tanto, mejorar las mezclas anteriores de sus propiedades mecánicas, tanto en fresco como curado. La averiguación se basó en estudios anteriores en donde se utilizaron aditivo con base de polycarboxilatos y adiciones, todo esto permite identificar la relación óptima. La metodología del estudio fue documental/bibliográfica, y los estudios consultados fueron del tipo explicativo, correlacional, descriptivo y deductivo, con enfoque cuantitativo y disposición estudiosa. Estudio de cohortes con diseño experimental prospectivo a largo plazo. Se examinaron los efectos de varios ensayos de laboratorio de diferentes mezclas, que se desarrollaron de acuerdo con los últimos estándares.

De acuerdo con los resultados se alcanzó la relación a/c ideal de 0.22, para alcanzar la máxima resistividad a la compactación de 117 Mpa, la capacidad de trabajarlo con un revenimiento de 175 mm, rasgos que conciernen a un hormigón premezclado fluido y

resistentemente alto, que se produce en una planta de hormigón. Al reducir la relación a/c, aumenta la resistividad a la compactación del HPC. La mejor dosificación del aditivo basado en policarboxilato para una mejor trabajabilidad y durabilidad está en el rango de 2,0 a 2,5% en peso del aglomerante. La suma del agregado a base de policarboxilato a la composición aumenta la capacidad de trabajar y la resistividad a la compactación del hormigón. La resistividad a la compactación del hormigón se eleva con la añadidura de materiales cementicios suplementarios; las mezclas binarias que contienen humo de sílice (SF) y metacaolín (MK), con los porcentajes ideales de sustitución del 25% y 20%, respectivamente, de cemento, lograron la mayor resistividad a la compactación. Este mayor aumento de la resistividad a la compactación es atribuible a las adiciones de origen puzolánico.

4.3. Aditivos a base de policarboxilato en propiedades del hormigón autocompactante

4.3.1. Aditivos a base de policarboxilatos en el asentamiento del hormigón autocompactante.

Con una relación $a/c=0,38$ y aditivo a base de policarboxilato PCE (0,45%) y modificando la densidad, Ashish y Verma (2019) reportaron que su flujo de asentamiento tuvo un valor de 780 mm, que fue el valor más alto. Metacaolín como adición, que constituye el 25%, y VMA, que constituye el 0,15% ambos en relación con el peso del cemento. El flujo de asentamiento de Fiol et al. (2018), logró el mismo resultado al incorporar PCE a base de policarboxilato SP1 (0,20%) y SP2 (0,52%) en relación al peso del cemento y mediante la añadidura de árido reciclado 37, obtención de suficiente fluidez para configuraciones sólidas y complejas. Según Mahmoud et al., (2018), en el Anexo P, al incluir el aditivo policarboxilato que reduzca el agua Gelenio 110p en un 0.90% y la adición de ceniza volante en un 25% con respecto al peso del cemento, se obtuvo un flujo asentamiento máximo de 820 mm con una relación $a/c=0,45$. Siendo este superior al hormigón estándar, que obtuvo 720 mm con 0.90% de policarboxilato, encontrando una solución viable para configuraciones complejas donde la separación será más complicada de manipular.

Con una relación $a/c=0.50$, Owsiak y Grzmil (2015) en el Anexo P obtuvieron un flujo de asentamiento al máximo de 700 mm al incluir el aditivo de polycarboxilato que minimice el agua de última generación en un 1.0 % con relación al peso del elemento cementante y adicionar el 40% de polvo de caliza en relación al peso del cemento, por encima al de Habibi y Ghomashi (2018), quienes obtuvieron 650 mm con 0.70% de aditivo con base de polycarboxilato, hecho para aplicarlas en paredes, columnas, columnas, etc. maniobrabilidad adecuada.

4.3.2. Aditivos basados en polycarboxilatos en la resistencia a la segregación.

En relación con los hallazgos del autor Ghoddousi, P. y Amir M. S., en el Anexo Q, se observó que el aditivo de aire se incorporó al 0,74 % utilizando una relación de separación adecuada del 7 %, y muestra que la resistividad de la separación medida por la prueba GTM aumenta a medida que los parámetros señalados ya están disminuidos.

De acuerdo con los hallazgos del autor Bensaci et al. (2019), se puede observar en el Anexo R que la relación a/c , en relación con el porcentaje de aditivo SP 1%, crece con el aumento del contenido de caucho y SFR. Al agregar 30% de caucho y 1,50% de SFR, correspondientemente, el porcentaje de suspensión de los compuestos cae de 5,87% a 3,40 %.

Según Jindal et al. (2020), señala que las inserciones de microfibras de wollastonita en la composición de SCC exhiben una mayor resistencia y ofrecen resistividad que mejora a la separación, así se observó en las experiencias de sonda. También se puede observar que, en el Anexo S, se revela su relación $a/c=0.60$ en relación con el 3% de agregado SP.

Según los hallazgos de Basu y Agrawal (2020), en el Anexo T muestra la relación óptima de $a/c=0,34$ frente a la cantidad de porcentaje del aditivo SP entre 1,36 % y 1,70 %. Con respecto a la segregación, esta se divide en dos clases, SR1 que normalmente tiene una resistencia a la segregación de 20% y SR2., que normalmente tiene una resistencia a la segregación de más del 15 % pero menos del 20%.

En el Anexo U se nota que los hallazgos de los autores Molina y Saldaña (2014), muestran una relación óptima de $a/c=0.47$ con relación en el porcentaje de dosis de aditivo SP entre 0% a 1.50%, por considerar los investigadores el peso respectivo de la lechada referente al de la porción, en efectividad en un 15% y por debajo, por lo que se refutan hormigones con valores por encima al 30%. Por otra parte, los autores se refieren a un tamiz de 315 mm de diámetro para la inmovilización de partículas mayores de 5 mm, sobre el que se vierten 4,8 kg de hormigón. Espere 2 minutos y determine la masa de la solución que pasa por el tamiz.

4.3.3. Relación a/c y adición cementicia en la resistencia a la compresión del hormigón autocompactante.

Con referencia a los resultados del autor, Fiol et al (2018) analizaron la relación $a/c=0.38$ se consiguió que la resistividad a la compactación a 28 días según el Anexo V, fue 70.56 Mpa con añadidura de aditivo con base en policarboxilato reductor de agua de 0.34% SP1 y 0.80% SP2 y con reciclado de añadidura de 37.00%, la que obtuvo Ashish y Verma (2019) fue mayor; una resistividad a la compactación de 65.10 Mpa a los 28 días con añadidura de aditivos con base de policarboxilatos reductor de agua de 0.45% y 0.15% de VMA.

En el Anexo W, Benaicha et al. (2019), con $a/c = 0,37$ lograron en 28 días una resistividad a la compactación de 73,48 Mpa resultando superior a su hormigón estándar que obtuvo 50.80 Mpa, logrando esta mejora con la inclusión del aditivo con base de policarboxilato reductor de agua ViscoCrete Krono 20 HE con 0,30% y relleno como suplemento mineral.

En el Anexo X, Laidani et al. (2020), muestran una resistividad a la compactación de 54 Mpa a los 28 días con 0,90% de aditivos a base de policarboxilato reductores de agua e igualmente con el 10% de bentonita sódica de mostaganem y el 15% de bentonita cálcica de magnhnia. Sin embargo, los autores Vivek y Dhinakaran (2017) encontraron a los 28 días, una resistividad a la compactación de 63 Mpa con relación a/c de 0.40 y la adición de Conplast

SP430 y VMA de Glenium stream-2, a 2.30% y 0.15% respectivamente, y adicionando el 25% de escoria en finura en horno elevado.

En el Anexo Y Fiol et al. (2018), obtuvieron resultados de 56.75 Mpa con una $a/c=0.45$ en 28 días al incorporar un aditivo basado en policarboxilato reductor de agua de SP1 con 0.34% y SP2 con 0.80% y con añadidura reciclado al 100%. Estos valores fueron superiores a los de Mahmoud et al. (2018), que consiguieron un 55 Mpa de resistividad a la compactación a los 28 días con el aditivo reductor de agua Gelenio 110p con 1.25% y con 8.00% de humo de sílice como suplemento mineral en relación al cemento, y fue superior a su hormigón patrón que obtuvo 46 Mpa de resistividad a la compactación con 0.90% de aditivo con base de policarboxilatos PCE.

4.3.4. Análisis e interpretación de los resultados

Se muestran con los hallazgos encontrados que el asentamiento con mayor mejoría tuvo un valor de 780 mm, con la incorporación de 0,45% de aditivo PCE, 0,15% de agente reformador de densidad y una relación $a/c = 0,38$; la resistencia a la segregación fue satisfactoria, como la resistividad máxima a la compactación a los 28 días. con un valor de 73.48 Mpa. $a/c = 0,37$ y 0,30% de aditivo PCE, que los agregados a base de policarboxilato afectan las cualidades del hormigón autocompresivo. Para la influencia de un agregado a base de policarboxilato, se requiere el flujo de sedimentación ideal. Con una dosis de 0.30% de agregado, se progresa el flujo de sedimentación y obtuvo un valor de 780 mm, convirtiéndolo en clase SF3 bajo la GPE para aplicaciones en vertical en configuraciones fuertemente reforzadas y complejas. Incorporando el aditivo policarboxilato de última generación con 0.30% en relación al peso del cemento y con la añadidura de filler calcáreo, superando la resistividad máxima a compactación del hormigón autocompresivo a los 28 días de la GPE. La mayor resistividad a la compactación a los 28 días se obtuvo con una relación $a/c = 0.37$ y tuvo un valor de 73.48 Mpa.

En el estudio se determinó que el TMN de los agregados se manejó entre 3/8" y 1/2" y en la mezcla se incorporaron aditivos basados en polycarboxilatos como reductores de agua hasta en un 40% y modificadores de viscosidad con los que se pueden controlar la segregación y el sangrado de una mezcla. Las propiedades se examinaron utilizando varias pruebas, incluido el flujo de sedimentación, tanto en el estado blando como en el endurecido o slump flow o prueba de la torta en donde se midió el diámetro expandido y resultó estar entre 24" y 28", la prueba del embudo V en donde se midió el tiempo para el hormigón autocompactante que estuvo entre 5 y 8 segundos. A través de la malla GTM también se evaluó la estabilidad del tamiz en donde se obtuvo el valor del 13%. Se obtuvo la relación a/c óptimo para realizar la prueba de resistividad a la compactación de acuerdo con los requisitos de la norma actual. Se produce un revenimiento de 820 mm y una resistividad a la compactación de 74 Mpa después de 28 días al agregar el porcentaje del aditivo al 1% sobre el peso del cemento, el que resultó ser el óptimo según la investigación.

4.4. Aditivos de cadena corta y cadena larga en las propiedades mecánicas del hormigón con incorporación de microsílíce.

4.4.1. Relación a/c en la resistencia a la compresión con microsílíce.

De acuerdo con lo observado en el Anexo Z, en estudios realizados por García (2018) al observar diferentes mezclas con relaciones de a/c = 0.3, 0.35 y 0.40, con porciones constante de microsílíce de 8% y dosis de aditivo de 1.6%, demostró que la mayor resistencia a la compresión se obtenía con la relación óptima de 0.30, con un valor de 81.58 Mpa a los 28 días. Sin embargo, otros resultados han mostrado que con una relación a/c más alta, pero con una dosis más baja de complemento mineral y de aditivo a base de polycarboxilatos de cadena corta, se observaron mayores resistencias a la compactación, la relación a/c = 0,30, que es la relación a/c más disminuida trazada, con una dosis de 10% de microsílíce y 3,50% de agregado a base de polycarboxilatos de cadena corta. Este resultado fue informado por Kostrzanowska-

Siedlarz y Golaszewski (2016) al obtener como resistividad a la compactación 105.30 Mpa a los 28 días, con un dosaje de 10% de microsíllice y 3.50% de agregado con base de polycarboxilatos de cadena corta como la relación más baja de 10% de microsíllice y 3% de aditivos a base de polycarboxilato, $a/c = 0,25$, produjo la mayor resistividad a la compactación. Torres et al. (2019), además de agregar aditivos que contenían 5% de polycarboxilato y 25% de microsíllice, lograron resistividad a la compactación de 145 Mpa y 142 Mpa con relaciones $a/c = 0.15$ y 0.20 , respectivamente. (Cuadro 26) y 4%, respectivamente.

4.4.2. Relación a/c en las propiedades mecánicas del hormigón con microsíllice.

Como se muestra en el Anexo AA, los autores Severcan et al (2015), trabajaron con una mezcla de relación a/c de 0.25, agregado mineral de microsíllice 15% y polycarboxilatos de 3.5% en donde obtuvieron una resistividad a la compactación de 117.48 Mpa. Por otro lado, Ženíšek et al. (2017), usaron la misma relación de a/c , pero agregado mineral 16.0% de microsíllice y 4.0% de polycarboxilato lo que le arrojó resultados de 133.10 Mpa de compresión. En otros estudios, Sadrmomtazi et al. (2018), usaron dos tipos de relaciones, una de $a/c=0.20$ y otra de 0.18, en diseños de dosis de microsíllice de 20.00% y 15.00% con respecto al peso del cemento y dosis de 1.40% y 1.20% de aditivo con base de polycarboxilatos de cadena larga, logrando alcanzar resistencia de hasta 135.0 Mpa para la relación $a/c = 0.20$, con 20.0% de microsíllice y 1.40% de aditivo con base de polycarboxilatos. La resistividad a la compactación más elevada conseguida fue de Torres et al. (2019), ellos consiguieron obtener 145 Mpa para una relación $a/c = 0.15$, microsíllice al 25.00% y 5.00% de aditivo con base de polycarboxilatos.

4.4.3. Aditivos de cadena larga en el asentamiento del hormigón con microsíllice.

De acuerdo con el Anexo AB, se muestran los estudios de Abu et al. (2020), realizados con una relación de $a/c = 0.32$, y con aditivos de cadena larga si 3.14%, 3.57%. 4.28% y 4.57% y microsíllice al 5.0%, 10.0% y 15.00%, logró alcanzar asentamientos de 200.0 mm, 165.0 mm

y 135.0 mm correspondientemente. Posteriormente, Reem y Abdulhameed (2019), en una relación de $a/c = 0.40$, con 1.85%, 1.96%, 2.00% y 2.22% de aditivo de cadena larga y con 5.0%, 10.0% y 15.0% de microsílíce, lograron asentamientos de 168.0 mm, 162.0 mm, 156.0 mm y 142.0 mm correspondientemente.

4.4.4. Análisis e interpretación de los resultados.

Los reductores de agua de alto grado o los agregados a base de policarboxilatos pueden lograr una disminución del 12 % al 40 %, mejorando las cualidades mecánica- físicas del hormigón estructural. Si bien, los aditivos químicos como el policarboxilato Viscocrete-3425, con la incorporación del 5% de aditivo mineral microsílíce y una relación a/c , producen un asentamiento hasta 200 mm y se va reduciendo hasta en un 32.50% cuando se le incrementa 10% y 15% del aditivo mineral. Según las bibliografías consultadas estos asentamientos fluctúan entre 175 y 225 mm con relaciones a/c entre 0.30 y 0.40, los aditivos de cadena larga basados en polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos modifican la consistencia aumentando la fluidez y, por lo tanto, la trabajabilidad del hormigón estructural. Están compuestos por polímeros lineales que contienen grupos ácidos sulfónicos.

4.4.5. Aditivo cadena corta en resistencia mecánica del hormigón con microsílíce.

En el Anexo AC, Perumal et al. (2018), muestran que con 3.0% de aditivo químico, con una a/c de 0.25 y dosis de microsílíce de 0%, 2.50%, 5.00%, 7.50%, 10.00%, 12.50% y 15.00% alcanzan resistencias a la tracción de 5.81 Mpa, 6.41 Mpa, 6.89 Mpa, 7.16 Mpa, 7.53 Mpa, 7.41 Mpa y 7.31 Mpa, respectivamente, pero cuando se aumenta el a/c a 0.29, los valores son menores y dan 4.95 Mpa, 5.16, 5.31 Mpa, 5.66 Mpa, 5.94 Mpa, 5.38 Mpa y 5.31 Mpa respectivamente. En estudios realizados por Saridemir et al. (2015), obtuvieron con aditivos de cadena larga en una $a/c=0.25$ y aditivos químicos al 4.0%, 3.5%, y 3.0%, valores de microsílíce en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% los valores de compresión obtenidos fueron de 7.62 Mpa, 7.89 Mpa, 7.96 Mpa, 7.62 Mpa y 7.21 Mpa. En estudios similares, Abu et al. (2020), experimentaron

con una $a/c=0.32$, microsíllice en 5.0%, 10.0% y 15.0% y dosis de aditivo químico en 0.50% para alcanzar valores de compresión de 3.92 Mpa, 4.22 Mpa y 3.89 Mpa.

Finalmente, para una misma construcción, pero con aditivos de distinta composición química, se comparan los desenlaces de la resistividad a la compactación en los días 7, 14 y 28 de endurecimiento para las relaciones $a/c = 0,15$ y $0,20$, en los que los agregados químicos son los siguientes: uno de cadena corta a base de naftaleno (PNS) y tres de cadena larga a base de policarboxilatos (PCE NB1, PCE NB2 y PCE LP 1). Se ha analizado que el agregado de cadena larga PCE NB2 con una relación $a/c = 0,15$ supera los términos elevados de resistividad a la compactación, a saber: 108 Mpa, 128 Mpa y 155 Mpa, y en relación $a/c = 0, 20$ alcanza los 104 Mpa, 127 Mpa y 153 Mpa los días 7, 14 y 28 de curado.

4.4.6. Análisis e interpretación de los resultados.

Analizando los desenlaces encontrados con las distintas muestras se puede mencionar que con una relación $a/c = 0,15$, con 25,00% de microsíllice y 5,00% de agregado químico, la resistividad a la compactación en el aditivo de cadena corta es de 145,00 Mpa, mientras que la resistividad a la compactación del aditivo de cadena larga es de 158,90 Mpa en las mismas circunstancias. De igual forma, apreciamos en los resultados que la resistividad a la compactación es menor cuando se aumenta el suplemento de cadena larga en dosaje del 4,0% al 5,0%, indicando que el suplemento ha llegado a la dosis óptima tal que la compactación se reduce los valores de 118,70 Mpa a 101,20 Mpa ya que la resistividad es superior al 4,0%. Sin embargo, en lo que respecta a la resistividad a la flexión, esta se incrementa de 7,15 Mpa a 10,40 Mpa cuando la dosis de aditivo de cadena corta aumenta de 1,50% a 3,00%. Lo mismo ocurre con la dosis de microsíllice, que aumenta del 10% al 1,50%, mientras que para la cadena larga aumenta de 6,75 Mpa a 8,88 Mpa al aumentar la dosis de 2,70% a 3,50%. La resistencia a la tracción con una relación $a/c = 0.25$ y microsíllice al 15% alcanza 7.31 Mpa para la cadena corta con una dosis de 3% y 7.62 Mpa para la cadena larga con una dosis de 3%. Como

resultado, los aditivos con cadenas cortas y largas aumentan la resistencia mecánica del hormigón de microsílice. En base a todos estos resultados, se puede concluir que los agregados de cadena larga son superiores a los agregados de cadena corta en términos de resistividad a la compactación y a la tracción.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Aditivo con base de policarboxilatos en la resistencia a la compresión.

Los resultados de los estudios realizados por autores como Winnefeld y Becker (2007), Miao y Ran (2011); Zhang et al. (2016) y Benaicha et al. (2019), revelan que el flujo de asentamiento con aditivos plastificantes PCE de elevada utilidad poseen un promedio de 30 cm, con dosis que van desde 0.20 a 0.26%, y con una relación a/c de 0.45 se pudieron lograr resultados de resistencia a la tensión de hasta 73.50 Mpa. Los autores Miao y Ran (2011), Zhang, (2011) y Kong et al. (2016), hallaron la dosis ideal para el aditivo de policarboxilatos de copolímero anfótero con distribución estilo peine en un rango de dosis 0.30% a 40% que ofrece un asentamiento para el hormigón de provecho elevado en un promedio de 21.5 cm mientras Zhang, et al. (2018), determinaron un asentamiento alrededor de 30cm con dosificación en un rango de 0.20 a 0.26% al utilizar aditivos a base de policarboxilatos PCE de alto rendimiento. Por otro lado, los autores Winnefeld y Becker (2007) y Benaicha et al. (2019), realizarin aportes que indican que con el uso de los agregados plastificantes a base de copolímeros se mejora la resistividad a la compactación en hormigones de resistencia elevada, consiguiendo resultados de 54.60 Mpa y 73.50 Mpa respectivamente y con una relación a/c de 0.37 y 0.45 correspondientemente.

5.2. Relación a/c en las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia

Las evaluaciones de consistencia se tomaron de los artículos de Sleyman et al. (2019) y Abdullah et al. (2010). La firmeza de los hormigones fluidos premezclados de resistividad elevada se ve disminuida, según los porcentajes de agregados a base de policarboxilatos. Los diseños de mezcla incluyen una cantidad de aditivos de policarboxilato, lo que da como resultado una consistencia fluida que se encuentra en el rango de revenimiento de 6" a 7". De manera similar, cuanto más material cementoso se use, más aditivo a base de policarboxilato

se debe usar para mantener el slump deseado. Debido a su complemento directa y ultrafina, el humo de sílice (SF) se eleva la petición de agua HPC. Como resultado, para regular la trabajabilidad, el SF se usa junto con un aditivo a base de polycarboxilatos (Smarzewski 2019). Algunos de estos materiales necesitan más polycarboxilatos debido a la forma en que reaccionan con la mezcla. Usando información de artículos de Sleyman et al. (2019) así como Bdullah et al. (2020), se obtuvieron valores mucho más altos de resistencia a la compresión, en hormigones fluidos premezclados con añadidas de materiales cementantes en una mezcla con relación $a/c=0.25$ a diferencia de los diseños con una relación $a/c=0,30$. Además, algunos aditivos puzolánicos, como humo de sílice y metacaolín, dan aumentos en su mayoría comparándolos con otros aditivos con bajas proporciones de puzolanas en la composición química.

5.3. Aditivos a base de polycarboxilatos en las propiedades del hormigón autocompactante

Según un estudio de Laidani et al. (2020); Benaicha et al. (2019) Mejora de 780 mm en su conducta de flujo de hundimiento del hormigón autocompactante al incorporar el aditivo polycarboxilato de última generación con una proporción de 0,40% en base al elemento cementoso y un regulador de densidad con una proporción de 0,15% en base al material cementoso y la relación llena $a/c=0.38$ perfeccionó el flujo de asentamiento. De acuerdo los estudios realizados a la resistividad a la compactación del hormigón autocompactante por los autores Molina y Saldana (2014), Ghoddousi y Salehi (2017) y Bensaci et al. (2019), afirman que la suma de porcentajes da como resultado una resistencia ideal a la separación, basándonos en las descripciones y lineamientos de EFNARC para concreto autocompresivo. Se encontró que una relación a/c media de 0,34 a 0,60 da una durabilidad óptima, lo que es aceptable. Los hallazgos de resistividad a la compactación de Fiol et al. (2018), notaron que la adición de porcentajes mejoró la resistencia del HAC y encontraron que la mayor resistividad a la compactación se alcanzó a los 28 días a una relación $a/c = 0.37$, dando un valor de 73.48

Mpa incorporando condiciones - Policarboxilato Avanzado con 0.30% de refractario. Por lo tanto, son aceptables.

5.4. Aditivos de cadena corta y cadena larga en las propiedades mecánicas del hormigón con incorporación de microsílíce

Según Li et al. (2017), la capacidad de adsorción de los aditivos químicos depende principalmente de su composición química y de la capacidad de adsorción de las partículas. Por lo tanto, es importante seleccionar cuidadosamente los tipos y cantidades correctos de aditivos químicos al desarrollar una composición. Eso es necesario según el análisis comparativo, la resistividad a la compactación minimice de 118,70 Mpa a 101,20 Mpa cuando la dosis de agregado de cadena larga se aumenta de 4,0% a 5,0%. Esto se debe a que la resistividad a la compactación reduzca cuando se excede la dosis óptima de aditivos químicos. De acuerdo con un estudio de Torres et al. (2019), el concreto con agregados de cadena corta y larga exhibió diferente resistividad a la compactación, alcanzando valores de 145.00 Mpa y 158.90 Mpa en relaciones $a/c=0.15$, y diferentes aditivos de cadena larga. El aditivo de cadena dio una compresión de 141.0 Mpa, que es inferior que el de cadena corta. Esto sugiere que la densidad del agregado está influenciada por el diseño de la composición, densidad de endurecimiento y una absorción mayor con partículas de cemento.

El incremento de la carga del agregado de cadena corta del 1,50 % al 3,0 % aumentó la resistividad a la flexión de 7,15 Mpa a 10,40 Mpa con una carga de microsílíce del 10,0 %, y la carga del aditivo de cadena larga aumentó del 2,70 %. Al 3,50 %, la resistividad a la flexión se incrementa de 6,75 Mpa a 8,88 Mpa. Resistencia a la tracción en relación $a/c=0.25$, 15.00% de microsílíce y 3% de agregados químicos, los aditivos de cadena corta alcanzan los 7.31 Mpa y los agregados de cadena larga superan los 7.62 Mpa. A medida que estos aumentan, la resistividad a la compactación disminuye, influenciada por los agregados de cadena corta y la dosificación de microsílíce. Torres et al. (2019), utilizando una relación a/c de 0.15, 25.00%

de microsílíce y 5.0% de aditivos de cadena corta, se logra resistividad a la compactación luego de 28 días de curado a 145 Mpa. Agregado de cadena, tiene una relación a/c baja. El aumento de la cantidad de agregado de cadena corta del 1,0 % al 5,0 % reduce la relación a/c de 0,25 a 0,15 y aumenta la resistividad a la compactación de 94,19 Mpa a 145,00 Mpa.

También se observó que a una dosificación de 10,0 % de microsílíce, pero a relaciones a/c = 0,25 y 0,30, la resistencia a la compresión aumentó de 94,19 Mpa a 105,30 Mpa con un incremento de agregados de cadena corta del 1,00 % a 3.5% esto confirma lo planteado por Zapata et al. (2013), al señalar que la adecuada adición de agregados a base de microsílíce y policarboxilato mejora la resistividad a la compactación.

Se puede ver por las diversas relaciones a/c expuestas que, a medida que estas relaciones caen, la resistencia a la compactación incrementa, y la cantidad de agregado de cadena larga y microsílíce influyen en esto. La mayor resistividad a la compactación se logra en (2019) con una relación a/c=0,15, 25 % de microsílíce, 5 % de aditivos de cadena larga a 158,90 Mpa después de 28 días de curado. En comparación con Torres et al. (2016), lograron una resistencia de 138,00 Mpa con una relación a/c de 0,17, una carga de microsílíce de 12,0 % y un aditivo químico de 1,60 %.

Por otro lado, estudios de Sadrmomtazi et al. (2018), obtuvieron valores de compresión de 128 Mpa en mezclas de relación a/c=0.20, dosis de microsílíce del 15.00% y dosis de aditivos de cadena larga de 1.40% por lo que refieren que mientras se reduce el porcentaje de agregado químico, conservando la dosis de microsílíce la resistividad a la compactación reduce. Sin embargo, se sabe que la añadidura de microsílíce a la mezcla acrecenta los requisitos de agua y afecta negativamente a la trabajabilidad, por lo que se utilizan aditivos a base de policarboxilato para compensar este efecto.

Perumal et al. (2018) encontraron en mezclas con relaciones a/c de 0.25 y 0.29, dosis iguales de aditivos químicos de cadena corta y diferentes dosis de microsílíce. Esta mezcla

tiene un asentamiento reducido y por lo tanto menos trabajabilidad a medida que aumenta el volumen.

Shah et al. (2013), muestran un asentamiento constante, la relación agua/cemento debe reducirse para compensar la mayor dosis de aditivo químico.

Reem y Abdulhameed (2019) indican que para conservar la reducción prevista, la dosis del suplemento dietético de cadena larga debe aumentarse mientras se incrementa el contenido de microsílíce, por lo que se refiere, de acuerdo a los resultados de Abu et al. (2020), mostró que con un dosaje constante de 0.50% de agregado de cadena larga y relación $a/c=0.32$, a mientras la dosis de microsílíce crece, el asentamiento reduce, indicando lo importante por Vinayagam (2012), que asevera que la utilización de microsílíce en el hormigón disminuye la capacidad de ser trabajada.

VI. CONCLUSIONES

6.1 Aditivo con base de policarboxilatos de policarboxilatos en la resistencia a la compresión. Usando un fluidificador sintético casero con una conformación molecular de "brazos múltiples", encontramos una slump flow de 32,5 cm a una dosis de 0,3%, que va desde 0,25% a 0,40%. El agregado de peine sintético con código PCE-2 tenía una resistividad a la compactación de 85 Mpa con el aditivo mineral probado a una relación a/c de 0,30 después de 28 días. Se logró una resistividad a la compactación de 73 Mpa sin aditivos minerales para el PC-3, ensayado después de 28 días con una relación agua-cemento de 0,30. La resistencia media a la compactación sin aditivos minerales fue de 61 Mpa con valores a/c entre 0,25 y 0,30. Se encontró que el uso de aditivos plastificantes a base de copolímeros tiene un efecto positivo en las características del hormigón, disminuyendo el contenido de agua, corrigiendo la alta resistencia inicial y final y la permeabilidad.

6.2 Relación a/c en las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia. A medida que la relación agua/cemento disminuyó, la resistividad a la compactación del HPC aumentó y los hallazgos mostraron que se logró una relación a/c óptimo de 0,22. Esto hizo posible lograr la mayor resistividad a la compactación de 117 Mpa. La capacidad de ser trabajado en el slump se mantiene en 175 mm, una propiedad consistente con el concreto premezclado líquido de resistividad elevada producido en plantas de concreto. La adición de agregados a base de policarboxilato a la mezcla mejora la capacidad de ser trabajada y la resistividad a la compactación del hormigón. La excelente dosis de policarboxilato para la mejor capacidad de ser trabajado y durabilidad oscila entre el 2,0 % y el 2,5 % en peso del sujetador. La suma de aglutinantes adicionales aumentó la resistividad a la compactación del hormigón, con mezclas binarias que llevan microsílíce (SF) y metacaolín (MK) logrando la mayor

resistencia a la compresión. Este elevado incremento de la resistencia a la compresión se debe a la suma de origen puzolánico.

6.3 Aditivos a base de policarboxilatos en las propiedades del hormigón autocompactante. En este estudio, se agregaron aditivos de policarboxilato como reductores de agua y reguladores de viscosidad para vigilar la separación y purga de la mezcla. Las propiedades frescas y curadas se estudiaron en varios tipos de pruebas por estándar E-060, prueba de asentamiento o prueba de torta, medición de diámetro expandido entre 24" y 28", prueba de embudo V. Las mediciones de tiempo para el hormigón autocompactante oscilaron entre 5 y 8 segundos. También se midió la persistencia de filtrado por medio de la malla GTM donde se obtuvo en un 13% y la relación a/c óptimo para la determinación de la resistencia cumpliendo de toda norma vigente sus requisitos. Tras examinar la documentación, se encontró que la proporción óptima del aditivo a base de policarboxilatos es 1% en peso de cemento, sedimento 820 mm, y la resistencia a la compresión a los 28 días es de 74 Mpa.

6.4 Aditivos de cadena corta y cadena larga en las propiedades mecánicas del hormigón con incorporación de microsílíce. Las medidas de asentamiento para las cadenas cortas y largas con una relación a/c=0,25, un 3,0% de aditivo químico y un 10% de microsílíce fueron 225 mm y 266 mm, correspondientemente. Además de la resistencia a la flexión con una relación a/c=0.29 y microsílíce al 10%, la resistencia a la compresión a los 28 días con una relación a/c=0.15, un aditivo químico al 5.0% y un 25.0% de microsílíce para las cadenas de tramos corto y largo, fue de 145,00 Mpa y 158,90 Mpa, correspondientemente. El aditivo de cadena corta al 3,0% alcanza 9,50 Mpa y el de cadena larga con 1,0% determinando que las características mecánicas del hormigón con microsílíce se mejoran a través de los aditivos químicos.

VII.- RECOMENDACIONES

7.1 Aditivo con base de policarboxilatos en la resistencia a la compresión. Para lograr un mejor asentamiento y trabajabilidad no se debe exceder la dosis óptima de 0.40%, porque al hacerlo no se evidencia un aumento significativo del asentamiento y, por el contrario, la trabajabilidad se ve afectada. La dosificación óptima de aditivos a base de policarboxilato debe mantener una relación a/c baja en el rango de 0.25-0.30. Ciertos plastificantes con cadenas laterales largas y densidades bajas tienden a reducir la resistencia a la compresión después de 28 días del experimento, por lo que es necesario conocer la distribución nuclear de los aditivos, como la extensión de la serie primaria, las cadenas laterales y la consistencia.

7.2 Relación agua/cemento en las propiedades mecánicas de hormigones de alta resistencia. Para determinar más precisión en la resistencia a la compresión, es importante determinar la relación A/C óptima y la proporción óptima de aditivo y aditivo de ácido policarboxílico. Recomendamos realizar estudios en varias relaciones a/c por debajo de 0.22. Este es el valor más bajo utilizado en este tipo de investigación para hormigón HPC, lo que permite especificar y recibir hormigón de altísimo rendimiento (UHPC), y estas son contribuciones significativas a la producción de las edificaciones en el Perú. Según el estudio presentado, la utilización de materiales cementicios complementarios (SCM) junto con aditivos a base de policarboxilatos resultó en alta resistencia, mayor durabilidad, procesabilidad y reducción de carbono. Se ha demostrado que es posible obtener concreto económico. Hay varios tipos de materiales de cementación suplementarios (SCM), algunos diseñados para mejorar la trabajabilidad y otros para perfeccionar la resistencia a la compresión. Si necesita aumentar la durabilidad de su concreto, debe buscar aditivos que produzcan el máximo efecto puzolánico. Esto se puede especificar en la estructura química del aditivo. Para

mejorar la trabajabilidad aumentando la consistencia del hormigón líquido, es obligatorio incorporar aditivos a base de policarboxilatos en estructuras mixtas que contengan materiales cementosos complementarios. Cuanto mayor sea la proporción de estos auxiliares de fijación, mayor será la proporción de aditivos a base de policarboxilatos.

7.3 Aditivos a base de policarboxilatos en las propiedades del hormigón

autocompactante. En la producción de hormigones autocompactantes es esencial el uso de aditivos a base de policarboxilatos de actual generación para garantizar las propiedades del hormigón, y también son muy utilizados en los proyectos de construcción modernos. Por lo tanto, se recomienda la dosificación adecuada de aditivos. Asimismo, es ideal para realizar ejercicios prácticos de correcta aplicación de aditivos diseñados en un laboratorio con un control de calidad adecuado para lograr una mezcla óptima. El asentamiento en hormigón autocompactante utiliza aditivos a base de policarboxilatos para aumentar la consistencia y fluidez, pero para no sufrir pérdidas económicas, además de un control de calidad preciso, las fluctuaciones porcentuales dependen de la estructura utilizada. La separación es muy importante y se recomienda utilizar aditivos a base de policarboxilatos en porcentajes controlados. Además, la mezcla no debe quedar muy líquida. Para lograr la máxima resiliencia, se recomienda utilizar agregados cementosos con un nivel de adición de base de policarboxilato de 0,30% o menos y una relación agua/cemento inferior de 0,35, además de mantener la resistencia a la compresión.

7.4 Aditivos de cadena corta y cadena larga en las propiedades mecánicas del

hormigón con incorporación de microsílíce. Se debe realizar un análisis de adsorción de partículas entre los materiales de la mezcla, ya que la microsílíce puede causar incompatibilidades graves con los aditivos a base de policarboxilato, lo que genera la

necesidad de altos niveles de aditivos químicos. Tanto los aditivos de cadena corta como los de cadena larga se utilizan en dosis óptimas para sostener una relación a/c baja. Las cantidades insuficientes dan como resultado una retención deficiente de las características espontaneas, la segregación en el concreto que contiene microsíllice y una menor tasa disminuida de consistencia inducida por microsíllice. Los aditivos de cadena corta optimizan a su vez, que el proceso requiere una mayor proporción que los aditivos de cadena larga.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, L., Ghafor, K., & Mohammed, A. (2019). Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers. *Results in Materials*, 1, 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100004>
- Abdullah, M. B. (2019). Strength and transport characteristics of volcanic pumice powder
- Abdullah, M. H. (2020). Durability and strength characteristics of high-strength concrete incorporated with volcanic pumice powder and polypropylene fibers. *Jmr&t*.
- Abdullah, M., Husain, A. & Bassam, A. (2020). Durability and strength characteristics of high-strength concrete incorporated with volcanic pumice powder and polypropylene fibers. *Jmr&t*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.021>
- Abellán, J., Fernández, J., Torres, N., & Núñez, A. (2020). *Statistical Optimization of Ultra-High-Performance Glass Concrete*. 243-254. doi: <http://dx.doi.org/10.14359/51720292>
- Abile, R., Russo, A., Limone, C., & Montagnaro, F. (2018). Impact of the charge density on the behaviour of polycarboxylate ethers as cement dispersants. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.276>
- Abu El-Hassan, M., Kamh, G., Fahmy, M., & Bashandy, A. (2020). Investigation of Using Nano-silica, Silica Fume and Fly Ash in High Strength Concrete. *Engineering Research Journal*, 43(3), 211-221. doi:10.21608/ERJM.2020.95144
- Abu-Khansan, M., Soloviova, V. & Soloviov D. (2019). High-strength concrete with new organic mineral complex *Admixture*. *Matec web of conferences* Doi: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201926501003>
- Abuzayed, I., Alajmani, H., & Al-Tamimi, A. (2016). Evaluation of Mechanical properties and service life of high performance concrete. *NED University Journal of Research*, 13(3),

53-59.

Obtenido

de

<http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/docview/1895872830?accountid=45097>

ACI 116 R:2000. Terminología del cemento y del hormigón

ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.

ACI 318S (American Concrete Institute). 2008. Requisitos de Reglamento para Hormigón Estructural y Comentario, (Versión en español y en sistema métrico), Comité ACI 318.

ACI Committee 212 (2010). Aditivos químicos para hormigón, ACI 212.3R-10, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

ACI. (1998). Standard Practice for selecting proportions for structural lightweight concrete. ACI 211.2-91.

ADMIXTURE. MATEC Web of Conferences. doi:

<https://doi.org/10.1051/mateconf/201926501003>

Aguado A., Martínez, A. & Salla, J. M. (1984): "Effects of Different Factors in Mixing and Placing of Polymer Concrete" 4 Int. Congress on Polymers in Concrete. Darmstadt, 1984, pp. 299-303.

Ahari, R., Erdem, T., & Ramyar, K. (2015). Effect of various supplementary cementitious materials on rheological properties of self-consolidating concrete. *Construction and Building Materials*, 75, 89-98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.014>

Akhlaghi, O., Aytas, T., Tatli, B., Sezera, D., Hodaei, A., Favier, A., . . . Akbulut, O. (2017). Modified poly(carboxylate ether)-based superplasticizer for enhanced flowability of calcined clay-limestone-gypsum blended Portland cement. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.08.028>

- Alonso, M., Martínez-Gaitero, R., Gismera-Diez, S., & Puertas, F. (2017). PCE and BNS admixture adsorption in sands with different composition and particle size distribution. *Materiales de Construcción*, 67(326). doi: <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2017.08116>
- AL-Ridha, A. S., Abbood, A. A., & Atshan, A. F. (2020). Assessment of the Effect of Replacing Normal Aggregate by Porcelinite on the Behaviour of Layered Steel Fibrous Self-Compacting Reinforced Concrete Slabs under Uniform Load. *Journal of Engineering*, 2020, 13. doi:10.1155/2020/3650363
- Alsaman, A., Dang, C., & Hale, W. (2017). Development of ultra-high performance concrete with locally available materials. *Construction and Building Materials*, 133, 135-145. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.040>
- Altun, M., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118427>
- Alvarado, N.J. (2010). Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de hormigón de 10cm x 20cm. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería. 173 p.
- Álvarez Gonzáles, J. L. (2014). Hormigón autocompactante con nano adiciones y fibras [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional. Obtenido de http://oa.upm.es/35549/1/Tesis_master_Jose%20Luis_Alvarez_Gonzalez.pdf
- Alvarez, A. (2013). Desarrollo de hormigones autocompactables [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1132/ITF.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- Alvarez, A. (2013). Desarrollo de hormigones autocompactables [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1132/ITF.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- American Concrete Institute 237. (2007). 237R-07: Self-Consolidating Concrete. 30.
- American Concrete Institute 239C. (2018). The Structural Design of Ultra-High Performance Concrete. Emerging Technology Report (ETR).
- American Concrete Institute. (2017). 304.2R-17: Guide to Placing Concrete by Pumping Methods. Obtenido de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=304217&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC
- American Society of Testing Materials C494/C494M-08a. (2008). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C494C494M-19>
- American Society of Testing Materials. (2013). Standard Specification for Chemical Additives for Use in the Production of Flowable Concrete (ASTM C1017 / C1017M- 13e1). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C1017>
- American Society of Testing Materials. (2018). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading) (C78/C78M- 18). Obtenido de <https://www.astm.org>
- American Society of Testing Materials. (2020). Standard Test Method for Determination of Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39/C39M - 20). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C39C39M-SP.htm>
- Amin, M. B. (2019). Effect of using mineral admixtures and ceramic wastes as coarse aggregates on properties of ultrahigh-performance concrete. *Journal of Cleaner*

- Aminabhavi, TM; Cassidy R.E. & Kukacka, L.E. (1987). "Use of Polymers in Concrete Technology". JMS Rev. Macromol. Chem. Phys., C 22 (1) 1-55 (1982-83). © Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es> Informes de la Construcción, Vol. 39 n.º 389, mayo/junio, 1987
- Aminul, I. L. (2009). Correlación de las pruebas de asentamiento, asentamiento, vebe y caudal con los parámetros reológicos del hormigón de alto rendimiento.
- AND SILICA FUME. Materiales de construcción y construcción. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117888>
- ANFAH. (2016). Obtenido de <https://anfah.org/aditivos/que-son-los-aditivos/>
- Antoni, Gabriel Halim, J., Chandra Kusuma, O., & Hardjito, D. (2017). Optimizing Polycarboxylate Based Superplasticizer Dosage with Different Cement Type. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.442>
- Arend, J., Wetzel, A., & Middendorf, B. (2020). Fluorescence microscopic investigations of the retarding effect of superplasticizers in cementitious systems of UHPC. Materials 2020, 13(5), 1-13. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13051057>
- Arend, J., Wetzel, A., & Middenforf, B. (2018). In-situ investigation of superplasticizers: From fluorescence microscopy to concrete rheology. Cement and Concrete Research, 113, 178-185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.08.011>
- Argimon Pallas JM, Jiménez Villa J. (1994). Métodos de investigación. Mosby/Doyma. Barcelona.
- Arieta Padilla, J. P., & Rengifo Salazar, C. A. (2019). Hormigón reforzado con vidrio molido y su relación con la resistencia a la compresión para controlar grietas y fisuras por contracción plástica [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional. Obtenido de

http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2723/CIV-T030_70772424_T%20%20%20RENGIFO%20SALAZAR%20CESAR%20AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arredondo, R; Fndez. M.; Cánovas, Fontan J. & López L. (1977). "Mejora del hormigón mediante su impregnación con polímeros vinílicos. Aplicación industrial". Monografía 345 del Inst. Eduardo Torreja. Madrid 1977.

Ashish, D. K., & Verma, S. K. (30 de agosto de 2019). Determination of optimum mixture design method for self-compacting concrete: Validation of method with experimental results. *Construction and Building Materials*, 217, 664-678. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.05.034

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). Execução de hormigón dosado em central — Procedimento (ABNT NBR 7212:2012). Obtenido de <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=91726>

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). Hormigón - Ensaio de compressão de corpos de prova cilínd (NBR 5739:2018). Obtenido de <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=398444>

ASTM (2013) (ASTM C1017 / C1017M- 13e1) Standard Specification for Chemical Additives for Use in the Production of Flowable Concrete. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C1017>

ASTM (C39/C39M - 2020). Standard Test Method for Determination of Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

ASTM C 31/C31M, (2012). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

ASTM C 330:2005. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

ASTM C 331:2005. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units

ASTM C 332:1999. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

ASTM C 637-98a:2003. Standard Specification for Aggregates for Radiation-Shielding Concrete

ASTM C-1231:2000. Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

ASTM C143/C143M, (2020). Método de ensayo para el asentamiento en el hormigón de cemento hidráulico.

ASTM C143–12, (2014). Método de ensayo para el asentamiento en el hormigón de cemento hidráulico.

ASTM C143-78:2011. *Slump* of Portland Cement Concrete. West Conshohocken: UNSPSC Code 30111500(Concrete and mortars).

ASTM C1611 / C1611M-18, (2018). Método de prueba estándar para el flujo de asentamiento de hormigón autoconsolidado, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org

ASTM C494/C494M-08a. (2008). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C494C494M-19>

ASTM C617:2003. Procedimiento para el coronamiento de especímenes cilíndricos de hormigón.

ASTM INTERNATIONAL, (2011). ASTM C143-78 Slump of Portland Cement Concrete. West Conshohocken: UNSPSC Code 30111500(Concrete and mortars).

ASTM. (2018). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading) (C78/C78M- 18). Obtenido de <https://www.astm.org>

ASTMC1611. (2018). Standart Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. USA.

Bahrami, N., Zohrabi, M., Mahmoudy, S. A., & Akbari, M. (Setiembre de 2020).

Ban, C. K. (2020). The influence of type and combination of polycarboxylate ether superplasticizer on the mechanical properties and microstructure of slag-silica

Based high strength concrete. *Materiales de construcción y construcción*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.026>

Based high strength concrete. *Materiales de construcción y construcción*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.026>

Bastos, G., Patiño-Barbeito, F., Patiño-Cambeiro, F., & Armesto, J. (2016). Admixtures in Cement-Matrix Composites for Mechanical Reinforcement, Sustainability, and Smart Features. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ma9120972>

Basu, P., Gupta, R. C., & Agrawal, V. (2020). Effects of sandstone slurry, the dosage of superplasticizer and water/binder ratio on the fresh properties and compressive strength of self-compacting concrete. *Materialstoday: Proceedings*, 21(2), 1250- 1254. doi: [10.1016/j.matpr.2020.01.113](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.113)

BBC. (2018, diciembre). La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías. Retrieved from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>

Bedon, J. E. (2017). Diseño óptimo para obtener Hormigón de alta resistencia para obras civiles en Zonas Alto Andinas del Perú. Obtenido de Universidad Nacional del Santa: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/195

Behera, M., Minocha, A. K., & Bhattacharyya, S. K. (20 de Diciembre de 2019). Flow behavior, microstructure, strength and shrinkage properties of self-compacting concrete

- incorporating recycled fine aggregate. *Construction and Building Materials*, 228. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116819
- Belous, N. K., Azharonok, V. V., Rodtsevich, S. P., Koshevar, V. D., Goncharik, S. V., Chubrik, N. I., . . . Rubannik, V. V. (mayo de 2012). Influence of magnetic and acoustic treatment of superplasticizer solutions on the properties of portland cement concretes. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 85(3), 493-500. doi:10.1007/s10891-012-0678-x
- Ben Aicha, M. (2020). The superplasticizer effect on the rheological and mechanical properties of self-compacting concrete. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818961-0.00008-9>
- Benaicha, M., Hafidi-Alaoui, A., Jalbaud, O., & Burtschell, Y. (Abril de 2019). Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(2), 2063-2069. doi: 10.1016/j.jmrt.2019.01.015
- Bensaci, H., Menadi, B., & Kenai, S. (febrero de 2019). Comparison of some Fresh and Hardened Properties of Self-Consolidating Concrete Composites Containing Rubber and Steel Fibers Recovered from Waste Tires. *Nano Hybrids and Composites*, 24, 8-13. doi: 10.4028/www.scientific.net/NHC.24.8
- Bernal Díaz, D. (2017). Optimización de la Resistencia a Compresión del Hormigón, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplasticantes. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1233>
- Bernal, J. y. (2015). Effects of nano-sio₂ particles on the mechanical and microstructural properties of ultra-high performance cementitious composites.
- Borralleras, P. (2012). Criterios de selección del aditivo superplastificante en HAC. 3° Congreso Iberoamericano sobre hormigón autocompactante, 55-66.

- Borralleras, P., Jurado, J. J., Parra, S., & Caballero, J. (2018). Aditivos superplastificante de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón. doi:<http://dx.doi.org/10.4995/HAC2018.2018.5633>
- Brace, H., & Garcia-Taengua, E. (2019). Superplasticizer-Nanosilica Compatibility: Assessment and Optimization. *ACI Materials Journal*, 116(2), 95-103. doi:10.14359/51714454
- BS 812: Part 1:1975. Norma Británica. Testing aggregates. Methods for determination of particle size and shape
- Bundyra-Oracz, G., & Kurdowski, W. (2011). Influencia de la naturaleza del cemento en la compatibilidad con aditivos superplastificante basados en carboxilatos. *Materiales de Construcción*, 61(302), 227-237. doi: <https://doi.org/10.3989/mc.2011.54309>
- Bunge, L. (1985). *Sistemas Sociales y Filosofía*. 4ta edición. Edit Sudamericana.
- Bunge, M. (1983 d) *La investigación científica*, ed. rev. Barcelona: Ariel.
- Burhan Abdalla, L., Ghafor, K., & Mohammed, A. (2019). Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100004>
- Cabrera Huamaní, L. G. (2017). Evaluación del comportamiento del hormigón, elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS, modificados con aditivos naftalenos y policarboxilatos [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19938/Cabrera_HL_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Çakır, Ö., & Sofyanlı, Ö. (2014). Influence of silica fume on mechanical and physical properties of recycled aggregate concrete. *Housing and Building National Research Center Journal*, 11, 157-166. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.06.002>

- Camiletti, J. S. (2013). Effects of nano- and micro-limestone addition on early-age properties of ultra-high-performance concrete.
- Campos, H. K. (2020). Ow-cement high-strength concrete with partial replacement of portland cement with stone powder and silica fume designed by particle packing optimization.
- Campos, T., & Geyer, A. (2019). Effects of using chemical admixture with nanosilica in the consistency and mechanical strength of concrete. *Structures and Materials Journal*. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952019000200009>
- Caparó, A. (2017). Diseño de mezclas de hormigón de alta resistencia para elementos prefabricados y/o pretensados utilizando adiciones minerales y aditivos en edades tempranas mediante curado a vapor y curado adiabático en la ciudad de Arequipa. Obtenido de Universidad Católica de Santa María: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6854>
- Carballosa, P., García, C. J., Revuelta, D., Sánchez, J. J., & Gutiérrez, J. P. (15 de Setiembre de 2015). Influence of cement and expansive additive types in the performance of self-stressing and self-compacting concretes for structural elements. *Construction and Building Materials*, 93, 223-229. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.113
- Castiglia, V. (1984). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Ed Pediátricas Argentinas.
- Castro Garrido, M. C. (2020). Influencia del material formaleta, naturaleza del agente desmoldante, tipo de aditivo superplastificante y condiciones de curado, sobre el acabado superficial de hormigóns autocompactables [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/47345/Trabajo%20de%20grado%20Maestr%c3%ada%20ING%20Civil%20>

%20Mar%20c3%20ada%20Camila%20Castro%20Enero%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Chavarry Vallejos, C. M., Chavarría Reyes, L. J., Valencia Gutiérrez, A. A., Pereyra Salardi, E., Arieta Padilla, J. P., & Rengifo Salazar, C. A. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 4(31), 31-41. doi:10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41
- Cheah, C., Chow, W., Oo, C., & Leow, K. (2020). The influence of type and combination of polycarboxylate ether superplasticizer on the mechanical properties and microstructure of slag-silica fume ternary blended self-consolidating concrete. *Journal of Building Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101412>
- Chen, J., Ng, P., Chu, S., Guan, G., & Kwan, A. (2020). Ternary blending with metakaolin and silica fume to improve packing density and performance of binder paste. *Construction and Building Material*, 250, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119031>
- Chen, P. Z. (2019). Creep model of high-strength concrete containing supplementary cementitious materials.
- Chen, S., Sun, S., Chen, X., Zhong, K., Shao, Q., Xu, H., & Wei, J. (2020). Effects of core-shell polycarboxylate superplasticizer on the fluidity and hydration behavior of cement paste. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124464>
- China Building Materials Industry Association. (2005). Test method for fluidity of cement mortar GB/T 2419-2005 (GB/T2419-2005). Obtenido de <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT2419-2005>

- China Building Materials Industry Association. (2017). Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete (GB/T 50080-2016). Obtenido de <https://www.codeofchina.com/standard/GBT50080-2016.html>
- Choudhary, R., Gupta, R. & Nagar, R. (2020). Impact on fresh, mechanical, and microstructural properties of high strength self-compacting concrete by marble cutting slurry waste, fly ash, And silica fume. *Materiales de construcción y construcción*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117888>
- Chután Muñoz, R. A. (2004). Hormigón autocompactado experimentación en Guatemala [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2498_C.pdf
- Coapaza Aguilar, H., & Cahui Hilazaca, R. A. (2018). Influencia del aditivo superplastificante en las propiedades del hormigón F'C=210 kg/cm² como alternativa de mejora en los vaciados de techos de vivienda autoconstruidos en Puno. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7352>
- Coapaza Aguilar, H., & Cahui Hilazaca, R. A. (2018). Influencia del aditivo Influencia del material formaleta, naturaleza del agente desmoldante, tipo de aditivo superplastificante y condiciones de curado, sobre el acabado superficial de hormigóns autocompactables en las propiedades del hormigón F'C=210 kg/cm² como alternativa de mejora en los vaciados de techos de vivienda autoconstruidos en Puno. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7352>
- Comisión Guatemalteca de Normas. (2015). Norma Técnica Guatemalteca NTG 41017 h30. Retrieved from https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/2_hormigón/norma_ntg_41017_h30_ast_m_c1621.pdf

Comité ACI 318. (2015). Requisitos de Reglamento para Hormigón Estructural (ACI 318SUS-14). Michigan: American Concrete Institute.

Concrete (2018). Materiales de construcción y construcción. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.173>

CONCRETE CONTAINING SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIALS.

hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de los tramos.

Constantinescu, H., Gherman, O., Negrutiu, C., & Ioan, S. (2016). Mechanical Properties of Hardened High Strength Concrete. Procedia Technology. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.01.047>

Coppola, L., Lorenzi, S., Kara, P., & Garlati, S. (2017). Performance and Compatibility of Phosphonate-Based Superplasticizers for Concrete. Buildings, 7(3), 62. doi:10.3390/buildings7030062

Corbetta, P. (2007). Metodología y técnicas de investigación. Editorial Mc Graw Hill, (2da Edición).

Corinaldesi, V. &. (2009). Influence of mineral additions on the performance of 100%

Cotrina, N. E. (2018). Comportamiento mecánico del hormigón de alta resistencia de $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante Sikamente®-290N y adición mineral Sika®Fume. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca:
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1979>

Cruz, S. (2017). Hormigón de alto desempeño con reemplazo parcial del cemento por microsílíce utilizando aditivo superplastificante en la región de Puno. Obtenido de Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez:
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1468>

Danish, P., & Ganesh, M. G. (2020). Behaviour of self-compacting concrete using different mineral powders additions.

- De Schutter, G., Bartos, P. J., Domone, P., & Gibbs, J. (2008). *Self-compacting Concrete*. (W. Publishing, Ed.) Escocia. Obtenido de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliourp-ebooks/detail.action?docID=3417290>.
- Dembovska, L., Bajare, D., Pundiene, I. & Vitola, L. (2017). Effect of pozzolanic additives on the strength development of High performance concrete. *Modern building materials, structures and techniques*. Doi:doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.050
- Djono, L., & Karolina, R. (2019). The Effect of Admixture Type F and Silica Fume on High Early Strength Self Compacting Concrete. *Annual Conference of Engineering and Implementation on Vocational Education (ACEIVE 2018)*. doi: <http://dx.doi.org/10.4108/eai.3-11-2018.2285632>
- Du, H. &. (2020). High-performance concrete incorporating calcined kaolin clay and limestone as cement substitute.
- Dufka, Á., & Melichar, T. (junio de 2018). The Evaluation of the Effect of Crystallization Additives on Long Term Durability of Cement Composites. *Solid State Phenomena*, 276, 265-270. doi: 10.4028/www.scientific.net/SSP.276.265
- E.060 Hormigón Armado (2016). Lima: DIGIGRAF CORP. SA.
- EFNARC. (2002). *Especificaciones y directrices para el hormigón autocompactable*. Federacion Europea. (2011). EHE-08.
- Elahi, A. B. (2010). Mechanical and durability properties of high performance concretes containing supplementary cementitious materials.
- Elahi, A., Basheer, P., Nanukuttan, S., & Khan, Q. (2009). Propiedades mecánicas y de durabilidad de hormigones de alto rendimiento que contienen materiales cementantes suplementarios. doi:10.1016 / j. conbuildmat.2009.08.045
- Elyamany, H. E., Abd Elmoaty, A. E., & Mohamed, B. (Junio de 2014). Effect of filler types on physical, mechanical and microstructure of self compacting concrete and Flow-able

concrete. *Alexandria Engineering Journal*, 53(2), 295-307. doi: 10.1016/j.aej.2014.03.010

Erzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (30 de Marzo de 2018). The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates. *Construction and Building Materials*, 166, 96-109. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.088. Escuela Ingeniería en Construcción. (s.f.).
Obtenido de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/aditivos.pdf>

Erzengin, S., & Öcal, C. (2019). Influences of design parameters on the properties of selfcompacting concrete produced with structurally different polycarboxylates. Retrieved from 10.1002/suco.201900094. Escuela Ingeniería en Construcción. (s.f.).
Obtenido de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/aditivos.pdf>

Escuela Ingeniería en Construcción. (s.f.). Obtenido de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/aditivos.pdf>

Esmailkhanian, B., Diederich, P., Khayat, K. H., Yahia, A., & Wallevik, Ó. H. (febrero de 2017). Influence of particle lattice effect on stability of suspensions: application to self-consolidating concrete. *Materials and Structures*, 50(1), 1-15. doi:10.1617/s11527-016-0908-3

Estrada, CG; Páez, R. 2014. Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del hormigón. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 201 p.

Ezzat, M., Xu, X., El Cheikh , K., Lesage, K., Hoogenboom, R., & De Schutter , G. (2019). Structure-property relationships for polycarboxylate ether superplasticizers by means of RAFT polymerization. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.06.088>

- Fares, G. (2015). Effect of slump cone orientation on the slump flow time (T50) and stability of sustainable self-compacting concrete containing limestone filler. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.052>
- Feinstein, A. (1985). *Clinical Epidemiology: The Architecture of Clinical Research*. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Fernandez, C., & Ramos, H. (2019). Influencia de la microsílíce sobre la resistencia a la compresión de hormigóns con relaciones agua/cemento 0.3; 0.35 y 0.4 Trujillo, 2019. Obtenido de Universidad Privada del Norte: <http://hdl.handle.net/11537/23702>
- Fiol, F., Thomas, C., Muñoz, C., Ortega-López, V., & Manso, J. M. (10 de Setiembre de 2018). The influence of recycled aggregates from precast elements on the mechanical properties of structural self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 182, 309-323. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.06.132
- Flores, C., y Blas, A. (2014). Influencia de la adición de microsílíce y superplastificante en las propiedades de un hormigón de alta resistencia en la ciudad de Arequipa. Obtenido de Universidad Católica de Santa María: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4668>
- Fowler, D W.; Kukacka. I. E.; Paul, D. R.; Schrader, E. K.& Sndak, W. C. (1078). "Safety Aspects of Concrete. Polymer Materials". American Concrete Institute. Publication SP-58, 7 pp. 123-138, 1978.
- Fowler, D. W. (1982). "Applications of Concrete-Polymer Materials in Building and Construction". 3rd Int. Congress on Polymers in Concrete. 1982.
- Fume ternary blended self-consolidating (2020). *Revista de ingeniería de la construcción*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobc.2020.101412>
- Gálvez Moreno, D. (2015). Robustez de un hormigón autocompactable producido con materiales disponibles en la región de Monterrey, Nuevo León [Tesis de maestría,

- Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/9526/1/1080214930.pdf>
- Gálvez Moreno, D. (2015). Robustez de un hormigón autocompactable producido con materiales disponibles en la región de Monterrey, Nuevo León [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/9526/1/1080214930.pdf>
- Ganesh, P., Ramachandra Murthy, A., Sundar Kumar, S., Mohammed Saffiq Rehemam, M., & Iyer, N. (2016). No AccessEffect of nanosilica on durability and mechanical properties of high-strength concrete. *Magazine of Concrete Search*, 68(5), 229-236. doi: <https://doi.org/10.1680/jmacr.14.00338>
- Ganesh, P., Ramachandra Murthy, A., Sundar Kumar, S., Mohammed Saffiq Rehemam, M., & Iyer, N. (2016). No AccessEffect of nanosilica on durability and mechanical properties of high-strength concrete. *Magazine of Concrete Search*, 68(5), 229-236. doi: <https://doi.org/10.1680/jmacr.14.00338>
- Gao, G., Ren, J., Liu, Y., Guo, J., & Li, J. (2017). Interaction of polycarboxylate-based superplasticiser with clay in Portland cement systems. Retrieved from <https://doi.org/10.1680/jadcr.16.00180>
- Garay Pichardo, L. Y., & Quispe Cotrina, C. E. (2016). Estudio del hormigón elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (reductor de agua de alto rango). Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7625>
- García Rojas, J. E., & Guerrero Contreras, W. I. (2009, marzo). Analisis experimental del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango y retardante, para el control de la consistencia y resistencia del hormigón hidráulico utilizado en carreteras.

- Garcia, L. G. (2018). Hormigón de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsilice y aditivo con superplastificante en la ciudad de Huancayo. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4908>
- Gelardi, G., & Flatt, R. (2016). *Science and Technology of Concrete Admixtures*. Zurich, Suiza: Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00150-2>
- Gesoglu, M., Güneyisi, E., Sabah Asaad, D., & Muhyaddin, G. (2016). Properties of low binder ultra-high performance cementitious composites: Comparison of nanosilica and microsilica. *Construction and Building Materials*, 102, 706-713. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.11.020>
- Ghafari, E. C. (2014). Effect of silica fume and fly ash on hydration and microstructure evolution of cement based composites at low water–binder ratios.
- Ghafoori, N., Diawara, H., & Hasnat, A. (2018). Remediation of loss in flow properties of self-consolidating concrete under various combinations of transportation time and temperature. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.142>
- Ghazali, M., Ghazali, A., Ahmad, M, Yusof, M, Vikneswaran, M & Yahya, .M. (2017). Revisiting high strength concrete using common admixtures. *Journal Of fundamental and applied sciences*. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v9i3s.42>
- Ghoddousi, P., & Salehi, A. M. (2017). The Robustness of Self Consolidating Concrete Due to Changes in Mixing Water. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 61(2), 216-225. doi:10.3311/PPci.8478
- Ghorab, H., Kenawi, I., & Abdel All, Z. (2012). Interacción entre cementos de diferente composición y aditivos superplastificante. *Materiales de Construcción*, 359-380. doi: <https://doi.org/10.3989/mc.2012.63610>

- Gökhan Altun, M., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118427>
- Gołaszewski, J. (2012). Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance. *Construction and Building Materials*, 35, 586-596. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.070>
- Goldman, A. &. (1993). La influencia de los microrellenos en mejoramiento de la resistencia del hormigón. *Cem Concr*, 965-972.
- GPE. (2006). Grupo de proeycto Europeo Directrices Europeas Para El Hormigón. Especificaciones, producción y uso del cocnreto.
- Guba, E., & Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. In C. Derman, & J. Haro, Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social. La Sonora: El Colegio Sonora
- Gutierrez Barahona, L. E. (2018). Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los hormigóns de resistencias convencionales. Retrieved from <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2808>
- Habibi, A., & Ghomashi, J. (20 de abril de 2018). Development of an optimum mix design method for self-compacting concrete based on experimental results. *Construction and Building Materials*, 168, 113-123. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.113
- Hani, N., Nawawy, O., Ragab, K. S., & Kohail, M. (20 de marzo de 2018). The effect of different water/binder ratio and nano-silica dosage on the fresh and hardened properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 165, 504-513. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.045
- He, Y., Zhang, X., Liu, S., Hooton, R. D., Ji, T., & Kong, Y. (30 de setiembre de 2020).

- Hemavathi, S. S. (2019). An experimental investigation on properties of concrete by using
- Herendia, E. (2017). Diseño de hormigón de alta resistencia $f'c= 900 \text{ kg/cm}^2$, usando agregados del río Huallaga para la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín, región de San Martín. Obtenido de Universidad Nacional de San Martín: <http://hdl.handle.net/11458/2433>
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana Editores. DF., México.
- High performance concrete (2017). Modern building materials, structures and techniques. doi:doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.050
- High performance concrete (2019). Procedia Integridad estructura. doi: 10.1016/j.prostr.2019.08.002
- Hommer, H. (2009). Interaction of polycarboxylate ether with silica fume. Journal of the European Ceramic Society, 29, 1847-1853. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.12.017>
- Hong Kim, J., Ho Han, S., & Choi, B. (2020). Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103419>
- Hou, P., Shi, J., Prabakar, S., Cheng, X., Wang, K., Zhou, X., & Shah, S. (2020). Effects of mixing sequences of nanosilica on the hydration and hardening properties of cement-based materials. Construction and Building Materials, 263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120226>
- Huamaní Huaranca, I. (2018). Hormigón autocompactante: diseño, beneficios y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional. Obtenido de

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3259/TESIS%20CIV501_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huamaní Huaranca, I. (2018). Hormigón autocompactante: diseño, beneficios y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional. Obtenido de

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3259/TESIS%20CIV501_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huang, X., Li, X., Zhang, D., Xue, C., & Zhang, A. (2017). Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete. Retrieved from <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.898.2076>

Huang, Z., Yang, Y., Ran, Q., & Liu, J. (2018). Preparing hyperbranched polycarboxylate superplasticizers possessing excellent viscosity-reducing performance through in situ redox initialized polymerization method.

Huincho, E. (2011). Hormigón de alta resistencia usando aditivo superplastiificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I. Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/420>

Hyun Lee, J., Hong Kim, J., & Young Yoon, J. (2018). Prediction of the yield stress of concrete considering the thickness of excess paste layer. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.124>

IDC. (s.f.). Ingenieros de Caminos. Obtenido de <https://ingeniero-de-caminos.com/segregacion-del-hormigon/>

Impacts of sulphates on rheological property and hydration performance of cement paste in the function of polycarboxylate superplasticizer. *Construction and Building Materials*, 256. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119428

- Indian Standard. (1999). Specification for Concrete Admixtures (IS 9103). Obtenido de <https://law.resource.org/pub/in/bis/S03/is.9103.1999.pdf>
- Instituto del Hormigón (1997). Manual Tecnología y Propiedades, Asociación colombiana de productores de hormigón - ASOCRETO. D Sánchez. 2 ed. Sexta impresión, Colombia. 215 p
- Instituto Mexicano del Cemento y del Hormigón (2004). Conceptos básicos del hormigón. IMCYC.
- Instituto Nacional de Calidad. (2012). Hormigón (hormigón), Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo (NTP 339.078-2012). Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=24784>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2019). NTP 339.047:2014 (Revisión 2019). Hormigón (hormigón). Definición y terminología relativas al hormigón y agregados. Norma Técnica Peruana.
- Isaia, G. G. (2003). Physical and pozzolanic action of mineral additions on the mechanical strength of high-performance concrete. 2.
- Isfahani, F., Redaelli, E., Lollini, F., Li, W., & Bertolini, L. (2016). Effects of Nanosilica on Compressive Strength and Durability Properties of Concrete with Different Water to Binder Ratios. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 1- 16. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8453567>
- Jae , H., Seong, H., & Choi , B. (2020). Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103419>

- Janowska Renkas, E. (2015). The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.180>
- Jarauta, I. (2016). Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Obtenido de Jornada Técnica: “Tecnología Avanzada de Hormigón”: <http://www.coatz.org/wp-content/uploads/2016/12/1.-Aditivos-superfluidificantes-y-reductores-de-agua.pdf>
- Jarauta, I. (2016). Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza.
- Jayaseelan, R., Pandulu, G., & Ashwini, G. (2019). Neural networks for the prediction of fresh properties and compressive strength of flowable concrete. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 13(1), 183-197. doi:10.4090/juee.2019.v13n1.183197
- Jindal, A., Ransinchung, R. N., & Kumar, P. (junio de 2020). Behavioral study of self-compacting concrete with wollastonite microfiber as part replacement of sand for pavement quality concrete (PQC). *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(2), 170-181. doi: 10.1016/j.ijtst.2019.06.002
- Kang, X. R., & Fang, G. X. (junio de 2017). Experimental Study of Composite High Strength Self-Compacting Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 865, 289-294. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.865.289
- Kassimi, F., & Khayat, K. H. (mayo de 2019). Strategies to Mitigate Cracking of Self-Consolidating Concrete. *ACI Materials Journal*, 116(3), 73-83. doi:10.14359/51714463
- Khaloo, A., Asadollahi, S., & Dehestani, M. (2017). A New Mixture Design Method for Ultra-High-Strength Concrete. *ACI Materials Journal*, 114(2), 215-224. doi:10.14359/51689475

- Khaloo, A., Mobino, M., & Hosseini, P. (2016). Influence of different types of nano-SiO₂ particles on properties of high-performance concrete. *Construction and Building Materials*, 113, 188-201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.041>
- Khodabakhshian, A., Ghalehnovi, M., de Brito, J., & Shamsabadi, E. (2018). Durability performance of structural concrete containing silica fume and marble industry waste powder. *Journal of Cleaner Production*, 170, 42-60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.116>
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Hormigón*. Skokie, Illinois, Estados Unidos: Portland Cement Association.
- Kostrzanowska-Siedlarz, A., & Golaszewski, J. (2016). Rheological properties of High Performance Self-Compacting Concrete: Effects of composition and time. *Construction and Building Materials*, 115, 705-715. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.027>
- Kwon, S., & Wang, X. (2019). Optimization of the Mixture Design of Low-CO₂ High-Strength Concrete Containing Silica Fume. *Advances in Civil Engineering*. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2019/7168703>
- Kwon, Y. (2005). A study on the alkali-aggregate reaction in high-strength concrete with particular respect to the ground granulated blast-furnace slag effect.
- Laidani, Z. E.-A., Benaded, B., Abousnina, R., Gueddouda, M. K., & Kadri, E.-H. (10 de Enero de 2020). Experimental investigation on effects of calcined bentonite on fresh, strength and durability properties of sustainable self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 230. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2019.117062](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117062)
- Lange, A., Hirata, T., & Plank, J. (junio de 2014). Influence of the HLB value of polycarboxylate superplasticizers on the flow behavior of mortar and concrete. *Cement and Concrete Research*, 60, 45-50. doi: [10.1016/j.cemconres.2014.02.011](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.02.011)

- Lei, D., Guo, L., Sun, W., Liu, J., Shu, X., & Guo, X. (2016). A new dispersing method on silica fume and its influence on the performance of cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 115, 716-726. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.023>
- Lei, L., & Chan, H.-K. (2020). Investigation into the molecular design and plasticizing effectiveness of HPEG-based polycarboxylate superplasticizers in alkali- activated slag. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106150>
- Leon Parra, L. & Eguez Alava, H. (2009). Diseño de mezclas para hormigón autocompactante. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/2070>
- Ley-Hernandez, A. M., Feys, D., & Hartell, J. A. (2019). Effect of dynamic segregation of self-consolidating concrete on homogeneity of long pre-cast beams. *Materials and Structures*, 52(1), 1-22. doi:10.1617/s11527-018-1303-z
- Li, L., Zheng, J., Zhu, J., & Kwan, A. (2018). Combined usage of micro-silica and nano-silica in concrete: SP demand, cementing efficiencies and synergistic effect. *Construction and Building Materials*, 168, 622-632. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.181>
- Li, P., Yu, Q., & Brouwers, H. (2017). Effect of PCE-type superplasticizer on early-age behaviour of ultra-high-performance concrete (UHPC). *Construction and Building Materials*, 153, 740-750. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.145>
- Li, W. H. (2015). Effects of nano-silica and nano-limestone on flowability and mechanical properties of ultra-high-performance concrete matrix.
- Liebscher, M., Trong Dinh, T., Schröfl, C., & Mechtcherine, V. (2020). Dispersion of different carbon-based nanofillers in aqueous suspension by polycarboxylate comb-type copolymers and their influence on the early age properties of cementitious matrices. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118039>

- Lin, X., Liao, B., Zhang, J., Li, S., Huang, J., & Pang, H. (2019). Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.185>
- Liu, H., Luo, G., Wang, L., Wang, W., Li, W., & Yafeng, G. (2019). Laboratory Evaluation of Eco-Friendly Pervious Concrete Pavement Material Containing Silica Fume. *Applied Sciences*, 9(1). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/app9010073>
- Liu, J., Wang, K., Zhang, Q., Han, F., Sha, J., & Liu, J. (2017). Influence of superplasticizer dosage on the viscosity of cement paste with low water-binder ratio. *Construction and Building Materials*, 149, 359-366. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.145>
- Liu, Z., El-tawil, S., Hansen, W., & Wang, F. (2018). Effect of slag cement on the properties of ultra-high-performance Concrete. *Materiales de construcción y construcción*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.173>
- López, M., & Castro, J. (s.f.). Efecto de las puzolanas naturales en la porosidad y conectividad de poros del hormigón con el tiempo.
- Ma, Y., Shi, C., Lei, L., Sha, S., Zhou, B., Liu, Y., & Xiao, Y. (2020). Research progress on polycarboxylate based superplasticizers with tolerance to clays - A review. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119386>
- Ma, B., Huahui, Q., Tan, H., Su, Y., Li, X., Liu, X., . . . Zhang, T. (2020). Effect of aliphatic-based superplasticizer on rheological performance of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117181>
- Ma, K., Feng, J., Long, G., Xie, Y., & Chen, X. (15 de Julio de 2017). Improved mix design method of self-compacting concrete based on coarse aggregate average diameter and

- slump Flow. *Construction and Building Materials*, 143, 566-573. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.142
- Macijauskas, M., & Skripkiūnas, G. (2017). The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste. Retrieved from doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.904.167
- Maestro (2018). El alto riesgo de las viviendas informales. Retrieved from <https://www.construyebien.com/blog/construccion-viviendas-informales/>
- Makar, J. B. (2012). Effect of n-caco3 and metakaolin on hydrated portland cement.
- Mansor, A., Hamed, A., & Borg, R. (2016). Effect of Silica Fume on High Performance Concrete Strength. Obtenido de ResearchGate GmbH: <https://www.researchgate.net/publication/299436712>
- Mansour, S., Abadlia, M., & Bekkour, K. (2010). Improvement of Rheological behaviour of Cement Pastes by Incorporating Metakaolin. *European Journal of Scientific Research*, 6.
- Massana, J., Reyes, E., Bernal, J., León, N., & Sanchez-Espinoza, E. (2018). Influence of nano- and micro-silica additions on the durability of a high-performance self- compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 165, 93–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.100>
- Materiales de construcción y construcción (2019). doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.183>
- Materials Research*, 1129, 523-529. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1129.523
- Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.659>
- Matsuzawa, K., Shimazaki, D., Kawakami, H., & Sakai, E. (2019). Effect of non-adsorbed superplasticizer molecules on fluidity of cement paste at low water-powder ratio.

Cement and Concrete Composites, 97, 218-225.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.12.025>

Mego Zapata, J. C., & Meza Caballero, K. E. (2018). Influencia de la ceniza de caña, aditivo superplastificante y tiempo de curado sobre la compresión, rigidez, capacidad de llenado - paso y fluidez de un hormigón autocompactante [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional. Obtenido de Influencia de la ceniza de caña, aditivo superplastificante y tiempo de curado sobre la compresión, rigidez, capacidad de llenado - paso y fluidez de un hormigón autocompactante: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11113>

Méndez, Á. (2001). Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Colombia: Editorial Mc Graw Hill, (3da Edición).

Mendez, T. &. (2017). Effects of nano-silica on mechanical performance and microstructure of ultra-high-performance concrete.

Menga, W., Kumar, A., & Henri Khayat, K. (2019). Effect of silica fume and slump- retaining polycarboxylate-based dispersant on the development of properties of portland cementpaste. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.03.021>. Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency. (n.d.).

Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency. (n.d.).

Miñano, B. I., Benito, S. F., Parra, C. C., & Valcuende, P. M. (Marzo de 2020). Quality of the surface finish of self-compacting concrete. *Journal of Building Engineering*, 28. doi: 10.1016/j.jobe.2019.101068

Mohamed, A. (2014). Influence of nano materials on flexural behavior and compressive strength of concrete.

- Mohammed, S. I., & Najim, K. B. (febrero de 2020). Mechanical strength, flexural behavior and fracture energy of Recycled Concrete Aggregate self-compacting concrete. *Structures*, 23, 34-43. doi: 10.1016/j.istruc.2019.09.010
- Molina Segura, C. J., & Saldaña Pacheco, S. O. (2014). Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del hormigón autocompactante en estado fresco y endurecido [Tesis de grado, Universidad Rivada Antenor Orrego]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/633/1/Molina_Carlos_In_Fluencia_Hiperplastificante_Plastol.Pdf
- Mosaberpanah, M. &. (2019). Utilizing rice husk ash as supplement to cementitious materials on performance of ultra high performance concrete – a review.
- Motahari, S., Ramezaniapour, A., Ebadi, T., Isapour, S., & Karakouzian, M. (2017). A new approach for application of silica fume in concrete: Wet granulation. *Construction and Building Materials*, 157, 573-581. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.132>
- MTC. (2016). Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf
- Mustapha, F. S. (2019). Influence of nano-silica agglomeration on microstructure and properties of the hardened cement-based materials.
- Nayak, N., & Jain, A. (2012). *Handbook on Advanced Concrete Technology*. Alpha Science International. Obtenido de <https://search.proquest.com/legacydocview/EBC/5334822?accountid=45097>
- Nesvetaev, G. V., Koryanova, Y. I., & Kolleganov, A. V. (octubre de 2018). E- Modulus and Creep Coefficient of Self-Compacting Concretes and Concretes with some Mineral

Additives. *Solid State Phenomena*, 284, 963-969. doi:
10.4028/www.scientific.net/SSP.284.963

Niewiadomski, P., Ćwirzeń, A., & Hoła, J. (2015). The Influence of an Additive in the form of Select Nanoparticles on the Physical and Mechanical Characteristics of Self-Compacting Concrete. *Procedia Engineering*, 111, 601-606. doi:
10.1016/j.proeng.2015.07.052

Niewiadomski, P., Hoła, J., & Ćwirzeń, A. (Julio de 2018). Study on properties of self-compacting concrete modified with nanoparticles. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(3), 877-886. doi: 10.1016/j.acme.2018.01.006

Niewiadomski, P., Stefaniuk, D., & Hoła, J. (2017). Microstructural Analysis of Self-compacting Concrete Modified with the Addition of Nanoparticles. *Procedia Engineering*, 172, 776-783. doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.122

Nili, M., & Ehsani, A. (2015). Investigating the effect of the cement paste and transition zone on strength development of concrete containing nanosilica and silica fume. *Materials and Design*, 75, 174-183. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.03.024>

Nili, M., Razmara, M., Sadeghi, M., & Razmara, M. (abril de 2018). Automatic image analysis process to appraise segregation resistance of self-consolidating concrete. *Magazine of Concrete Research*, 70(8), 390-399. doi: 10.1680/jmacr.16.00
Okamura Hajime, & Masahiro Ouchi. (2003). *Self-Compacting Concrete*.

Nistal Cordero, Á. F., Retana Maqueda, M. J., & Ruiz Abrio, T. (2012). El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores identificativos de su resistencia. Retrieved from https://revistas.uax.es/index.php/tec_des/article/view/577

Norma E.060 (2009). *Hormigón armado, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Primera Edición: Julio 2009. Biblioteca Nacional del Perú No 2009-07742.

NORMA GE.030. (2006, junio 8). *Calidad de la construcción*. Perú: El Peruano.

Norte]. Repositorio institucional. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13200/Quiliche%20Neira>

NTP 334.006:2013. Cementos. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 334.006:2003.

NTP 334.042:2013. Cementos. Métodos de ensayos para la determinación de resistencias mecánicas. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 334.042:2002 NTP 339.241:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la fabricación de especímenes de ensayo con hormigón autocompactantes. 1ª Edición.

NTP 334.051:2013. Cementos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. 5ª Edición Reemplaza a la NTP 334.051:2006.

NTP 334.074:2013. Cementos. Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 334.074:2004.

NTP 334.075:2013. Cementos. Cemento Portland. Método de ensayo normalizado para optimizar el SO₃ usando resistencia a compresión a las 24 horas. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 334.075:2004

NTP 334.097:2006. Cementos. Arena normalizada

NTP 334.117:2013. Cementos. Método de ensayo para determinar la eficiencia de adiciones minerales o escoria granulada de alto horno en la prevención de la expansión anormal del hormigón (hormigón) debido a la reacción álcali- sílice. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 334.117:2002.

NTP 334.119:2013. Cementos. Método de ensayo para la determinación de la finura del cemento Portland y crudos por los tamices 300 µm (Nº 50), 150 µm (Nº 100), y 75 µm (Nº 200) por método húmedo. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 334.119:2002.

NTP 339.033: 2009. Hormigón (hormigón). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón en campo.

NTP 339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la.

NTP 339.034. 2008. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón, en muestras cilíndricas. Lima, INDECOPI. 79

NTP 339.034:2015. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón, en muestras cilíndricas. Lima, Perú: Indecopi. NTP

339.035. (2009). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón de cemento Portland. Lima, Perú: Indecopi.

NTP 339.035. 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón de cemento Portland. Lima, INDECOPI.

NTP 339.035:2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón de cemento Portland. Lima, Perú: INDECOPI.

NTP 339.047:2006. Hormigón (hormigón). Definiciones y terminología relativas al hormigón (hormigón) y agregados

NTP 339.078. (2012). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de los tramos.

NTP 339.078.(2017) hormigón. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyada con cargas a los tercios de los tramos.

NTP 339.084.(2017) HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón por compresión diametral de una probeta.

NTP 339.084:2012. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

NTP 339.114. 1999. Hormigón premezclado. Lima, INDECOPI

- NTP 339.183. 2009. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de hormigón en laboratorio. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.185. 2002. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.011:1976. Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigóns
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.013:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del Agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 400.013:2002
- NTP 400.015:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 400.015:2002
- NTP 400.017. 2011. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.017.(2016). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso unitario y los vacíos en los agregados).
- NTP 400.021. 2002. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.021:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 400.021:2002

- NTP 400.022:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 400.022:2002.
- NTP400.018:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para Determinar material es más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados. 3ª Edición Reemplaza a la NTP400.018:2002.
- Oertel, T. H. (2013). Primary particle size and agglomerate size effects of amorphous silica in ultra-high performance concrete.
- Ondova, M., & Sicakova, A. (2016). Evaluation of the Influence of Specific Surface Treatments of RBA on a Set of Properties of Concrete. *Materials*, 9(3), 156. doi:10.3390/ma9030156
- Ottazzi, G. (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Hormigón Armado. Tesis Mag. Ing. Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería. s.p
- Qualit, M., Irekti, A., & Melinge, Y. (2018). Saturation Point of Superplasticizers Determined by Rheological Tests for Self Compacting Concrete. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 62(2), 346-352. doi:10.3311/PPci.11247
- Owsiak, Z., & Grzmił, W. (Mayo de 2015). The evaluation of the influence of mineral additives on the durability of self-compacting concretes. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(4), 1002-1008. doi:10.1007/s12205-013-0336-7
- Özen, S., Gökhan Altun, M., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). Effect of the polycarboxylate based water reducing admixture structure on self-compacting concrete properties: Main chain length. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119360>
- Ozyildirim, M. (2002). Cartilla del hormigón. Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial. 1052

- Pannem, R., & Kumar, P. P. (2019). Comparative Study of Self-Compacting Concrete Containing Lightweight and Normal Aggregates. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 27(2), 1-8. doi:10.2478/sjce-2019-0009
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Hormigón*. Lima, Perú: Los Alamos de Monterrico. resistencia a la compresión del hormigón, en muestras cilíndricas. Lima, Perú: Indecopi.
- Pavan, G. &. (2020). Impact on cementitious materials on high strength concrete a review.
- Pedro, D., De Brito, J., & Evangelista, L. (2017). Mechanical characterization of high performance concrete prepared with recycled aggregates and silica fume from precast industry. *Journal of Cleaner Production*, 164, 939-949. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.249>
- Peng, J., Deng, D., Huang, H., Yuan, Q., & Peng, J. (2015). Influence of superplasticizer on the rheology of fresh cement asphalt paste. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.05.002>
- Perumal, D., Senthilkumar, S., & Sekar, K. (2018). Experimental Investigations on Strength Characteristics of High Performance Concrete Using Silica Fume and Superplasticizer. *International Open Access Journal*. Obtenido de https://www.academia.edu/37818819/Experimental_Investigations_on_Strength_Characteristics_of_High_Performance_Concrete_Using_Silica_Fume_and_Superplasticizer
- Plank, J., Saki, E., Miao, C., Yu, C., & Hong, J. (2015). Chemical admixtures — Chemistry, applications and their impact on concrete microstructure and durability. *Cement and Concrete Research*, 78, 81-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.05.016>
- Plank, J., Schroefl, C., Gruber, M., Lesti, M., & Sieber, R. (2009). Effectiveness of Polycarboxylate Superplasticizers in Ultra-High Strength Concrete: The Importance of

- PCE Compatibility with Silica Fume. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 7, 5-12. doi: <https://doi.org/10.3151/jact.7.5>
- Priya, H. (2015). *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 598- 604. Obtenido de <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/docview/1712466237?accountid=45097>
- Puertas Maroto, F., & Palacios Arévalo, M. (2011). Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos basados en policarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos.
- Puertas Maroto, F., & Palacios Arévalo, M. (2011). Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos basados en policarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos.
- Puertas, F. (2005). Polycarboxylate superplasticiser admixtures: Effect on hydration, microstructure and rheological behaviour in cement pastes. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/250071755>
- Qian, S., Yao, Y., Wang, Z., Cui, S., Liu, X., Jiang, H., . . . Guan, J. (30 de Abril de 2018). Synthesis, characterization and working mechanism of a novel polycarboxylate superplasticizer for concrete possessing reduced viscosity. *Construction and Building Materials*, 169, 452-461. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.212
- Quiliche Neira, J. S. (2018). Influencia del polvo de mármol y superplastificante sobre la compresión, porosidad, capacidad al paso y relleno de un hormigón autocompactante, Trujillo 2018.
- Recycled aggregate concrete (2009). *Construction and Building Materials*. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.02.004

- Reem, S., & Abdulhameed, H. (2019). Investigation on Performance of Concrete Incorporating Silica Fume and Local UAE Materials. *Key Engineering Materials*, 803, 222-227. doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.803.222>
- Ren, C., Hou, L., Li, J., Lu, Z., & Niu, Y. (2020). Preparation and properties of nanosilica-doped polycarboxylate superplasticizer. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119037>
- Riquett Ramón, A. A. (2018). Hormigóns de alto desempeño: métodos de diseño y su implementacion [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Sinaloa].
- Riquett Ramón, A. A. (2018). Hormigóns de alto desempeño: métodos de diseño y su implementacion [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Sinaloa]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/293/15.%20Gesti%C3%B3n%20estrategica.pdf?sequence=1>
- Rivera Villareal, R & Rivera Torres, J.M. (2005), Hormigón de Alta Resistencia, muy Económico, Durable y Sustentable. Artículo científico. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. México.
- Rivera Villareal, R & Rivera Torres, J.M. (2005), Hormigón de Alta Resistencia, muy Económico, Durable y Sustentable. Artículo científico. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. México.
- Rivva Lopez Enrique. (2000). Naturaleza y Materiales del Hormigón. Capitulo peruano ACI.
- Rivva Lopez Enrique. (2014). Materiales para el Hormigón. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva López, E. (2010). Diseño de mezclas (1ra ed.). Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia.

- Rivva López, E. (2010). *Materiales para el Hormigón* (2da ed.). Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia. aditivos basados en policarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos
- Rivva López, E. 2000. *Naturaleza y materiales del hormigón*. A Gómez. ACI Perú. Lima, Perú. 390 p
- Road, Y. &. (2012). Effects of nano-caco3 on the compressive strength and microstructure of high strength concrete in different curing temperature.
- Rodríguez Méndez, B. J. (2019). *Influencia de los aditivos superplastificante tipo F sobre sus propiedades físicas y mecánicas de un hormigón autocompactante* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23402/Rodr%C3%ADguez%20M%C3%A9ndez%20Brando%20Jeffrey.pdf?sequence=1>
- Rodríguez, A., Campos, P. L., Garabito, J., García, J., & Santamaría, I. (Noviembre de 2015). *Manufacture of High-Performance Concrete Made with Powdered Polyester Resin Waste and Carboxylic-Ester Based Superplasticizer*. *Advanced*
- Rogontino Bianco, F. (2018). *Diseño de mezclas de morteros cementicios de ultra altas prestaciones*. Retrieved from <http://oa.upm.es/53180/>
- Roziere, E., Turcry, P., Grondin, F. & Loukili, A. (2010). *Mix design of concrete with high content of mineral additions: Optimisation to improve early age strength*. *Cement & concrete composites*. Doi: doi: 10.1016/j.cemconcomp.2010.01.006
- Rubber and Steel Fibers Recovered from Waste Tires*. *Nano Hybrids and Composites*, 24, 8-13. doi: 10.4028/www.scientific.net/NHC.24.8
- Rzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (30 de Marzo de 2018). *The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based*

- polycarboxylates. *Construction and Building Materials*, 166, 96-109. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.088
- Saavedra, N., & Gabriel, J. (2013). Incidencia del factor de modificación de respuesta y densidad de muros en los costos de construcción de edificios de mediana altura. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620720/DRAFT_MADP_2016.pdf?sequence=14
- Sadromontazi, A., Tajasosi, S., & Tahmouresi, B. (2018). Effect of materials proportion on rheology and mechanical strength and microstructure of ultra-high performance concrete (UHPC). *Construction and Building Materials*, 187, 1103-1112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.070>
- Sainz-Aja, J. A., Carrascal, I. A., Polanco, J. A., Sosa, I., Thomas, C., Casado, J., & Diego, S. (2020). Determination of the Optimum Amount of Superplasticizer Additive for Self-Compacting Concrete. *Applied Sciences*, 10(9), 3096. doi:10.3390/app10093096
- Salehi, H. &. (2019). Opposite effects of ground granulated blast-furnace slag and silica fume on the fracture behavior of self-compacting lightweight concrete. *Materiales de construcción y construcción*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.183>
- Samchenko, S., Kozlova, I., Zemskova, O., Potaev, D., & Tsakhilova, D. (2019). Efficiency of stabilization of slag suspensions by polycarboxylate. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102039>
- Sanchez, E., Bernal, J., León, N., & Moragues, A. (2016). Propiedades reológicas y mecánicas de un hormigón autocompactante con adición de nano-sílice y micro- sílice. *Revista Alconpat*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427645284001>
- Saradar, A., Tahmouresi, B., Mohseni, E., & Shadmani, A. (2018). Restrained Shrinkage Cracking of Fiber-Reinforced High-Strength Concrete. *Fibers*, 6(1), 12. doi:10.3390/fib6010012

- Saridemir, M., Severcan, M., Çiflikli, M., & Acer, Ş. (2015). Evaluation of the relationships between the strength properties of hsc containing SF and GP at a low water-binder ratio. *Transactions of Civil Engineerin*, 39, 523-538. doi:10.22099/IJSTC.2015.3518
- Schmid, M., & Plank, J. (2020). Dispersing performance of different kinds of polycarboxylate (PCE) superplasticizers in cement blended with a calcined clay. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119576>
- Schröfl, C., Gruber, M., & Plank, J. (2012). Preferential adsorption of polycarboxylate superplasticizers on cement and silica fume in ultra-high-performance concrete (UHPC). *Cement and Concrete Research*, 42, 1401-1408. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.08.013>
- Segura Franco Jorge, I. (2011). *Estructura de Hormigón I (Vol. 7)*. Colombia: Ayala Avila & Cia Ltda.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2009). *NORMA E.060 Hormigón Armado*. Lima: DIGIGRAF CORP. SA.
- Sha, S., Wang, M., Shi, C., & Xiao, Y. (2020). Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials-A review. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117257>
- Shah, A., Khan, S., Khan, R., & Jan, I. (2013). Effect of high range water reducers (HRWR) on the properties and strength development characteristics of fresh and hardened concrete. *Transactions of Civil Engineering*, 37, 513-517. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/260292371>
- Shah, A., Khan, S., Khan, R., & Jan, I. (2013). Effect of high range water reducers (HRWR) on the properties and strength development characteristics of fresh and hardened concrete. *Transactions of Civil Engineering*, 37, 513-517. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/260292371>

- Shaikh, F., & Supit, S. (2016). Effects of Superplasticizer Types and Mixing Methods of Nanoparticles on Compressive Strengths of Cement Pastes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(2). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001373](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001373)
- Shina, H. Y. (2008). OPTIMIZED MIX DESIGN FOR 180 MPA ULTRA-HIGH-STRENGTH CONCRETE. *Journal of materials research and technology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.07.027>
- Sika. (2013). Aditivos para Hormigón una visión actual. Sika Informaciones Técnicas
- Silica fume and glass fibre as admixture (2019). *Materiales de hoy: Actas*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.558>
- Smarzewski, P. (2019). Influence of silica fume on mechanical and fracture properties of high performance concrete. *Procedia Structural Integrity*, 5-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.002>
- Soberón López Iván, F. (2015). Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15910/1/Tesis%20938%20->
- Soberón López Iván, F. (2015). Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15910/1/Tesis%20938%20%20Sober%C3%B3n%20L%C3%B3pez%20Iv%C3%A1n%20Fernando.pdf>
- Soliman, N., & Tagnit-Hamou, A. (2017). Using Particle Packing and Statistical Approach to Optimize Eco-Efficient Ultra-High-Performance Concrete. 847-858. doi: <http://dx.doi.org/10.14359/51701001>
- Solovyov, D., & Stepanova, I. (Febrero de 2019). *Concretes with %2c%20Jharol%20Sthiward.pdf?sequence=1&isAllowed=y* Rabanal Gonzales, D. C., & Su Chaquí, A. R. (2017). Diseño de un hormigón
- Strength of high-performance concrete. *Cement & Concrete Composites*, 69-76.

STRENGTH OF HIGH-PERFORMANCE CONCRETE. *Cement & Concrete Composites*, 69-76.

Strzalkowski, J., & Garbalinska, H. (2019). The Influence of Silica Fume on the Mechanical and Thermal Parameters of Portland Cement Concretes. *Journal of Ecological Engineering*. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/112503>

Sudarsana Rao, H., Sashidhar, C., Vaishali, G. G., & Venkata Reddy, T. C. (2014). Mix Design of High-Performance Concrete Using Silica Fume and Superplasticizer. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3, 10735-10742. Obtenido

de https://www.academia.edu/23956090/Mix_Design_of_High_Performance_Concrete_Using_Silica_Fume_and_Superplasticizer

Suleyman, H., Hatungimana, D. & Ramyar, K. (2019). Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam Concrete. *Materiales de construcción y construcción*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.036>

Supo, J. (7 de enero de 2013). SlideShare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/josesupo/niveles-de-investigacion-15895478>.

Surya Tejaswini, G. L., & Venkateswara Rao, A. (16 de Julio de 2020). A detailed report on various behavioral aspects of self-compacting concrete. *materials today: Proceedings*. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.273

Tai, Y., El-Tawil, S., Meng, B., & Hansen, W. (2020). Parameters Influencing Fluidity of UHPC and Their Effect on Mechanical and Durability Properties. *American Society of Civil Engineers*, 32(10). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003392](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003392)

Tan, H., Li, X., Huang, J., Ma, B., Qi, C., & Chaoliang, L. (2015). Effect of competitive adsorption between polycarboxylate superplasticiser and sodium tripolyphosphate on cement paste fluidity. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1680/adcr.15.00009>

- Tan, H., Zhang, X., Guo, Y., Ma, B., Jian, S., He, X., . . . Liu, X. (2018). Improvement in fluidity loss of magnesia phosphate cement by incorporating polycarboxylate superplasticizer. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.214>
- Tang, X., Zhao, C., Yang, Y., Dong, F., & Lu, X. (2020). Amphoteric polycarboxylate superplasticizers with enhanced clay tolerance: Preparation, performance and mechanism. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119052>
- Tareq Noaman, A., S. Abed, M., & Abdul Hamead, A. A. (2020). Production of polycarboxylate-ether superplasticizer (PCE) coated sand with modified hardened properties in cement mortar. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118442>
- Tebbal, N., Rahmouni, Z., & Mazza, M. (2017). Combined effect of silica fume and additive on the behavior of high-performance concretes subjected to high temperatures. *Mining Science*, 24, 129–145. doi: <http://dx.doi.org/10.5277/msc172408>
- Tello, A. (2008). Uso del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 y la fibra polipropileno Fibermesh 300 en edificios con muros de ductibilidad limitada aplicada al conjunto habitacional Lomas Caminos del Inca. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/96>
- Tian, H., Kong, X., Cui, Y., Wang, Q., & Wang, D. (2019). Effects of polycarboxylate superplasticizers on fluidity and early hydration in sulfoaluminate cement system. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116711>
- Torres, A., Aguayo, F., Allena, S., & Ellis, M. (2019). The Effect of Various Superplasticizers on Ultra High Strength Concrete. *Proceedings of the International Conference of Sustainable Production and Use of Cement and Concrete*, 22, 167- 173. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22034-1_19

- Toutanji, H., Goff, C., Pierce, K., & Fares, H. (Setiembre de 2015). Using aggregate flowability testing to predict lightweight self-consolidating concrete plastic properties. *Cement and Concrete Composites*, 62, 59-66. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2015.05.003
- Tregger, N., Gregori, A., Ferrara, L., & Shah, S. (2012). Correlating dynamic segregation of self-consolidating concrete to the slump-flow test. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.052>
- Türk Standardi. (2002). Testing fresh concrete- Part 2: Slump test (TS EN 12350-2). Obtenido de <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073088090081066049071049107049080071>
- Türk Standardi. (2010). Testing hardened concrete – Part 5: Flexural strength of test specimens (EN 12390-5). Obtenido de <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?053107106111065067115113049116090107100056052055108081090071086075069085047110067109075>
- Umacon. (29 de abril de 2016). Umacon. Obtenido de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-hormigon- autocompactante/416>
- Una Norma Española. (2018). Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias (UNE – EN 196 – 1). Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060675>
- UNICON. (2019). Hormigón premezclado con mayor fluidez que brinda mayor trabajabilidad y velocidad de colocación. Cumple con requisitos del reglamento nacional de edificaciones y el código ACI 318-19.
- Unique Properties for Special Building Structures. *Materials Science Forum*, 945, 64-69. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.64

- Uysal, M., & Tanyildizi, H. (noviembre de 2011). Predicting the core compressive strength of self-compacting concrete (SCC) mixtures with mineral additives using artificial neural network. *Construction and Building Materials*, 25(11), 4105-4111. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.11.108
- Valverde, C., Serrano, Y., & Domínguez, J. (2016, marzo 10). Nuevas tecnologías en el mundo de los aditivos superplastificantes para hormigón. Retrieved from PROFESIONALES HOY: <https://profesionaleshoy.es/arquitectura/2016/03/10/nuevas-tecnologias-en-el-mundo-de-los-aditivos-aditivo-superplastificante-para-hormigon/10752>
- Vidya, B., Blessy Zion, G., & Rao, K. (2017). A Study on Development of High Strength Concrete (95 MPa). *IUP Journal of Structural Engineering*, 10(3), 7-19. Obtenido de <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/docview/1927092906?accountid=45097>
- Vijaya, M. R. (2012). High strength concrete using mineral and chemical admixtures. Vivek, d. E. (2020). Effect of nano-silica in high performance concrete.
- Villanueva, F. (2015). Obtención de un hormigón de alta resistencia para un $f_c=800\text{kg/cm}^2$ usando agregados de La Cantera El Chiche - Cajamarca, aditivos y adición mineral. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/640>
- Vinayagam, P. (2012). Experimental investigation on high performance concrete using silica fume and superplasticizer. *International Journal of Computer and Communication Engineering*, 1(2), 168-171. doi:10.7763/IJCCE. 2012.V1.44
- Vivek, S. S., & Dhinakaran, G. (junio de 2017). Fresh and hardened properties of binary blend high strength self compacting concrete. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(3), 1173-1179. doi: 10.1016/j.jestch.2017.05.003

- Wang, D. S. (2016). Effects of nanomaterials on hardening of cement–silica fume–fly ash-based ultra-high-strength concrete effects of nanomaterials on hardening of cement–silica fume–fly ash-based ultra-high-strength concrete.
- Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., & Fang, Z. (2015). A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties. *Construction and Building Materials*, 96, 368-377. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095>
- Wang, L., & Wang, D. (2015). Effects of Clay on Properties of Polycarboxylate Superplasticizer and Solutions. Retrieved from DOI 10.1007/s11595-015-1290-7
- Wang, X., Zhang, J., Yang, Y., Shu, X., & Ran, Q. (2018). Effect of side chains in block polycarboxylate superplasticizers on early-age properties of cement paste. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7231-x>
- Wu, Z. S. (2017). Comparative study on flexural properties of ultra-high performance concrete with supplementary cementitious materials under different curing regimes.
- Wu, Z., Shi, C., Khayat, K., & Wan, S. (2016). Effects of different nanomaterials on hardening and performance of ultra-high strength concrete (UHSC). *Cement and Concrete Composites*, 70, 24-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.03.003>
- Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). Progresses in Synthesis of Polycarboxylate Superplasticizer. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2020/8810443>
- Yang, Z., Hui, Z., & Sun, W. (2015). Effect of the Types of Superplasticizers on the Fresh, Mechanical, and Durability Properties of the High-Performance Concrete. *Journal of Testing and Evaluation*, 44(1S), 1-11. doi:10.1520/JTE20140442
- Yanrong, Z., Xiangming, K., Liang, G., & Jiabin, W. (2016). Rheological Behaviors of Fresh Cement Pastes with Polycarboxylate Superplasticizer. Retrieved from DOI 10.1007/s11595-016-1366-z

- Yaseelan, R., Pandulu, G., & Ashwini, G. (2019). Neural networks for the prediction of fresh properties and compressive strength of flowable concrete. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 13(1), 183-197. doi:10.4090/juee.2019.v13n1.183197
- Yépez, F., & Francisco X., C. (2014). Design of high-performance concrete: high compressive strength, adequate workability and high resistance to erosion - abrasion for hydraulic works.
- Young Yoon, J., & Hong Kim, J. (2018). Evaluation on the consumption and performance of polycarboxylates in cement-based materials. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.004>
- Yu, R. S. (2014). Effect of nano-silica on the hydration and microstructure development of ultra-high-performance concrete (uhpc) with a low binder amount.
- Zapata, L., Portela, G., Suárez, O., & Carrasquillo, O. (2013). Rheological performance and compressive strength of superplasticized cementitious mixtures with micro/nano- SiO₂ additions. *Construction and Building Materials*, 41, 708-716. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.025>
- Ženíšek, M., Vlach, T., & Laiblová, L. (2015). Dosage of Silica Fume in High Performance Concrete. *Key Engineering Materials*. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.677.98
- Ženíšek, M., Vlach, T., & Laiblová, L. (2017). Mixing of Concretes with Extremely Low Water-Cement Ratio. *Solid State Phenomena*, 259, 41-45. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.259.41>
- Zeyad, A., & Almalki, A. (2020). Influence of mixing time and superplasticizer dosage on self-consolidating concrete properties. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 6101-6115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.04.013>
- Zhao, H., Sun, W., Wu, X., & Gao, B. (2020). -Influence of Addition of Polycarboxylate-Based Superplasticizer on Properties of High-Performance Concrete. *Journal of*

Materials in Civil Engineering, 32(3). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003025)

Zhao, S. &. (2014). Nano-mechanical behavior of a green ultra-high performance concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(1), 1-10. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003025)

Saint-Arroman, J.-C., & Mounanga, P. (2012). Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.056>

Zheng, T., Zheng, D., Qiu, X., Yang, D., Fan, L., & Zheng, J. (2019). A novel branched claw-shape lignin-based polycarboxylate superplasticizer: Preparation, performance and mechanism. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.03.007>

Zhu, J., Gao, W., Wang, P., Zhu, T., & Li, J. (2020). Dispersion performances and adsorption behavior of novel block polycarboxylate with hybrid side chains in coal-water slurry. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124644>

Zuñiga, M., y Condori, Y. (2019). Influencia de adiciones de microsilíce en la resistencia a la compresión del hormigón producido con agregados de la cantera de Arunta de la ciudad de Tacna. Obtenido de Universidad Privada de Tacna: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/918>

IX. ANEXOS

ANEXO A**Tabla A1***Tipos de cementos portland.*

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Tipo I	Es el más común ya que no requiere características especiales
Tipo II	Es resistente a sulfatos y moderado calor de hidratación, uso en estructuras en ambientes agresivos
Tipo III	Desarrollo rápido y elevado calor de hidratación, uso en climas fríos
Tipo IV	Es de bajo calor de hidratación, uso en hormigones masivos
Tipo V	Uso en ambientes agresivos por su resistencia a sulfatos

Nota: Norma ASTM C150.

ANEXO B

Tabla B1

Tabla de clasificación de los agregados según su forma.

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeada	Complemente desgastada por el agua o totalmente formada por fricción	Grava de río o de playa.
Irregular	Irregulares por naturaleza, parcialmente formada por fricción o con bordes redondeadas	Roca laminada.
Angular	Con bordes bien definidos formados en las intersecciones de caras aproximadamente planas.	Rocas trituradas de todo tipo, taludes.
Elongada	Material que suele ser angular, pero cuya longitud es bastante mayor que las otras dos dimensiones.	
Escamosa y elongada	Material cuya longitud es bastante mayor que el ancho y el ancho bastante mayor que el espesor.	

Nota: BS 812: Part 1:1975

ANEXO C**Tabla C1**

Tabla de clasificación de los agregados según su textura

Textura superficial	Descripción	Ejemplos
Vítrea	Fractura conoidal	Pedernal negro, escoria vítrea
Lisa	Desgastada por el agua o lisa debido a fractura de roca laminada o de roca de grano fino.	Grava, pizarra, mármol, algunas rolitas.
Granular	Fracturas que muestran granos más o menos redondeados en forma uniforme.	Arenisca, caolita.
Áspera	Fractura áspera de roca de granos finos o medianos, que contengan partes cristalinas difíciles de detectar.	Basalto y caliza.

Nota: BS 812: Part 1:1975

ANEXO D**Tabla D1**

Tabla de métodos de ensayo del hormigón autocompactante.

Propiedades	Método de Ensayo	Valor medido
Capacidad de llenado	Ensayo de extensión de flujo	Extensión de flujo
	Índice visual de estabilidad	Visual
Viscosidad	T500	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo V	Tiempo de flujo
Capacidad de paso	Caja en L	Relación de paso
	Ensayo anillo J	Altura de paso
Resistencia a la segregación	Penetración	Profundidad
	Segregación por tamiz GTM	Porcentaje de segregación

Nota: Rodríguez, B. (2019)

ANEXO G

Tabla de Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Unidades de medida	Instrumentos	Herramientas
Variable independiente: Polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos	Los polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del hormigón manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado (Tello, 2008).	Relacionado directamente con el asentamiento y relación a/c, para producir un hormigón fluido, con alto revenimiento (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi 2004).	Porcentaje de polímeros y/o copolímeros de policarboxilatos		• Porcentaje	Formatos del laboratorio, granulometría	
			Porcentaje de aditivo de cadena corta		• Porcentaje		
			Porcentaje de aditivo de cadena larga		• Porcentaje		
			Porcentaje de aditivos de cadena larga.		• Porcentaje		
			Relación a/c		• Adimensional		
Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas	Son características o cualidades básicas del hormigón en estado plástico, fraguado y endurecido. Entre las propiedades más importantes del hormigón tenemos: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad (IMCYC, 2004).	El hormigón es una "masa" blanda y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas y así se conserva durante la colocación y la compactación y conforme avanza el tiempo comienza a ganar resistencia (fraguado) y endurece (IMCYC, 2004).	Asentamiento con aditivos de cadena corta		• Centímetros		
			Asentamiento con aditivos de cadena larga		• Centímetros		
			Resistencia mecánica con aditivos de cadena corta		• kg/cm ²		
			Resistencia mecánica con aditivos de cadena larga		• kg/cm ²		

ANEXO H

Normas Técnicas usadas en el estudio del hormigón.

- ACI 116 R:2000. Terminología del cemento y del hormigón.
- ACI 318S (*American Concrete Institute*). 2008. Requerimientos de Estatuto para Hormigón Ordenado y Comentario, (Versión en español y en sistema métrico), Comité ACI 318.
- ASTM C 31/C31M, (2012). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*.
- ASTM C-1231:2000. *Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders*.
- ASTM C143-78:2011. *Slump of Portland Cement Concrete*. West Conshohocken: UNSPSC Code 30111500 (*Concrete and mortars*).
- ASTM C1611 / C1611M-18:2018. Método de prueba estándar para el flujo de asentamiento de hormigón autoconsolidado.
- BS 812: Part 1:1975. Norma Británica. Testing aggregates. Methods for determination of particle size and shape.
- Ficha técnica de los aditivos
- Guías para la elaboración de pruebas y ensayos en el laboratorio.
- Guías en el uso y calibración de los equipos de laboratorio.
- Academia del Hormigón, (1997). Manual Tecnología y Propiedades, Asociación colombiana de productores de hormigón.
- Manuales de preparación del hormigón y procedimientos constructivos
- Norma E.060 (2009). Hormigón armado, Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma GE.030. (2006, junio 8). Calidad de la construcción.
- NTP 334.042:2013. Cementos. Procedimientos para el ensayo de resistencia mecánica.

- NTP 334.051:2013. Cementos. La resistencia a la compresión de los morteros de cemento Portland se prueba con probetas cúbicas de 50 mm por cada lado.
- NTP 334.074:2013. Cementos. Procedimiento de ensayo de la cantidad de agua necesaria para determinar la consistencia normal de las pastas de cemento hidráulico.
- NTP 334.075:2013. Cementos. Cemento Portland. La resistencia a la compresión a las 24 horas es un método de prueba común para optimizar el SO₃.
- NTP 334.119:2013. Cementos. Utilizando tamices de menos de 300 m, se ha desarrollado un procedimiento de prueba para medir la finura del cemento Portland y sin terminar. 50), 150 μm (Nº 100), 75 milímetros (Nº 200) utilizando un método húmedo.
- NTP 339.033: 2009. Hormigón (hormigón). Los especímenes de concreto generalmente se fabrican y curan al aire libre.
- NTP 339.034. 2008. La resistencia a la compresión del hormigón se mide utilizando un método de ensayo normalizado utilizando muestras cilíndricas.
- NTP 339.034:2015. Ensayo de resistencia a la compresión del hormigón según un procedimiento de ensayo estándar utilizando muestras cilíndricas.
- NTP 339.035. 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón de cemento Portland.
- NTP 339.047:2006. Hormigón (hormigón). Definiciones y terminología relativas al hormigón (hormigón) y agregados.
- NTP 339.078:2012. método para ensayar la resistencia a flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas en los tercios de las secciones.
- NTP 339.084:2012. Al comprimir diametralmente una muestra cilíndrica, se usa un procedimiento de prueba estándar para determinar la resistencia a la tracción simple del concreto.
- NTP 339.114. 1999. Hormigón premezclado.

- NTP 339.185. 2002. El contenido total de humedad evaporable de los agregados generalmente se prueba mediante secado.
- NTP 400.011:1976. Agregados. definición y clasificación de agregados para uso en hormigon y mortero.
- NTP 400.013:2013. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del Agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones
- NTP 400.015:2013. Agregados. Los agregados con terrones de arcilla y partículas friables se prueban utilizando un procedimiento estándar.
- NTP 400.017. 2011. Procedimiento de prueba para calcular los pesos volumétricos de materiales secos, sueltos y compactados.
- NTP 400.021. 2002. Procedimiento de prueba estándar para determinar el peso específico y el porcentaje de absorción de agregado grueso.
- NTP 400.021:2013. Agregados. Procedimiento de prueba estándar para densidad de agregados gruesos, densidad relativa (gravedad específica) y absorción.
- NTP 400.022:2013. Agregados. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino.
- NTP400.018:2013. Agregados. Procedimiento de prueba estándar para determinar el material más fino que pasa a través del lavado estándar de 75 m (n.º (200)) en los agregados antes del tamizado.

ANEXO I

Tabla II

Tabla de recopilación de datos más relevantes seleccionados para el asentamiento

Autor Nombre del artículo	Tipo de policarboxilato	Dosis o Resistencia	o porcentaje	Relación a/c	Slump	Tipo de ensayo
Ilg & Plank (2016) Un nuevo tipo de aditivo con base de policarboxilatos de hormigón basado en copolímeros de injerto de lignito.	Lignite ATBS-co-AA (1:0.15)	0.25%		0.45	26	<i>Slump Flow</i>
	Lignite ATBS-co-AA (1:0.39)	0.25%		0.45	26	
	Lignite ATBS-co-AA (1: 0.75)	0.27%		0.45	26	
	Lignite ATBS-co-AA (1: 1.00)	0.37%		0.45	26	
	Lignite ATBS-co-AA (1: 1.50)	0.47%		0.45	26	
	ATBS-co-AA (1:0.15)	0.19%		0.45	26	
	BNS	0.30%		0.45	26	
Liu., Wang., Zhu, Zhao & Zheng, (2015). Síntesis, caracterización y rendimiento de aditivo con base de policarboxilatos con estructura de brazos múltiples	PCE con estructura de brazos múltiples M5-2	0.30%		0.29	32.5	<i>Slump Flow</i>
	PCE convencional (SA) M5-1	0.40%		0.29	27.5	
Huang, Yang, Ran, & Liu, (2018). Preparar aditivo con base de policarboxilatos de policarboxilato hiperbrancado que posean excelente rendimiento en la reducción de la viscosidad mediante el redox in situ inicializado método de polimerización	PCE-1	0.15%		0.29	25.8	<i>Slump Flow</i>
	PCE-2	0.16%		0.29	25.3	
	PCE-3	0.18%		0.29	25.2	
	PCE-4	0.12%		0.29	25.5	
Chen, (2012). Diseño de proporción de mezcla de copolímero policarboxílico P (AA-co-MA) / PEG y hormigón de alto rendimiento con aditivo compuesto	PCE A	1.46 %		0.42	19	<i>Slump Flow</i>
	PCE B	1.46 %		0.47	20	
	PCE C	1.46 %		0.5	20.5	

ANEXO J

Tabla J1

Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia a los 28 días

Estudios realizados	Tipo de policarboxilato	Aditivo %	a/c	Rc MPa
Ibragimov & Fediuk, (2019).				
Estudiaron el efecto de la mecanoquímica, el uso de aditivos con base de policarboxilatos y la suspensión del cemento para mejorar la resistencia.	Remicrete SP60 sin activación P5	1	0.3	57.55
	Remicrete SP60 con activación P6	1	0.3	65.72
Erzengin, Kaya, Özkorucuklu, Özdemir & Yıldırım (2018).				
Estudiaron las propiedades de los cementos superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico.	PC500-1-10	0.30	0.29	50
	PC500-1-15	0.30	0.29	50
	PC950-1-10	0.30	0.29	55
	PC950-1-15	0.30	0.29	60
Antoni y Kusuma (2017) O. C., & Hardjito, D. (2017).	PMMA	0.30	0.29	45
	S.CC	0.60	0.25	79
	S.SV	0.50	0.25	79
	S.BA	0.50	0.25	83
	S.BS	0.50	0.25	75
	S.AS	0.50	0.25	70
	S.CC – 2	0.20	0.3	60
	S.SV – 2	0.50	0.3	74
	S.BA – 2	0.30	0.3	70
	S.BS – 2	0.50	0.3	70
S.AS – 2	0.40	0.3	70	
Raymond, Januarti, & Triwulan. (2017).				
Estudiaron la optimización del hormigón autocompactante de alto rendimiento	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio R1	1.00	0.27	56.34
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio (R4)	1.00%	0.27	53.2
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio r2	1.00%	0.29	42.93
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio R3	1.00%	0.31	32.16
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio R1	1.00%	0.27	56.34
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio R3	1.00%	0.31	32.16
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio r1	1.00%	0.27	56.34
	Humo de sílice (SD) + polvo de vidrio R3	1.00%	0.31	32.16
Xiang, Gao., & Shi, (2020)				
Estudiaron la síntesis de un nuevo policarboxilato y su influencia en las propiedades de las pastas de cemento con diferentes materiales cementantes suplementarios a temperatura ambiente	PCE-1	0.15%	0.3	80
	PCE-2	0.15%	0.3	85
	PCE-3	0.15%	0.3	73

ANEXO K**Tabla K1***Propiedades físicas y resistencia a la compresión del hormigón*

Número de composición	de a/c	Densidad de mezcla kg/m ³	Contenido de aire %	Temperatura °C	Resistencia a la compresión del hormigón en MPA		
					1d	3d	28d
1	0.42	2389	1.05	21.60	7.10	19.57	40.53
2	0.42	2424	0.94	22.70	13.76	29.01	46.15
3	0.31	2472	0.88	22.30	12.81	32.42	51.7
4	0.31	2485	0.64	23.10	22.53	46.38	62.81
5	0.30	2476	0.69	22.00	12.32	31.89	57.55
6	0.30	2472	0.70	23.50	19.62	45.01	65.72

Fuente: Elaboración propia

ANEXO L**Tabla L1**

Relación que existe entre la relación a/c con la resistencia y el slump.

a/c	<i>Slump</i> (mm)	Resistencia f'c MPa
0.15	153	138
0.15	167	145
0.20	159	142
0.20	182	153
0.28	200	91
0.28	200	90
0.30	195	68
0.30	200	75
0.32	200	74
0.32	220	94
0.36	240	72
0.36	250	76
0.40	260	62
0.40	280	65

ANEXO M

Tabla M1

Resistencia a la compresión para un diseño de hormigón con diferentes tipos de adiciones y aditivo con base de policarboxilatos.

Agua/Cemento	Tipo de Mezcla	Aditivo Con base de policarboxilatos (% peso del cemento)	Resistencia f _c (MPa)
0.30	OPC + SP	1.10	100.00
0.30	OPC+7.5%SF+SP	1.35	117.30
0.30	OPC+15%SF+SP	1.75	120.80
0.30	OPC + 50%GGBS + SP	1.75	98.60
0.30	OPC + 70%GGBS + SP	3.00	74.30
0.30	OPC + 7.5%SF + 70%GGBS + SP	2.50	105.80
0.30	OPC + 20%FA + SP	1.75	79.50
0.30	OPC + 40%FA + SP	1.75	58.00
0.30	OPC + 7.5%SF + 20%FA + SP	1.75	94.30
0.30	OPC + 7.5%SF + 40%FA + SP	2.25	76.00
0.30	OPC + 20%SF + SP	2.50	73.43
0.30	OPC + 20%SF + 0.5% NS + SP	2.50	79.79
0.30	OPC + 20%SF + 0.75% NS + SP	2.50	91.31
0.30	OPC + 20%SF + 1% NS + SP	2.50	86.61
0.30	OPC + 20%SF + 1.25% NS + SP	2.50	86.03
0.30	OPC + 20%SF + 1.5% NS + SP	2.50	60.34

ANEXO N

Tabla N1

Resistencia a la compresión para un diseño de hormigón con diferentes tipos de adiciones y aditivo con base de policarboxilatos.

Agua/Cemento	Tipo de mezcla	Aditivo con base de policarboxilatos (% peso del cemento)	Resistencia f'c (MPa)
0.30 - 0.32	0%VPP+0%PF	9.90	71.60
0.30 - 0.32	10%VPP+0%PF	9.90	73.60
0.30 - 0.32	10%VPP+0.20%PF	9.90	74.70
0.30 - 0.32	10%VPP+0.35%PF	9.90	70.40
0.30 - 0.32	10%VPP+0.50%PF	9.90	65.50
0.30 - 0.32	20%VPP+0%PF	9.90	55.70
0.30 - 0.32	20%VPP+0.20%PF	9.90	56.00
0.30 - 0.32	20%VPP+0.35%PF	9.90	53.90
0.30 - 0.32	20%VPP+0.50%PF	9.90	52.30

Nota: Adición N°01: polvo de piedra pómez volcánica (VPP), adición N°02, Fibras de polipropileno (PF), aditivo con base de policarboxilatos, Viscocrete 1050.

ANEXO O

Tabla O1

Tipos de mezclas con varios tipos y proporciones de adiciones minerales

Tipo de mezcla	Adiciones	Aditivo con base de policarboxilatos "CONFLO" (Peso del cemento)	Resistencia f'c (MPa)	a/c	Tipo de mezcla	Aditivo con base de policarboxilato (Peso del cemento)	Resistencia f'c (MPa)
M80 + 10%FA + SP	Adición N°01 cenizas volantes (FA)	1,25%	76.20	0.25	OPC + SP	2.5%	96.00
M80 + 10%SF + SP	Adición N°02 humo de sílice (SF)	1,25%	74.15	0.25	OPC + 5%SF + SP	2.5%	102.50
M80 + 10%GGBS + SP	Adición N°03 escoria de alto horno granulada molida (GGBS)	1,25%	72.12	0.25	OPC + 10%SF + SP	2.5%	107.80
M80 + 10%MK + SP	Adición N°04 metacaolín (MK) con base de policarboxilato "CONFLO", y su dosis óptima	1,25%	78.23	0.25	OPC + 15%SF + SP	2.5%	107.50
M80 + 7.5%FA + 7.5%GGBS + SP	es de 1.25%	1,25%	78.16	0.25	OPC + 20%SF + SP	2.5%	108.50
M80 + 7.5%GGBS + 7.5%SF + SP		1,25%	74.18	0.25	OPC + 25%SF + SP	2.5%	109.50

ANEXO P

Tabla P1

	Con base de polycarboxilatos	Adiciones	% aditivo	Asentamiento	Relación a/c
ma	Con base de polycarboxilatos reductor de agua de alto rango que se basa en éter de polycarboxilato, la reducción de agua se determinó en un 40% con el uso de aditivos.	Metacaolin (cementante suplementario al 25%)	0.4%SP+0.15%VMA SCC60WFS00	770	0.38
	Agente modificador de viscosidad (VMA). Utiliza agua corriente para la mezcla.	Gravedad especifica 2.50	0.45%SP+0.15%VMA SCC60WFS15	780	0.38
	Aditivo con base de polycarboxilatos 1		0.2%SP1+0.52%SP2 RAC-37.5 CC-37	780	0.38
as, ega- nso			0.2%SP1+0.52%SP2 RAC-37.5 20%	700	0.38
	Aditivo con base de polycarboxilatos 2		0.26%SP1+0.64%SP2 RAC-37.5 50%	580	0.38
			0.34%SP1+0.8%SP2 RAC-37.5 100%	650	0.38
			0.9% N	720	0.45
			0.9% CFA5	730	0.45
			0.9% CFA15	750	0.45
&	Aditivo con base de polycarboxilatos gelenio 110p a base de polycarboxilato	Cenizas volantes clase FA Humo de silice 8% /SF)	0.9% CFA25	820	0.45
			1.25% CSF8	700	0.45
			1.25% CSF8FA15	720	0.45
			1.25% CSF8FA25	740	0.45
mil	Aditivo con base de polycarboxilatos del grupo polycarboxilato fue del 1% con respecto al peso del cemento	Cenizas volantes (FA) Piedra caliza(L) Escoria de alto horno(S)	1%SP+40%FA SCC_FA 1%SP+40%L SCC_L 1%SP+40%S SCC_S	700 700 660	0.50 0.50 0.50
ashi	Con base de polycarboxilatos tipo RM de Abadgaran Company	Polvo de piedra	0.7% M23 0.5% M41	650 480	0.50 0.50

Porcentaje de los aditivos basados en polycarboxilatos en el asentamiento del hormigón autocompactante

ANEXO Q

Tabla Q1

Dosificación en el ensayo de estabilidad de tamiz

Artículo	% Aditivo SP	Segregación %	Relación a/c
	0.92	10.80	0.46
	1.11	14.40	0.49
	1.30	10.10	0.50
Ghoddousi,	1.04	13.90	0.46
Parviz; Amir Masoud	0.78	25.80	0.49
Salehi	1.07	14.10	0.50
	0.74	7.00	0.46
	0.88	10.10	0.49

ANEXO R

Tabla R1

Dosificación en el ensayo de estabilidad de tamiz

Autor	% Aditivo	Segregación %	Relación a/c
	1.0	5.87	0.45
	1.0	5.20	0.45
	1.0	4.73	0.45
	1.0	3.44	0.45
Bensaci, Menadi & Kenai, (2019)	1.0	3.02	0.45
	1.0	5.62	0.45
	1.0	5.27	0.45
	1.0	4.96	0.45
	1.0	4.31	0.45
	1.0	3.40	0.45

ANEXO S

Tabla S1

Dosificación en el ensayo de estabilidad de tamiz

1	% Aditivo SP	Segregación (mm)	Relación a/c
	3.00	7.00	0.60
	3.00	8.00	0.60
Jindal, Ransinchung & Kumar. (2020).	3.00	8.00	0.60
	3.00	8.00	0.60
	3.00	9.00	0.60
	3.00	9.00	0.60

ANEXO T

Tabla T1

Tabla de dosificación en el ensayo de estabilidad de tamiz

Autor	Aditivos on base de polycarboxilatos	% Aditivo SP	Clase Segregación	Segregación (mm)	a/c
		1.10	SR1	21.40	
		1.30	SR1	22.50	
		1.50	SR1	23.15	0.36
		1.60	SR2	17.50	
		1.70	SR2	19.50	
		1.36	SR2	17.80	
	Aditivos basados en polycarboxilato	1.45	SR2	18.50	
Basu Gupta, & Agrawal, (2020).	reductor de agua de alto rango	1.60	SR2	19.80	0.34
		1.70	SR2	16.10	
		1.80	SR2	16.80	
		1.60	SR1	20.80	
		1.80	SR1	21.30	
		2.00	SR1	22.70	0.32
		1.90	SR2	17.10	
		2.00	SR2	18.00	

ANEXO U

Tabla U1

Tabla de dosificación en el ensayo de estabilidad de tamiz

Autor	Aditivos con base de policarboxilatos	% Aditivo SP	Ensayo de estabilidad tamiz GTM (%)	Relación a/c
		0	11.54	0.47
		0	10.19	0.47
		0	11.11	0.47
		0	10.95	0.47
		1.00	12.20	0.47
		1.00	12.10	0.47
		1.00	12.28	0.47
		1.00	12.19	0.47
		1.20	11.68	0.47
		1.20	11.61	0.47
		1.20	10.83	0.47
		1.20	11.37	0.47
		1.50	13.54	0.47
Molina & Saldaña (2014).	Plastol 200 Ext es aditivo reductor de agua de alto rango	1.50	13.39	0.47
		1.50	14.29	0.47
		1.50	13.74	0.47
		1.80	17.50	0.47
		1.80	17.32	0.47
		1.80	18.06	0.47
		1.80	17.63	0.47
		2.00	16.36	0.47
		2.00	18.05	0.47
		2.00	17.77	0.47
		2.00	15.25	0.47
		2.20	15.44	0.47
		2.20	14.95	0.47
		2.20	14.35	0.47
		2.20	15.21	0.47

ANEXO V

Tabla V1

Tabla de dosificación en el ensayo de compresión

Autor	Muestra	Aditivos con base de polycarboxilatos	Adición	% Aditivo	a/c	MPa 28 días
Ashish y Verma	SCC60WFS00	Aditivos con base de polycarboxilatos reductor de agua de alto rango que se basa en éter de polycarboxilato, Agente modificador de viscosidad (VMA)	Metacaolín como material cementante suplementario 25% del material cementante	0.40%SP+0.15% VMA	0.38	64.80
	SCC60WFS15			0.45%SP+0.15% VMA		
Fiol et al	RAC-37.5			0.20%SP1+0.52%SP2	0.38	58.30
	RAC-37.5			0.20%SP1+0.52%SP2		
	RAC-37.5	SP1		0.26%SP1+0.64%SP2	0.38	58.52
	RAC-37.5	SP2		0.34%SP1+0.80%SP2		

ANEXO W**Tabla W1**

Tabla de dosificación en el ensayo de resistencia a la compresión

Muestra	Aditivos con base de policarboxilatos	Adición	% Aditivo	a/c	MPa 28 días
N			0	0.37	50.80
SCC-SP1			0.30	0.37	73.48
SCC-SP2	Aditivos con base de		2.00	0.37	71.44
SCC-SP3	policarboxilatos reductor	Limestone	0.50	0.37	65.20
SCC-SP4	de agua ViscoCrete	Filler según la	0.60	0.37	59.88
SCC-SP5	Krono 20 HE según la	norma EN	0.70	0.37	53.24
	norma EN 480-50	12620			
SCC-SP6			0.80	0.37	45.24
SCC-SP7			0.90	0.37	38.70
SCC-SP8			1.00	0.37	29.44

Nota: Adaptado de Benaicha et al. (2019)

ANEXO X

Anexo X1

Tabla de dosificación en el ensayo de resistencia a la compresión

Autor	Tipo de policarboxilato	Adición	Mezcla	Porcentaje	Relación a/c	Resistencia MPa	
Laidani, Benaded, Abousnina, Gueddouda, & Kadri, E.-H. (2020).	Aditivos con base de policarboxilatos de policarboxilato (SP) reductor de agua de alto rango 30%	Patrón	Patrón	0.80%	0,40	46.00	
		CsB(bentonita sodica de mostaganem)	CgB(bentonita calcica de maghnia)	CgB5%	0.80%	0,40	43.00
			CgB10%	0.80%	0,40	50.00	
			CgB15%	0.90%	0,40	54.00	
			CgB20%	0.90%	0,40	45.00	
			CgB25%	1.10%	0,40	44.00	
			CgB30%	1.35%	0,40	42.00	
			CsB5%	0.80%	0,40	52.00	
			CsB10%	0.90%	0,40	54.00	
			CsB15%	1.00%	0,40	44.00	
		CsB20%	1.15%	0,40	39.00		
		CsB25%	1.20%	0,40	36.00		
		CsB30%	1.67%	0,40	35.00		
		SCC	CONTROL SCC	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	63.00	
		GGBFS (Escoria de alto horno granulada molida)	GGBFFS25%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	63.00	
			GGBFFS50%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	59.00	
			GGBFFS75%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	56.00	
GGBFFS100%	2.3%SP+0.15% VMA		0.40				
Vivek & Dhinakaran (2017).	Aditivos con base de policarboxilatos de nueva generacion Conplast SP430, VMA de Glenium stream-2		SF(humo de silice)	SF5%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	60.00
		SF10%		2.3%SP+0.15% VMA	0.40	58.00	
		SF15%		2.3%SP+0.15% VMA	0.40	55.00	
		SF20%		2.3%SP+0.15% VMA	0.40		
		SF25%		2.3%SP+0.15% VMA	0.40		
	MK (metacaolin)	MK5%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40			
		10%MK	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	46.00		
		MK15%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	49.00		
		MK20%	2.3%SP+0.15% VMA	0.40	55.00		

ANEXO Y

Tabla Y1

Tabla de dosificación en el ensayo de resistencia a la compresión

Autor	Tipo de policarboxilato	Adición	Mezcla	Dosis o porcentaje	Relación a/c	28 días
Mahmoud Nili; Nili, Razmara, Sadeghi, y Razmara (2018),	Aditivos con base de policarboxilatos gelenio 110p a base de policarboxilato	Cenizas volantes clase FA	N	0.90%	0.45	46
		Humo de silice 8% /SF)	CFA5	0.90%	0.45	48
			CFA15	0.90%	0.45	45
			CFA25	0.90%	0.45	41
			CSF8	1.25%	0.45	55
			CSF8FA15	1.25%	0.45	54
			CSF8FA25	1.25%	0.45	52
Fiol, Thomas, Muñoz, Ortega-López & Manso (2018).	Aditivos con base de policarboxilatos 1		RAC-30 CC-30	0.2%SP1+0.52%SP2	0.45	49.09
	Aditivos con base de policarboxilatos 2		RAC-30 20%	0.2%SP1+0.52%SP2	0.45	49.98
			RAC-30 50%	0.26%SP1+0.64%SP2	0.45	55.64
			RAC-30 100%	0.34%SP1+0.8%SP2	0.45	56.75

ANEXO Z**Tabla Z1***Tabla Resistencia a la compresión a los 28 días con aditivos de cadena corta*

Autor(es)	Microsílice (%)	Relación a/c	SP (%)	Resistencia a la compresión (MPa)
Torres et al., (2019)	25.00	0.15	5.00	145.00
Torres et al., (2019)	25.00	0.20	4.00	142.00
Perumal, Senthilkumar & Sekar, (2018)	10.00	0.25	3.00	110.66
Villanueva (2015)	10.00	0.25	1.00	94.19
Perumal, Senthilkumar & Sekar, (2018)	10.00	0.30	3.00	90.22
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	10.00	0.30	3.50	105.30
García, (2018)	8.00	0.30	1.60	81.58
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	5.00	0.34	3.50	95.20
García, (2018)	8.00	0.35	1.60	82.39
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	5.00	0.38	3.00	90.60
García, (2018)	8.00	0.40	1.60	76.92
Motahari, Ramezani pour, Ebadi, Isapou., & Karakouzian, (2017)	6.56	0.45	1.50	58.70

ANEXO AA

Tabla AA1

Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días con aditivos de cadena larga

Autor(es)	Microsílice (%)	Relación a/c	SP (%)	Resistencia a la compresión (MPa)
Torres et al., (2019)	25.00	0.15	5.00	145.00
Torres et al., (2019)	25.00	0.20	4.00	142.00
Perumal, Senthilkumar & Sekar, (2018)	10.00	0.25	3.00	110.66
Villanueva (2015)	10.00	0.25	1.00	94.19
Perumal, Senthilkumar & Sekar, (2018)	10.00	0.30	3.00	90.22
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	10.00	0.30	3.50	105.30
García, (2018)	8.00	0.30	1.60	81.58
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	5.00	0.34	3.50	95.20
García, (2018)	8.00	0.35	1.60	82.39
Kostrzanowska-Siedlarz & Golaszewski (2016)	5.00	0.38	3.00	90.60
García, (2018)	8.00	0.40	1.60	76.92
Motahari, Ramezani pour, Ebadi, Isapou., & Karakouzian, (2017)	6.56	0.45	1.50	58.70

ANEXO AB**Tabla AB1**

Tabla de resultados de asentamiento con relación a/c=0.32 y aditivo mineral microsílíce

Autor(es)	Aditivo mineral (%)	Relación a/c	Aditivo químico	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento (mm)
Abu et al., (2020)	5.00	0.32	Aditivo a base de	0.50	200
	10.00	0.32	policarboxilatos	0.50	165
	15.00	0.32	Viscocrete - 3425	0.50	135

ANEXO AC

Tabla AC1

Resistencia mecánica con aditivos de cadena corta (Aditivo policarboxilatos a base de Formaldehído de naftaleno sulfonado CONPLANST SP 430)

Autores	Aditivo mineral 1 (%)	Relación a/c	Porcentaje de aditivo	Asentamiento (mm)	Ensayo de resistencia a la compresión (Mpa)	Ensayo de resistencia a la flexión (Mpa)	Ensayo de resistencia a la tracción (Mpa)
Perumal, Senthilkumar & Sekar (2018)	0.00%	0.29	3.00%	52.00	67.11	7.40	4.95
	2.50%			46.00	75.56	7.70	5.16
	5.00%			45.00	76.44	8.20	5.31
	7.50%			41.00	83.11	8.80	5.66
	10.00%			37.00	90.22	9.50	5.94
	12.50%	0.25		22.00	85.04	9.10	5.38
	15.00%			15.00	82.22	8.90	5.31
	0.00%			30.00	83.11	8.60	5.81
	2.50%			28.00	89.04	9.00	6.41
	5.00%			27.00	93.89	9.40	6.89
	7.50%			25.00	100.80	9.60	7.16
	10.00%			25.00	110.66	10.40	7.53
	12.50%			18.00	105.33	9.80	7.41
	15.00%			15.00	102.67	9.40	7.31