

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE BASADO EN COPOLÍMERO
PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE
ALTA RESISTENCIA**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. NARREA VILCHEZ, JEFFREY FERNANDO

Bach. RONCAL ARAUJO, DARIO GONZALO

Asesor: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES LILIANA JANET

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, a mi abuela, hermano, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mi etapa universitaria, contribuyendo en mi formación como ser humano y futuro profesional.

Dario Gonzalo Roncal Araujo

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Jeffrey Fernando Narrea Vílchez

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestra asesora Liliana Chavarría por todo su apoyo y paciencia en el desarrollo de esta investigación; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Dario Roncal y Jeffrey Narrea

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Contextualización y delimitación del problema	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problema específico.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Importancia.....	5
1.6. Justificación.....	5
1.6.1. Conveniencia	5
1.6.2. Relevancia social	6
1.6.3. Aplicaciones prácticas	6
1.6.4. Utilidad metodológica	6
1.6.5. Valor teórico	6
1.7. Limitaciones	7
1.8. Delimitación del estudio.....	7
1.8.1. Valor teórico.....	7
1.8.2. Temporal.....	7
1.8.3. Temática	7
1.8.4. Muestral	7
1.9. Alcance de la investigación	7
1.10. Viabilidad	7

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco histórico.....	8
2.2. Investigaciones relacionadas al tema.....	9
2.2.1. Investigaciones nacionales	9
2.2.2. Investigaciones internacionales	10
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	43
2.3.1. Superplastificantes.....	44
2.3.2. Compatibilidad Cemento-Aditivo superplastificantes.....	47
2.3.3. Requisitos de los Aditivos Superplastificantes o reductores de agua de alto rango	49
2.3.4. Recomendaciones de empleo y precauciones.....	49
2.3.5. Clasificación de los aditivos plastificantes y superplastificantes	50
2.3.6. Ventajas y desventajas del superplastificantes:	52
2.4. Definición de términos teóricos.....	53
2.4.1. Concreto.....	53
2.4.2. Tipos de Concreto.....	53
2.4.3. Componentes del Concreto.....	53
2.4.4. Superplastificante	56
2.4.5. Policarboxilatos	57
2.4.6. Reductor de agua	57
2.4.7. Ensayo de compresión	57
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	58
3.1. Hipótesis	58
3.1.1. Hipótesis general	58
3.1.2. Hipótesis específicas.....	58
3.2. Sistema de variables	58
3.2.1. Definición conceptual.....	58
3.2.2. Operalización de variables.....	59

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	61
4.1. Tipo y método de investigación.....	61
4.1.1. Tipo de investigación.....	61
4.1.2. Método de investigación.....	62
4.1.3. Nivel de investigación	62
4.1.4. Diseño de la investigación.....	62
4.2. Población	63
4.2.1. Criterios de inclusión para la población de investigación.	64
4.2.2. Criterios de exclusión para la población de investigación.	65
4.3. Muestra	65
4.4. Unidad de análisis.....	66
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
4.5.1. Técnicas de investigación.....	67
4.5.2. Instrumentos de recolección de datos	67
4.6. Descripción y procedimiento de Análisis.....	67
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	68
5.1. Análisis y presentación de resultados	68
5.1.1. La influencia de la relación a/c sobre la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia.	84
5.2. Contrastación de resultados	108
5.2.1. La influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre las propiedades del concreto de alta resistencia	108
5.2.2. La influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre el asentamiento de la mezcla de concreto	109
5.2.3. La influencia de la relación a/c en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basado en copolímeros.....	111
5.3. Discusión	113
CONCLUSIONES	115

RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	117
ANEXOS	126
ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	127
ANEXO 2 MATRIZ – M1 REFERENCIAS - RESUMENES - SUBTEMAS	128
ANEXO 3 -MATRIZ – M2 SUBTEMAS – JUSTIFICACIÓN – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	152
ANEXO 4 -MATRIZ M3 IDENTIFICACIÓN DE SUBTEMAS EN ARTÍCULOS SELECCIONADOS.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Copolímeros de policarboxilato	45
Figura 2	Acción química del aditivo superplastificante de 1° y 2° generación.....	51
Figura 3	Acción química del aditivo superplastificante de última generación.....	52
Figura 4	Dosificación Optima	70
Figura 5	Evolución de la dispersión en función al tiempo para una relación a/c 0.455	71
Figura 6	Dosificación de saturación de superplastificantes.	73
Figura 7	Asentamiento por % de Aditivo	75
Figura 8	Asentamiento para los aditivos PCE para a/c 0.29.....	77
Figura 9	Asentamiento para los aditivos PCE para a/c 0.22.....	78
Figura 10	Asentamiento por las diferentes relaciones agua/cemento.....	79
Figura 11	Slump por los diferentes porcentajes de Aditivos	83
Figura 12	Asentamiento vs Dosificación de Aditivo (%).....	83
Figura 13	Resistencia a la compresión por número de composición de mezcla.....	86
Figura 14	Resistencia a la compresión por relación a/c.....	87
Figura 15	Resistencia a la compresión por relación a/c.....	88
Figura 16	Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c	90
Figura 17	Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c	91
Figura 18	Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c	92
Figura 19	Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c	93
Figura 20	Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c	94
Figura 21	Relación a/c por diferentes muestras de copolímero.....	95
Figura 22	Resistencia según edades de copolímeros	96
Figura 23	Compresión a la resistencia por los diferentes policarboxilatos	98
Figura 24	Resistencia la compresión a los 28 días	99
Figura 25	Compresión a la resistencia por diferentes edades 7,14 y 28 días	101
Figura 26	Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia	106
Figura 27	Tipo de aditivo con porcentaje de aditivo y resistencia	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Relacion porcentaje de aditivo con resistencia a la compresion.....	9
Tabla 2	Correlación entre resistencia a la compresión a 28 días y tasa de dosificación de aditivo.....	11
Tabla 3	Composición del mortero.....	13
Tabla 4	Propiedades mecánicas, físicas y químicas de CEM I 42.5 R.....	13
Tabla 5	Características de los aditivos superplastificantes, plastificantes e incorporadores de aire.....	14
Tabla 6	Propiedades físicas y químicas del superplastificante	15
Tabla 7	Composición química del cemento y humo de sílice	16
Tabla 8	Propiedades física del cemento y humo de sílice	17
Tabla 9	Propiedades Mecánicas del cemento y humo de sílice	17
Tabla 10	Tipos de Aditivos.....	46
Tabla 11	Clasificación de los tipos de cemento.....	54
Tabla 12	Presentación de la variable dependiente	59
Tabla 13	Presentación de la variable independiente	60
Tabla 14	Cuadro de inclusión para la población.....	64
Tabla 15	Cuadro de exclusión para la población	65
Tabla 16	Muestras tomadas a criterio propio.....	66
Tabla 17	Masas molares, índice de polidispersidad (PDI) y radios poliméricos de los polímeros sintetizados y de BNS como muestra de superplastificante de referencia....	69
Tabla 18	Dosificación óptima para aditivos sintetizados	69
Tabla 19	Slump para determinados aditivos sintetizados atreves del tiempo.....	70
Tabla 20	Slump de aditivo sintetizado y aditivo convencional con su dosificación. ...	72
Tabla 21	Dosificación de aditivos para los aditivos sintetizados	74
Tabla 22	Dosificación ideal para los aditivos PCE con polimerización redox in situ para a/c 0.29.....	76
Tabla 23	Dosificación ideal para los aditivos PCE con polimerización redox in situ para a/c 0.22.....	77
Tabla 24	Cantidad de material por diferentes relaciones agua/cemento.....	79
Tabla 25	Recopilación de datos más relevantes de los artículos seleccionados para el asentamiento	81
Tabla 26	Composición de la mezcla de concreto y activación cementosa	85

Tabla 27	Propiedades físicas el concreto y resistencia a la compresión.....	85
Tabla 28	Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.	87
Tabla 29	Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días	88
Tabla 30	Resistencia a la compresión para el aditivo S.CC	89
Tabla 31	Resistencia a la compresión para el aditivo S.SV	90
Tabla 32	Resistencia a la compresión para el aditivo S.AS.....	91
Tabla 33	Resistencia a la compresión para el aditivo S.BA.	92
Tabla 34	Resistencia a la compresión para el aditivo S.BS.....	93
Tabla 35	Relaciones A/C de las pastas de cemento con aditivos sintetizados.....	95
Tabla 36	Aditivo copolímero PVA con resistencia según edades.	95
Tabla 37	Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades.....	97
Tabla 38	Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades.....	99
Tabla 39	Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades.....	100
Tabla 40	Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades.....	102

RESUMEN

La presente investigación, adiciono el aditivo superplastificante basado en copolímeros para mejorar las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia. Debido a la gran demanda del concreto y para preservar la calidad del mismo se vio en la necesidad de aplicar aditivos para mejorar sus propiedades físico-mecánicas. Estos aditivos superplastificantes de última generación están basados en copolímeros, denominados así por su estructura molecular en forma de peine y en algunos casos con injerto de cadenas laterales.

La investigación fue documental/bibliográfica en donde los estudios revisados utilizaron el método deductivo, enfoque cuantitativo y orientación aplicada, nivel descriptivo, tipo descriptivo, correlacional y explicativo. El diseño experimental, longitudinal, prospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto). Se realizaron ensayos por edades para determinar la resistencia a la compresión. Para la recopilación de datos se tomaron las muestras ensayadas a los 28 días tomando en cuenta la dosificación de aditivo y relación a/c.

El uso de aditivo superplastificante auto sintetizado de estructura molecular de “múltiples brazos” tuvo un Slump Flow de 32.5cm para una dosis de 0.3% y encontrándose en un rango de 0.25% a 0.40%. El aditivo superplastificante sintetizado en forma de peine con codificación PCE-2 tuvo una resistencia a la compresión de 85MPa con adiciones minerales, ensayado a los 28 días con una relación a/c de 0.30. Para el superplastificante PC-3 se obtuvo una resistencia a la compresión de 73MPa sin adiciones minerales ensayado a los 28 días a una relación a/c 0.30. El valor promedio de resistencia a la compresión sin adiciones minerales fue de 61MPa con una relación a/c entre 0.25 a 0.30.

Palabras clave: Aditivo superplastificante basado en copolímero, Slump Flow, resistencia a la compresión axial, propiedades físico mecánicas, adiciones minerales.

ABSTRACT

The present investigation added the copolymer-based superplasticizing admixture to improve the mechanical properties of high strength concrete. Due to the high demand of the concrete and to preserve its quality, it was necessary to apply additives to improve its physical-mechanical properties. These state-of-the-art super-plasticizing additives are based on copolymers, so called because of their molecular structure in the form of a comb and in some cases with side chain grafting.

The research was documentary/bibliographic where the reviewed studies used the deductive method, quantitative approach and applied orientation, descriptive level, descriptive type, correlational and explanatory. The experimental, longitudinal, prospective and cohort (cause-effect) study design. Tests were carried out by age to determine the resistance to compression. For the collection of data, the samples tested were taken at 28 days, taking into account the dosage of additive and a/c ratio.

The use of a self-synthesized superplasticizing additive of "multiple arms" molecular structure had a Slump Flow of 32.5cm for a dose of 0.3% and being in a range of 0.25% to 0.40%. The PCE-2-coded comb-synthesized superplasticizing additive had a compressive strength of 85MPa with mineral additions, tested at 28 days with a w/c ratio of 0.30. For PC-3 superplasticizer, a compressive strength of 73MPa was obtained without mineral additions tested at 28 days at a c/r ratio of 0.30. The average compressive strength value without mineral additions was 61MPa with an a/c ratio between 0.25 and 0.30.

Keywords: Copolymer-based superplasticizing additive, Slump Flow, axial compressive strength, physical-mechanical properties, mineral additions.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años y debido al crecimiento del rubro de construcción, la producción de concreto para obras de infraestructura tiene una alta demanda. Por eso la investigación y desarrollo de nuevos aditivos superplastificantes para poder no solo abastecer la demanda sino también para mantener la calidad y la mejora en las propiedades en estado fresco y endurecido, mejorando así los tiempos en la construcción y una menor cantidad de materiales para su desarrollo.

En las obras de infraestructura se requiere que el concreto cumpla con ciertos estándares de calidad y que cumpla con la resistencia de diseño, por eso mediante el uso de aditivos superplastificantes basados en copolímeros (PCE) se puede lograr los resultados esperados. La investigación busca identificar y conocer la influencia de estos aditivos en los resultados de los ensayos para garantizar un adecuado control de calidad y uso del mismo para evitar problemas en las obras de ingeniería.

La investigación identifica la influencia de los aditivos superplastificantes basados en copolímeros (PCE) sobre el concreto de alta resistencia para mejorar el asentamiento, trabajabilidad y obtener la resistencia requerida para el concreto. Por eso es necesario el uso de aditivos ya que mejoran las propiedades del concreto y obtienen buenos resultados. Los aditivos a emplearse son reductores de agua de alto rango, los cuales cumplen con las especificaciones técnicas de la norma ASTM C-494/C494M-08a

En nuestro país se realizan concretos convencionales y de última generación, el desarrollo e investigación de los aditivos toma énfasis en nuestro mercado local. Esta investigación de índole documental busca dar importancia en el uso de estos aditivos superplastificantes, la dosificación óptima para una influencia positiva en el concreto de alta resistencia, estos resultados serán de utilidad para futuras investigaciones en cuanto al uso de estos aditivos.

El objetivo de la presente investigación se basó en determinar la influencia de estos aditivos superplastificantes basados en copolímeros para concretos de alta resistencia. Se han planteado 2 objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de óptimo de aditivo superplastificante para mejorar el asentamiento.
- Determinar la relación a/c para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar la resistencia a la compresión.

Presentado los objetivos específicos, la investigación tiene como principal objetivo determinar el aditivo superplastificante para mejorar las propiedades del concreto de alta resistencia.

La investigación se desarrolló en seis capítulos, en donde el Capítulo I se centra en la problemática actual, formulamos los problemas generales y los específicos, se marcan objetivos, se dan la importancia junto con la justificación, y delimitamos nuestra investigación.

En el Capítulo II se desglosa la estructura teórica que aplicamos en la investigación, tales como marco teórico, recopilamos investigaciones referentes al tema a nivel nacional e internacional y artículos científicos relevantes al tema de investigación.

En el Capítulo III, encontramos el sistema de hipótesis del estudio, donde planteamos nuestra hipótesis general y específicas, adicionamos el sistema de variables y la operacionalización de las mismas.

En el Capítulo IV, describimos la metodología que se incorporaron para la relación de la presente investigación tales como tipo, diseño, población, muestra y técnicas para la interpretación de resultados

En el Capítulo V, presentamos los resultados de la investigación que hicimos mediante la recopilación de datos y analizaremos a cada autor para entender la perspectiva que tiene sobre el tema a estudiar y constataremos los resultados para la aprobación de la hipótesis. Se da la discusión de resultados donde compararemos las diferentes perspectivas de los autores presentados en la investigación. Para Finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones de los análisis realizados, información resultante de la misma y recopilación de los autores que fueron influyentes en esta investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El concreto es un material de uso universal en el mundo en la construcción. En el Perú es el elemento más usado. Está compuesto generalmente por cemento, agua, agregado fino y agrado grueso. Debido a las grandes demandas de su uso y para preservar la calidad el mismo se vio en la necesidad de la inclusión de aditivos con la finalidad de mejorar sus características. Como punto inicial se ve en la necesidad de tener un control sobre el asentamiento del concreto ya que eso nos asegura una correcta trabajabilidad por horas lo que es necesario para completar los trabajos y asegurarnos la calidad del mismo. (Huarcaya, 2014)

Otro aspecto importante en el concreto es la desventaja de esperar 28 días para alcanzar la resistencia requerida. Para ello es necesario tener en cuenta la dosificación de materiales y la relación agua/cemento, calidad de los agregados tanto en sus propiedades mecánicas, físicas y granulometría en general. Las normas para proyectar el concreto en términos de calidad se basan en ensayos mecánicos mediante probetas normalizadas y ensayadas a 28 días. Este plazo largo puede generar dificultades debido a que en 28 días ya se colocaron grandes cantidades de concreto, esto sería un inconveniente en caso no se pueda asegurar su resistencia y calidad. (Nuñez & Villanueva, 2018)

Por todo lo antes mencionado la presente investigación se enfoca en dar un conocimiento sobre la influencia del aditivo superplastificantes basados en copolímeros (PCE) en concretos de alta resistencia para prevenir problemas y fomentar las ventajas del uso de estos aditivos para la industria de la construcción. Los aditivos superplastificantes son elementos utilizados actualmente en la elaboración de concreto debido a la mejora en sus propiedades y/o características. Estos aditivos denominados “reductores de agua” mejoran la fluidez del concreto por ende 4 tienen buena trabajabilidad en una cierta cantidad de tiempo y en dosificaciones óptimas se alcanza alta resistencia en el concreto.

1.2. Contextualización y delimitación del problema

En el estudio de concreto con el pasar de los tiempos se van desarrollando nuevas tecnologías que nos ayudan a preservar la calidad del concreto y a mejorar las propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido. Para esto se vio en la necesidad de adicionar aditivos, uno de los aditivos que aporta grandes beneficios es el aditivo superplastificante basado en copolímeros. Estos se usan para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, su asentamiento y por ende su trabajabilidad.

Actualmente debido a la gran demanda y para preservar la calidad del concreto en obras de gran envergadura, la presente investigación tiene como propósito obtener un concreto de alta resistencia con la adición de aditivos superplastificantes basado en copolímeros, con la finalidad de evaluar los resultados para encontrar el diseño de mezcla óptimo teniendo en cuenta la relación agua cemento y el porcentaje de aditivo superplastificante, con lo antes mencionado se espera una mejora en las propiedades mecánicas del concreto, asentamiento y una correcta trabajabilidad. De esta forma obtendremos una guía detallada sobre el uso del aditivo superplastificante basado en copolímeros, ventajas y un óptimo diseño de mezcla que puede servir como apoyo para futuras investigaciones relacionadas al tema.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo el aditivo superplastificante basado en copolímero mejora las propiedades del concreto de alta resistencia?

1.3.2. Problema específico

- a) ¿En qué medida el porcentaje de aditivo superplastificantes basado en copolímeros influye en el asentamiento del concreto de alta resistencia?
- b) ¿Cómo la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros influye en la resistencia?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar aditivo superplastificante basado en copolímeros para mejorar las propiedades del concreto de alta resistencia.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero para mejorar el asentamiento del concreto de alta resistencia según ASTM C1611.
- b) Determinar la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar la resistencia a la compresión según la norma ASTM C318.

1.5. Importancia

La presente investigación tiene como fin brindar los conocimientos teóricos y prácticos recopilados de aportes experimentales sobre el uso de aditivos superplastificantes basados en copolímeros manteniendo así su trabajabilidad y resistencia a edades tempranas y finales.

Otro de los aspectos importantes de la investigación es contribuir con las grandes industrias de la construcción, manteniendo la calidad de los concretos de alta resistencia como también acortar los excesos de recursos empleados en su elaboración.

1.6. Justificación

1.6.1. Conveniencia

La presente investigación es contribuir con las grandes industrias de la construcción, mediante el uso de aditivos superplastificantes basado en copolímeros manteniendo la calidad y su trabajabilidad de los concretos de alta resistencia necesaria por su alta demanda.

1.6.2. Relevancia social

Al modificar el asentamiento y las propiedades del concreto de alta resistencia, obtendremos una mejor trabajabilidad y una mejor relación de agua/cemento a comparación del concreto convencional generando una menor demanda del material cementante, acortando los excesos de recursos, abaratando costos en beneficio a la industria de la construcción y medio ambiente.

1.6.3. Aplicaciones prácticas

Esta investigación comprende los cambios en las propiedades del concreto fresco y endurecido del concreto de alta resistencia mediante el uso de aditivos superplastificantes, los profesionales en el campo de la construcción podrán entender y determinar con mayor precisión la aplicación correcta de estos aditivos, en qué grado mejora la trabajabilidad y como mejora dichas propiedades antes mencionadas.

1.6.4. Utilidad metodológica

El presente tema de investigación pertenece a una investigación cuantitativa observacional, ya que permite determinar la cantidad de aditivo superplastificante basado en copolímero, edades de ensayos, promedios y probabilidades estadísticas para establecer grados de influencia en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Se recopilará información para un correcto análisis de resultados con el cual podremos constatar los objetivos planteados inicialmente, se podrá extraer las conclusiones y recomendaciones a partir de dichos resultados.

1.6.5. Valor teórico

Esta presente investigación será un gran aporte científico, teórico de carácter documental. Se podrá explicar el correcto uso e influencia que tiene el aditivo superplastificante basado en copolímero sobre las propiedades del concreto de alta resistencia, determinar la mejora de la trabajabilidad y como se genera un beneficio en su aplicación. Con el fin de convertirse en antecedentes para futuras investigaciones.

1.7. Limitaciones

Las limitaciones de la presente investigación ya que no hay acceso a un laboratorio de ensayos de materiales debido a la pandemia Covid-19 que atraviesa el país no se puede obtener datos, por eso se desarrolla de manera documental, estudios previos y fuentes de referencia para cumplir con los objetivos

1.8. Delimitación del estudio

1.8.1. Valor teórico

El estudio podrá ser utilizado como guía sobre el uso del aditivo superplastificante basado en copolímeros.

1.8.2. Temporal

La presente investigación se realizó en el año 2020, teniendo una trascendencia para futuras investigaciones.

1.8.3. Temática

El tema de estudio es el uso de aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar las propiedades del concreto de alta resistencia.

1.8.4. Muestral

Las muestras que se estudiarán son probetas de concreto de alta resistencia con la aplicación de aditivos superplastificantes basado en copolímero en el diseño de mezcla.

1.9. Alcance de la investigación

La presente investigación desarrollará un diseño de concreto de alta resistencia con la incorporación de aditivos superplastificantes con copolímeros, utilizando el cemento tipo I, los resultados serán las resistencias obtenidas por los ensayos a compresión, flexión y tracción

1.10. Viabilidad

Esta investigación es viable ya que se puede aplicar en la actualidad, así como las diferentes referencias bibliográficas (tesis, revistas, artículos). Los cuales se centran en la incorporación de aditivos superplastificantes con copolímeros al concreto, para la elaboración de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Antes o después de 1970, Japón comenzó a desarrollar el ácido acrílico como principal comonomero del reductor de agua de policarboxilato (PCE). El reductor de agua de PCE inicial está insaturado por la copolimerización de ácido carboxílico y olefinas, y luego el proceso de mejora y preparación de la estructura molecular ha hecho gran progreso. Por tanto, las prestaciones del agua reductora de agua son cada vez más excelentes. Como país del desarrollo y aplicación de dicho agente reductor de agua, Japón tiene muchas patentes en áreas relacionadas. Las investigaciones actuales se centran en la influencia del agente reductor de agua sobre la resistencia a la compresión, retención, agua reducción del hormigón de alto rendimiento. En este punto, el agente reductor de agua de PCE que se ha desarrollado en Japón puede mantener la cantidad original de cemento y la retención de asentamiento en las mismas circunstancias. La relación agua-cemento del hormigón de alto rendimiento se puede reducir a menos de 1:4. En los últimos años, Europa y Estados Unidos también observan las amplias perspectivas del agente reductor de agua PCE. Las investigaciones se han transferido al agente reductor de agua PCE y se han publicado algunas patentes. El estudio sobre la preparación de agente reductor de agua PCE se vuelve cada vez más maduro. Como Las investigaciones se han transferido al agente reductor de agua PCE y se han publicado algunas patentes. El estudio sobre la preparación de agente reductor de agua PCE se vuelve cada vez más maduro. Como Las investigaciones se han transferido al agente reductor de agua PCE y se han publicado algunas patentes. El estudio sobre la preparación de agente reductor de agua p PCE se vuelve cada vez más maduro. Como informó, el uso del agente reductor de agua de PCE tenía más que el agente reductor de agua tradicional, como el sistema de melamina después de 1995 en Japón. En 1998, los productos de PCE representaron la participación total del mercado de superplastificantes de más del 60%. A principios del siglo XXI, la cantidad en Japón había superado el 80%. En los años noventa del siglo pasado, los agentes reductores de agua que se aplicaron en la ingeniería fueron principalmente naftaleno, melamina y otros agentes reductores de agua tradicionales. Los agentes reductores de agua de PCE se han investigado últimamente en el ámbito doméstico, y había

una cierta brecha con el nivel avanzado del mundo, ya sea en el proceso de producción, la selección de materias primas o el rendimiento mejorado. En el nuevo siglo, las industrias afines han prestado cada vez más atención a la investigación de la producción. (Huang & Li, 2015)

2.2. Investigaciones relacionadas al tema

2.2.1. Investigaciones nacionales

Palomino, J. (2017), En su investigación de tesis:

Tiene como objetivo diseñar y producir un concreto autocompactante para mejorar sustancialmente la trabajabilidad en el vaciado del concreto realizados en la ciudad de Abancay. realizaron los trabajos de investigación de materiales en las canteras Quispe (pedregal) y Aymituma, A esto se propuso un concreto $f'c=215 \text{ kg/cm}^2$ un concreto tipo A con revenimiento de 3" – 4", y tipo B con revenimiento de 6" – 7"; como concreto autocompactante de $f'c=215\text{kg/cm}^2$ un concreto tipo 1 con 0.80% de aditivo superplastificante, tipo 2 con 1.125% de aditivo superplastificante y tipo 3 con 1.4% de aditivo superplastificante. Se planteó utilizar los agregados de la cantera que se aproximen a cumplir las normas NTP y ASTM donde se debe buscar una granulometría óptima para el diseño de mezcla utilizando el método de agregado global.

Tabla 1

Relacion porcentaje de aditivo con resistencia a la compresion

% Aditivo	7 días kg/cm ²	14 días kg/cm ²	21 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²
1.400%	182.90	213.43	226.66	250.24
1.125%	165.85	189.42	205.65	222.02
0.850%	165.79	188.78	202.51	215.13

Nota. Palomino, J. (2017)

Se concluyó que el concreto tipo B tiene mayor revenimiento y resultados óptimos en sus resistencias respecto a la trabajabilidad recomendable para las autoconstrucciones.

Mego, J. & Meza, K (2018), En su investigación de tesis:

Tiene como objetivo evaluar los porcentajes óptimos de la ceniza de la hoja de caña con aditivo superplastificante Euco Plastol 3000PC a diferentes tiempos de curado para obtener las mejores propiedades de resistencia a la compresión, rigidez, capacidad de llenado – paso y fluidez de un concreto autocompactante. Se determinó que el concreto autocompactante con adición al 2.5% de ceniza y 1.18% de aditivo superplastificante cumple satisfactoriamente todos los requisitos para un concreto autocompactante, alcanzando una extensión de 760 mm, con un tiempo de fluidez de 9.90 segundos, sin tendencia de bloqueo consiguiendo una resistencia a la compresión de 567 kg/cm² (11% de aumento con respecto a la probeta patrón) con una rigidez de 317,962.55 kg/cm² (12% de aumento con respecto a la probeta patrón) a 28 días de curado.

2.2.2. Investigaciones internacionales

Reina, J. (2010), En su investigación de tesis:

Tiene como objetivo determinar la Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. Se propuso diseñar doce mezclas de concreto para alcanzar resistencias a la compresión de 500, 550, 600 y 650 kg/cm², utilizando tres tasas de dosificación de aditivo superplastificante de 600, 1200 y 1800 ml/100 kg de cemento para cada resistencia, y tomando en cuenta parámetros fijos como por ejemplo el revenimiento (en el rango de 5 a 8 pulgadas) que sirvan para establecer propiedades del concreto como su trabajabilidad y consistencia. Realizando los siguientes ensayos al concreto en estado fresco: revenimiento, contenido de aire, temperatura y peso volumétrico; también se realizaron ensayos al concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión a 7 y 28 días de edad y módulo de elasticidad; esto con el objetivo de determinar la influencia de la tasa de dosificación de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Tabla 2*Correlación entre resistencia a la compresión a 28 días y tasa de dosificación de aditivo*

Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Mezcla A (A/C = 0.45) kg/cm ²	Mezcla B (A/C = 0.40) kg/cm ²	Mezcla C (A/C = 0.35) kg/cm ²	Mezcla D (A/C = 0.32) kg/cm ²
600	545.47	552.14	714.60	744.23
1200	588.05	643.94	695.46	703.86
1800	595.45	670.74	641.99	671.27

Nota. Reina, J. (2010)

Mondragon, M. (2013), En su investigación de tesis:

En el presente estudio se prepararon una serie de cerámicos avanzados base de cemento portland, partiendo de polvos precursores comerciales de cemento y otros agregados minerales, con mayor valor adquisitivo que la simple mezcla del polvo precursor. Manipulando la reología de las partículas de los agregados finos seleccionados y mediante la utilización de la técnica de molienda de alta energía y de la adición de superplastificantes organo-químicos a la mezcla resultante se ha logrado la conversión de un cemento portland compuesto CPC en otro cemento compuesto de alto desempeño del tipo reactivo (cemento de polvo reactivo CPR), dotado de una resistencia mecánica de por los menos 3 veces mayor a 100 MPa, a la resistencia típica mostrada por los cementos/concretos convencionales de portland ordinario (CPO) y/o compuesto (CPC) con resistencias de moderada-baja. Se trabajó a edades de 1, 7 y 28 días de fraguado en cámara de curado convencional (25°C) con una relación agua/cemento de 0.4 y 0.5.

Ilg,M. & Plank,J. (2016), En su investigación afirma que:

Se sintetizó un nuevo superplastificante injertando monómeros de ácido 2-acrilamido-2-terc-butil sulfónico (ATBS) y ácido acrílico (AA) en una cadena principal de lignito usando la técnica de copolimerización de radicales libres. Se probaron diferentes proporciones molares de ATBS: ácido acrílico para investigar la fluencia del contenido de ácido acrílico sobre el rendimiento de dispersión del copolímero de injerto. Los polímeros sintetizados se caracterizaron en relación con sus propiedades moleculares y su capacidad de dispersión en cemento. Se encontró que especialmente el copolímero de injerto con una relación molar de ATBS: ácido acrílico de 1: 0,15 exhibe una alta fuerza de dispersión, una larga retención de asentamiento, una alta tolerancia a los sulfatos y solo un menor retraso del cemento. El polímero es más eficaz que el BNS de grado industrial. El injerto exitoso de los monómeros fue confirmado por cromatografía de exclusión de tamaño y medición de los espesores de capa adsorbida.

Łażniewska-Piekarczyk, B (2018), En su investigación afirma que:

Los aditivos químicos más empleado en la construcción son los aditivos modificando las propiedades reológicas de la mezcla de hormigón, plastificantes y superplastificantes. La eficacia de los aditivos, con respecto a tanto el hormigón fresco como el endurecido, depende de variables relacionadas con el cemento, los agregados, y se mezclan entre sí, y también depende de factores externos como la temperatura del aire. A cuestión muy importante relacionada con el uso de aditivos plastificantes, y especialmente aditivos superplastificantes en la práctica de la construcción, es la compatibilidad de otros aditivos con cementos y aditivos e influencia de la temperatura en la eficacia de su cooperación.

El objetivo de los estudios analizados en el artículo es evaluar la interacción de diversos superplastificantes, plastificantes y aditivos incorporadores de aire a diferentes temperaturas, tanto reducidas como elevadas, debido a las propiedades del mortero fresco.

Tabla 3*Composición del mortero*

Componente del mortero	Cantidad de gramos
Cemento CEM I 42.5 R	450.0
Agua	
A/C = 0.50	225.0
Arena Estándar	1350.0

Nota. Łązniewska-Piekarczyk, B (2018)**Tabla 4***Propiedades mecánicas, físicas y químicas de CEM I 42.5 R*

Propiedades del cemento	Unidad	Valor	Estándar
2 días de Fuerza	Mpa	28.0	$\geq 20,0$
28 días de fuerza	Mpa	57.2	$\geq 42,5, \leq 62,5$
Inicio de encuadernación	Min	170	≥ 60
Estabilidad de volumen	Mm	0.4	≤ 10
Superficie específica	cm ² / gramo	3681	Sin Requisitos
Pérdida por calcinación	%	2,87	$\leq 5,0$
Contenido de residuo insoluble	%	0,79	$\leq 5,0$
Contenido de sulfato (como SO ₃)	%	2,50	≤ 4.0
Contenido de cloruro Cl-	%	0,059	$\leq 0,10$
N / A 2 Oeq.	-	0,63	Sin Requisitos

Nota. Łązniewska-Piekarczyk, B (2018)

Tabla 5*Características de los aditivos superplastificantes, plastificantes e incorporadores de aire*

Tipo de aditivo	Base química principal	Valor Promedio
Superplastificante (PCE)	Éter de policarboxilato	0.220
Superplastificante (PCP)	Policarboxilato	0.220
Superplastificantes (norte)	Naftaleno modificado	0.110
Superplastificantes (UNA)	Acrilato-polietilenglicol	0.220
Superplastificantes (F)	Fosfonatos modificados	0.220
Plastificante (NSF)	Sulfonato de naftaleno	0.440
Plastificante (MSF)	Formaldehído de melamina sulfonado	0.440
Plastificante (MLS)	Lignosulfonato maleado	0.440
Incorporador de aire (AEA)	Compuestos tensioactivos sintéticos	0.015

Nota. Łażniewska-Piekarczyk, B (2018)

En esta investigación se concluyó que el aumento de la temperatura del mortero aumenta ligeramente el diámetro de flujo del mortero con aire, es decir, para algunos superplastificantes, es decir, reduce en gran medida la tensión superficial de agua, o reduciendo el diámetro del flujo de mortero, para otros superplastificantes y todos Plastificantes.

Esen, Y & Orhan, E (2016), En su investigación afirma que:

El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de los contenidos de superplastificantes y mezclas minerales en las propiedades del hormigón autoconsolidador (SCC). El humo de sílice se usó como una mezcla mineral y el superplastificante de tercera generación basado en policarboxilato se usó como una mezcla química. Para determinar las dosis óptimas de mezcla; Se

prepararon mezclas de prueba con diferentes dosis de mezcla. Se prepararon nueve mezclas de concreto con diferentes dosis de mezcla a partir de mezclas de prueba. Se determinaron las propiedades del hormigón endurecido y los criterios de autocompactabilidad de estas series y se compararon los resultados de las pruebas entre estas mezclas de SCC. Se observó que 10S1.3A (10% de humo de sílice, 1.3% de superplastificante) y 10S1.5A (10% de humo de sílice, 1.5% de superplastificante) muestran el mejor rendimiento con respecto a las propiedades del hormigón fresco y endurecido

Tabla 6

Propiedades físicas y químicas del superplastificante

Propiedades	
Apariencia/Color	Líquido/ marrón claro
Estructura química	Polímero modificado a base de policarboxilato
Densidad	1.07-1.11 kg / l (a 20 ° C)
pH	3-7
Punto de congelación	-9
Contenido de iones de cloruro soluble en agua	Máximo 0.1%, no contiene cloruro
Contenido alcalino	Máximo 4%

Nota. Esen, Y & Orhan, E (2016)

Tabla 7*Composición química del cemento y humo de sílice*

Composición Química	Cemento (CEM I 42.5 N)	Humo de sílice
S (SiO ₂)	21.12	91.91
A (Al ₂ O ₃)	5.62	0.58
F (Fe ₂ O ₃)	3.24	0.24
C (CaO)	62.94	0.71
MgO	2.73	0.33
EN ₂ O ₃ N ₂ CS	2.30	1.06
N / A ₂ O	-	0.38
K ₂ O	-	4.34
Cl	0.009	0.8-1.0
Pérdida por ignición	1.78	1.84

Nota. Esen, Y & Orhan, E (2016)

Tabla 8*Propiedades física del cemento y humo de sílice*

Propiedades físicas	Cemento (CEM I 42.5 N)	Humo de sílice
Densidad (g / cm ³)	3.13	2.20
Área de superficie específica (cm ² / gramo)	3370	-
Ajuste inicial (min.)	168	-
Ajuste final (min.)	258	-

Nota. Esen, Y & Orhan, E (2016)**Tabla 9***Propiedades Mecánicas del cemento y humo de sílice*

Días	Cemento (CEM I 42.5 N) kg/cm ²	Humo de Sílice
2 días (Kg/cm2)	263.09	-
7 días (Kg/cm2)	426.24	-
28 días (Kg/cm2)	516.99	-

Nota. Esen, Y & Orhan, E (2016)

Pan, Y., Jiang, Y, & Zhang, (2016) , En su investigación afirma que:

Para la limitación del superplastificante de un solo componente, se prepararon superplastificantes combinados de tipo condensado y copolímero. La adsorción de superplastificantes compuestos en pasta de cemento se probó mediante la medición de carbono orgánico total. Influencias de superplastificantes en el proceso de hidratación temprana del cemento y la formación de fases órgano-minerales se estudiaron mediante análisis de difracción de rayos X, análisis de microscopio electrónico de barrido, etc. Los resultados muestran que, debido al mecanismo cooperativo de repulsión electrostática y efecto estérico, los superplastificantes combinados de tipo condensado y copolímero reducen la adsorción de superplastificantes en minerales de cemento y la superficie de sus productos de hidratación, retrasan el proceso de hidratación de C 3 A, forma hidróxidos dobles en capas orgánicas, aumenta la contracción química temprana y promueve el crecimiento de la hidratación temprana del cemento y Ettringita.

Liu, X. & Wang, Z. (2015), En investigación afirma que:

Se sintetizó un superplastificante novedoso con una estructura de múltiples brazos, es decir, un "núcleo" conectado con múltiples "brazos" de copolímeros, mediante dos pasos que incluyen una reacción de esterificación entre alcoholes polihídricos y ácido acrílico y una reacción de copolimerización en una solución acuosa entre la esterificación producto, isobutenil polietilenglicol y ácido acrílico. Se determinaron las condiciones de reacción y los resultados mostraron que la tasa de esterificación puede alcanzar más del 95% con un agente portador de agua de 70 g, una relación molar catalizador / alcohol de 0,07, una relación molar inhibidor / monómero de 0,03 y un tiempo de reacción de 7 horas. Los productos de reacción se caracterizaron por 1 Resonancia magnética nuclear H (1 H NMR) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier. Se confirma que es la estructura de múltiples brazos, y el superplastificante auto-sintetizado con una estructura de múltiples brazos exhibió una mayor eficiencia energética, lo que estaba de acuerdo con sus excelentes rendimientos de fluidez de pasta y comportamiento de adsorción en la pasta de cemento.

Jun, Y. & Jeong, Y (2014), En su investigación afirma que:

Los superplastificantes PCE son muy modificables. La principal fuente de dispersión es el incremento esférico debido a la presencia de largas cadenas laterales de injerto en lugar de una repulsión electrostática.

Para esta investigación se modificó la estructura molecular de los copolímeros para probar los tiempos de fraguado inicial y final, la adsorción, el desarrollo de la resistencia de las pastas de cemento, la fluidez de la pasta. Para esto se tuvieron los copolímeros AP75 y el copolímero sintetizado AP25. Para el flujo de las pastas utilizaron dosificaciones de 0% a 1.5% de los copolímeros para lo cual el copolímero sintetizado AP25 presenta un mejor rendimiento de plastificante.

Los efectos de retardadores de fraguado se utilizaron dosificaciones de 0.25% a 1% para el AP75 y hasta 2% para AP25 donde los resultados fueron: Para 3 días no se observa una reducción de la resistencia para ambos copolímeros, Para 14 días se observa una reducción para el AP75.

Liu, M. & Lei, J. (2015), En su investigación afirma que:

Se sintetizaron una serie de superplastificantes (PC) a base de policarboxilato con diferentes estructuras y se estudiaron los efectos de la estructura química sobre la potencial zeta y las propiedades reológicas de la pasta de cemento. Se determinaron cuantitativamente los monómeros residuales en cada muestra de PC. La propiedad de los polímeros en el cemento se probó mediante un aparato de microelectroforesis y un reómetro R / S. Los resultados mostraron que la potencial zeta y sus propiedades reológicas están relacionadas con la longitud de la cadena lateral y la densidad de las PC. Los PC que tienen una cadena lateral más corta y una densidad de cadena lateral más baja exhiben una densidad de carga aniónica más alta, lo que da como resultado una potencial zeta más alto. El efecto de la densidad de la cadena lateral sobre la potencial zeta es más notable en comparación con el de la longitud de la cadena lateral, y por lo tanto afecta el límite elástico inicial y la viscosidad aparente de la pasta de cemento. Además, aunque aumentar la longitud de la cadena lateral dará como resultado una reducción de la densidad de carga aniónica, el efecto de impedimento estérico es obvio, que puede mejorar eficazmente la dispersión

de las partículas de cemento y reducir la viscosidad y el límite elástico de la lechada.

Huang,X. & Li,X. (2017), En su investigación afirma que:

Los agentes reductores pueden mantener la misma relación agua/cemento en el caso de aumentar las propiedades de flujo del hormigón. Agregar la dosificación correcta puede hacer que el asentamiento alcance más de 250mm lo que hace posible la construcción por bombeo y el concreto autocompactante. Agregar el aditivo superplastificante también puede mantener el mismo asentamiento, en caso de reducir la relación/agua cemento reduce considerablemente el agua por unidad de volumen.

Al aplicar el aditivo superplastificante entre un 10% a 30% de agua queda atrapado entre las partículas de cemento. Debido a la forma de peine cuando las partículas de polímeros se acercan entre si las capas absorbentes se superponen entre sí, restringiendo la libertad de movimiento.

Ibragimov,R. & Fediuk,R. (2019);En su investigación afirma que:

Identificar la influencia de los diferentes tipos de superplastificantes de naftaleno formaldehído y policarboxilato durante el proceso de activación de suspensiones cementosas por el aparato de pulsación RPA. Las suspensiones cementosas obtenidas por activación mecano-química en estado líquido se prepararon como nuevas composiciones, a partir de las cuales se crean hormigones de alta resistencia. Las características de la mezcla de investigación mediante una serie de pruebas (ensayos). Además de identificar las características de durabilidad. Todas estas comparativas fueron a los 28 días de curado. Los resultados indican que la activación mecano-química de la suspensión cementosa RPA con superplastificante Relamiks T-2 y Remicrete SP60 contribuyen a la mejorar de las propiedades: Aumenta en un 20% el módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión en un 54%, la resistencia del prisma 67% superior, una resistencia a la flexión de 5.41 MPa y una resistencia del prisma de 32.66 MPa.

Stecher, J. & Plank, J. (2019), En su investigación afirma que:

La sinterización de nuevos superplastificantes de polifosfatos por reacción entre monómeros de 2 etilfosfato y el éster metacrilato. Los polímeros de peine fosfatados exhibieron un rendimiento de dispersión superior que los polímeros de policarboxilato convencionales, retardaban menos el cemento y mostraban una robustez comparable frente a las impurezas de sulfato y arcilla. Estas propiedades se pueden explicar por la alta capacidad complejante de calcio de los grupos fosfato. La relación a/c de 0.30 con una buena manejabilidad.

Huang, Z. & Yang, Y. (2018), En su investigación afirma que:

El hormigón autocompactante o de alta resistencia caracterizado por una baja relación agua-cemento plantea desafíos para su viscosidad y capacidad de bombeo. Para eso la presente investigación tiene como objetivo sintetizar un superplastificante de policarboxilato hiperramificados mediante el método de polimerización redox in situ. Gracias a su estructura hiperramificada reduce la viscosidad de la solución de poros y alivia el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. Conduciendo a una reducción del 30% en la viscosidad de la pasta. Para una relación agua cemento de 0.29 y 0.22 para la comparativa de aditivos.

Al-Shamiri, A. & Kim, J. (2019), En su investigación afirma que:

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica importante y significativa del hormigón que se considera uno de los parámetros importantes en muchos códigos y normas de diseño. La estimación temprana y precisa de la misma puede ahorrar tiempo y dinero. En este estudio, se utilizó una máquina de aprendizaje extremo para predecir la resistencia a la compresión del hormigón de alta resistencia. Es un método relativamente nuevo para entrenar redes neuronales artificiales, que muestra un buen rendimiento de generalización y una rápida velocidad de aprendizaje en muchas aplicaciones de regresión. El modelo se desarrolló utilizando 324 registros de datos obtenidos de experimentos de laboratorio. La resistencia a la compresión se modeló en función de cinco variables de entrada: agua, cemento, agregado fino, agregado grueso y superplastificante. El rendimiento del modelo desarrollado se comparó con el del modelo ANN entrenado mediante el uso del algoritmo

de retropropagación (BP). Los resultados de la simulación muestran que el modelo ELM propuesto tiene un gran potencial para predecir la resistencia a la compresión de HSC.

Ma,B. & Qi,H. (2020), En su investigación afirma que:

El superplastificante de policarboxilato PCE y el superplastificante Alifática son agentes reductores de agua ampliamente utilizados en el hormigón. En esta investigación se investigó el efecto de AS sobre la dispersión de PCE. Los resultados experimentales verificaron que los efectos de AS sobre el comportamiento reológico de la pasta de cemento que contiene PCE estaban estrechamente relacionados con la dosis agregados. La fluidez con la pasta de cemento con AS en las dosis muestra un comportamiento relativamente constante con puntos iniciales y finales variables. Se muestra una homogénea adsorción entre el AS y PCE.

Manomi,N. & Sathyan,D. (2018), En su investigación afirma que:

La incorporación de cenizas volantes en el concreto mejoró la durabilidad del concreto de cemento Portland de manera más efectiva. Las cenizas volantes se incorporan como una mezcla mineral debido a sus propiedades ventajosas como reacción puzolánica y refinamiento de poros. En el momento en que se agregan las cenizas volantes al concreto, el hidróxido de calcio, liberado durante la hidratación del cemento, reacciona con la sílice reactiva presente en las cenizas volantes y forma un gel de silicato de calcio hidratado (CSH). Esta investigación investiga la influencia de las cenizas volantes junto con cuatro superplastificantes (SP) diferentes, a saber, éter de policarboxilato (PCE), lignosulfonato (LS), formaldehído de melamina sulfonado (SMF) y formaldehído de naftaleno sulfonado (SNF) y sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad de hormigón. El hormigón se fabricó con diferentes niveles de reemplazo de cenizas volantes clase F (0,15, 25, y 35% en masa) de cemento, la relación a / c se mantuvo constante en 0,37 y la dosis de superplastificante correspondiente a la dosis de saturación. La dosis de saturación del superplastificante se mide realizando pruebas de cono de pantano y minislump. Las propiedades mecánicas y de durabilidad probadas fueron la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la capacidad de sorción. Se ha

descubierto que los superplastificantes basados en PCE son más eficaces. Se observó una modificación en las propiedades mecánicas por aumento en la resistencia a la edad tardía y durabilidad por el aumento del concreto con la adición de cenizas volantes y superplastificante en la mezcla de control. Las propiedades mecánicas y de durabilidad probadas fueron la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la capacidad de absorción. Se ha descubierto que los superplastificantes basados en PCE son más eficaces.

Erzengin,S. & Kaya, K. (2018), En su investigación afirma que:

Se sintetizaron superplastificantes de policarboxilato a base de éster metacrílico del ácido metacrilato-co-metacrílico de metoxipolietilenglicol (mPEGMA-co-MAA) con varias densidades de cadena lateral y longitud de cadena lateral, y se caracterizaron y sus impactos en la trabajabilidad, reología, tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del cemento. se estudiaron los sistemas. Los resultados mostraron que los copolímeros sintetizados cambian el comportamiento reológico de las suspensiones de cemento al engrosamiento por cizallamiento y los SP con densidades de cadena lateral bajas aumentan la fluidez, la retención de fluidez y las resistencias de las muestras más altas que sus contrapartes. Además, los policarboxilatos retardan la hidratación del cemento y se pueden preferir dosis bajas de trietanolamina como acelerador para aplicaciones de clima frío o para resistencias mecánicas tempranas de los sistemas de cemento.

Antoni,J. & Kusuma,O. (2017), En su investigación afirma que:

El uso de PCE como superplastificante SP en la fabricación de hormigón de alta resistencia es cada vez más común. Cada marca de SP disponible en el mercado tiene diferentes composiciones, lo que causa una diferencia en la necesidad de dosificación y las características resultantes. Además del tipo de SP, el tipo y la composición del cemento también afectan a las propiedades del hormigón fresco y endurecido. En este estudio se investigaron las dosis óptimas de varias marcas de superplastificante PCE en la fabricación de mortero. Se utilizaron dos tipos de cemento diferentes. Se evaluó el efecto del PCE en la fluidez, el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión resultante. Los resultados muestran que con el aumento de la dosis de SP en la mezcla de

mortero, la fluidez aumenta. Sin embargo, hay un valor óptimo para cada marca y para cada proporción de agua y cemento. El aumento de la fluidez se acompaña de un aumento de la resistencia a la compresión hasta alcanzar el nivel óptimo. Sin embargo, el uso excesivo de SP podría conducir a la hemorragia y la segregación, y reducir la fuerza de compresión. Se encontró que el cemento ordinario Portland Se observó un tiempo de fraguado más largo para todas las mezclas que emplean SP, en diferentes grados de extensión. Se correlaciona con el tiempo de retención de la caída. Un método simple para determinar la dosis óptima.

Sonebi,M. & Garcia-Taengua,E. (2015); En su investigación afirma que:

El uso de aditivos superplastificantes con las diversas adiciones minerales justifica la necesidad de realizar más investigaciones. Es necesario comprender y cuantificar sus efectos y las posibles sinergias sobre las propiedades frescas y endurecidas. Esta investigación busca una comparativa de las propiedades frescas y endurecidas del hormigón con la adición de nano sílice, cenizas volantes y dosis de aditivos superplastificantes. Se realizaron pruebas de cono de Marsh y Cono Lombardi para las propiedades en estado fresco. Para ello se tiene una relación agua cemento de 0.35, Un porcentaje de nano sílice en un rango de 0,5% a 3.5%, ceniza volante en un rango de 5 % a 20% y superplastificante en un rango de 0.3% a 0.9%.Se concluyo que a más nano sílice es necesario más aditivo superplastificante para mantener la fluidez, los aditivos superplastificantes tienen mayor eficiencia en términos de lubricación y de floculación cuando hay partículas de nano sílice, el aumento de SP resulto una mayor densidad del mortero.

Su,T. & kong,X. (2019), En su investigación afirma que:

El control de la fluidez y el ajuste de fraguado son dos cuestiones críticas para las aplicaciones prácticas del cemento de sulfoaluminato de calcio debido a su rápida hidratación. Se sintetizaron un superplastificante de policarboxilato (PCE) similar a un peine y copolímeros lineales (PAS) de ácido acrílico (AA) y ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (AMPS) con una relación de monómeros variada para estudiar sus impactos en la fluidez e hidratación temprana del cemento de belita de sulfoaluminato de calcio (CSAB). Los

resultados muestran que los polímeros PAS lineales son muy eficaz en la dispersión de pastas de cemento fresco (fcps) y es eficaz la hidratación temprana del cemento. Más unidades de AA en las moléculas de PAS conduce a una inhibición más fuerte sobre la hidratación del cemento. En comparación con los polímeros PAS, PCE casi no presenta inhibición en el Efecto sobre la hidratación del cemento a pesar de la alta dispersabilidad inicial. Por lo tanto, las pastas de cemento que contienen polímeros PAS exhiben excelentes retenciones de fluidez en comparación con el PCE convencionales.

Chen,D. & Guo,J. (2019), En su investigación afirma que:

Los aditivos a base de polímeros, que se utilizan ampliamente en el campo de la operación de cementación de pozos, son copolímeros sintetizados usando monómeros por copolimerización de radicales libres. Sin lugar a dudas, el proceso de hidratación del cemento para pozos petroleros con una variedad de aditivos es complicado y puede verse afectado por múltiples factores. Los métodos experimentales combinados con simulaciones computacionales se realizaron para explicar la interacción entre el aditivo de pérdida de fluidos (FLA) y el cemento de pozo de petróleo. Tanto a partir de las propiedades macroscópicas como de las estructuras microscópicas, se explicó el mecanismo de adsorción del aditivo de pérdida de fluidos en la superficie de las partículas de cemento. Se realizaron cinéticas de adsorción e isothermas en soluciones diluidas y se comprobó que el proceso de adsorción es de adsorción monocapa sobre la superficie del cemento con sitios finitos, que es la característica de la quimisorción. Ca^{2+} difusión de iones del cemento del pozo de petróleo a la solución de los poros del cemento. Mientras tanto, el intercambio de iones se produce entre Ca^{2+} iones y iones Na^{+} , y el copolímero se quela con el Ca^{2+} iones del cemento del pozo de petróleo para formar una estructura de quelato, haciendo que la pasta de cemento endurecido sea más compacta. Por lo tanto, la pérdida de fluidos de las lechadas de cemento de los pozos de petróleo se controla debido a la fuerte quelación, mientras que la formación de productos de hidratación del cemento y el período de inducción de la hidratación del cemento se retrasan.

Winnefeld,F. & Becker,S. (2007), En su investigación afirma que:

Los aditivos superplastificantes basados en copolímeros con columna vertebral e injerto de cadenas laterales son usados frecuentemente en la industria del hormigón por sus propiedades dispersantes, bajas dosis, excelente reducción de agua, excelente trabajabilidad y menor contracción. El enlace de la columna vertebral y las cadenas laterales tienen una gran influencia en el comportamiento temprano de las suspensiones de cemento debido a los enlaces de copolímeros. En este estudio se utilizaron dos dispersantes de copolímeros con diferentes grupos de enlace (éster y éter) que fueron analizados por TOC, DSC-TG, dispositivo calorimétrico y microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM). Los resultados de la prueba mostraron que el copolímero de forma de peine con enlace éster tiene una menor cantidad de adsorbida inicial, acelerando la tasa de hidratación.

Miao,C. & Ran, Q. (2011), En su investigación afirma que:

La incorporación de superplastificantes de alto rendimiento en el hormigón es uno de los métodos tecnológicos más efectivos y económicos para lograr un desarrollo sostenible en la industria del hormigón. Los superplastificantes convencionales tipo polielectrolito tienen algunos defectos, por ejemplo, poca dispersabilidad, gran pérdida de asentamiento, aumento de la retracción del hormigón y contaminación durante su fabricación. Aunque la nueva generación de superplastificantes de policarboxilato en forma de peine tiene beneficios notables en la práctica, también tiene el inconveniente de una dosis de baja saturación. En este estudio, basado en el mecanismo de adsorción-dispersión del dispersante y la teoría de la solución de polianfolitos, se diseñó y sintetizó una nueva clase de superplastificante copolímero anfótero tipo peine (PACP). Los efectos del PACP en la reducción de agua, fraguado, resistencia a la compresión, La hidratación y la estructura de los poros se investigaron sistemáticamente. Los resultados muestran que el PACP se puede dosificar en pequeñas cantidades para obtener una reducción de agua de hasta un 45%. La adición de PACP tampoco retarda la hidratación del cemento y aumenta significativamente la resistencia a la compresión del concreto endurecido en las etapas iniciales y finales. Además, el PACP puede mejorar aún más la tasa de desprendimiento de calor, retrasa el tiempo para alcanzar la temperatura de

hidratación más alta y refina la estructura de poros del cemento endurecido de forma pastosa, lo que conduce a una disminución de la porosidad y del tamaño medio de los poros.

Bi, Y. & Lei, J. (2013), En su investigación afirma que:

Se sintetizaron superplastificantes de policarboxilato (PC) puente con estructura de reticulación usando diacrilato de polietilenglicol (PEGdA), reemplazando el monoacrilato de polietilenglicol parcial (PEGmA) como agente de reticulación. Las estructuras de los puentes PC se analizaron mediante cromatografía de permeación en gel, y la capacidad de dispersión se evaluó mediante la variación de la dispersión de la pasta de cemento en el tiempo y la prueba de reología. Los resultados experimentales mostraron que el peso molecular (MW) de los PC puente aumentó con el aumento de la proporción de PEGdA, y la curva de distribución de MW cambió de gaussiana a plana, lo que significó un aumento notable de copolímero altamente reticulado. Los puentes PC llevaron a una disminución de la dispersión inicial de la pasta de cemento y una mejor retención de la dispersión debido a la liberación lenta. Investigaciones posteriores mostraron que la proporción de PEGdA tuvo un ligero efecto sobre el grado de polimerización de la columna vertebral.

Negim,E. & Bekbayeva,L. (2019), En su investigación afirma que:

Se prepararon tres relaciones de composición de [alcohol polivinílico (PVA) - acrilato de 2-etilhexilo (2-EHA)] mediante técnicas de polimerización por injerto en solución acuosa utilizando persulfato de amonio como iniciador de radicales libres. La relación de PVA /2-EHA en los copolímeros injertados fue variable: 1/8, 1/6 y 1/4, respectivamente. Los copolímeros injertados obtenidos se caracterizaron mediante diferentes técnicas que incluyen FTIR, ^1H NMR, TGA y DSC. Los copolímeros se mezclaron con cemento para estudiar las propiedades físico-mecánicas de las pastas de cemento, incluidas las relaciones A / C, el tiempo de fraguado, la trabajabilidad, la absorción de agua y la resistencia a la compresión. Los resultados mostraron que la adición de copolímeros injertados a las pastas de cemento afectó las propiedades físico-mecánicas. A medida que aumentó el contenido de 2-EHA en los copolímeros

injertados, disminuyó la consistencia del agua, mientras que los tiempos de fraguado (inicial y final) se acortaron. La resistencia a la compresión de las pastas de cemento aumentó en todas las edades de hidratación, mientras que la absorción de agua disminuyó con el aumento de 2-EHA.

Wang, Q. & Li, S. (2018), En su investigación afirma que:

La adición de óxido de grafeno (GO) a la pasta de cemento aumenta significativamente su tenacidad, sin embargo, su fluidez se ve afectada negativamente. GO se hizo reaccionar primero con viniltrimetoxisilano para producir un óxido de grafeno modificado con silano (S-GO), que luego se polimerizó con ácido acrílico y un agente reductor de agua, isobutanol polioxietilén éter (masa molecular 2400), para obtener un silano y un copolímero modificado. GO (PS-GO) que actuó como agente reductor de agua de la pasta de cemento. Se preparó un copolímero sin GO en las mismas condiciones para comparar. La estructura, composición elemental y dispersabilidad de GO, S-GO y PS-GO en un ambiente de cemento simulado (agua de cal saturada) fueron investigadas por FTIR, XRD y una prueba de sedimentación. Se investigó la fluidez y reología de las pastas de cemento con la adición de GO, copolímero o PS-GO. Los resultados mostraron que el viniltrimetoxisilano reaccionaba con el grupo -OH en las hojas GO para formar un enlace éter y el copolímero se injertaba en un grupo vinilo de S-GO mediante una reacción de adición para producir el PS-GO. El PS-GO tiene una mejor dispersabilidad en agua de cal saturada con una cantidad insignificante de agregación en comparación con GO y se produce una aglomeración significativa para GO. La adición de PS-GO a las pastas de cemento mejora la fluidez y las propiedades reológicas en comparación con GO, compensando el impacto negativo de GO y aumentando la tenacidad de los cementos resultantes. El PS-GO tiene una mejor dispersabilidad en agua de cal saturada con una cantidad insignificante de agregación en comparación con GO y se produce una aglomeración significativa para GO. La adición de PS-GO a las pastas de cemento mejora la fluidez y las propiedades reológicas en comparación con GO, compensando el impacto negativo de GO y aumentando la tenacidad de los cementos resultantes. El PS-GO tiene una mejor dispersabilidad en agua de cal saturada con una cantidad insignificante de

agregación en comparación con GO y se produce una aglomeración significativa para GO. La adición de PS-GO a las pastas de cemento mejora la fluidez y las propiedades reológicas en comparación con GO, compensando el impacto negativo de GO y aumentando la tenacidad de los cementos resultantes.

Arslan,H. & Aytac,U. (2019), En su investigación afirma que:

Quitosano gramo- POEGMA (quitosano- gramo- Los copolímeros de injerto de polioligo se preparan mediante el injerto de oligo (etilenglicol metil éter) metacrilato (OEGMA) en quitosano vía Método de polimerización por radicales libres redox utilizando nitrato de amonio cérico (CAN) como iniciador a 40°C. Luego, los copolímeros resultantes se sulfatan con ácido sulfúrico, ácido clorosulfónico y ácido sulfúrico fumante (Oleum). Los compuestos se caracterizan por análisis FT-IR, NMR y elemental. El homopolímero de quitosano también se sulfata para comparar los resultados. Teniendo en cuenta

todos los resultados de la caracterización y las relaciones de solubilidad en agua, se decide realizar ensayos en probetas de hormigón que contengan copolímeros de injerto sulfatados con oleum sulfúrico. Se han examinado las propiedades reductoras de agua en el hormigón fresco. Comparado con el hormigón de referencia; se observa que la reducción de agua del injerto sulfonado es% 6 y el quitosano sulfonado es% 5. Los pesos unitarios del hormigón de referencia son 2380 kg / m³, injerto sulfonado es de 2395 kg / m³ y el quitosano sulfonado es de 2388 kg / m³. El contenido de aire del hormigón de referencia se mide como

2%, injerto sulfonado como 1,5% y quitosano sulfonado como 1,6%. Los resultados de durabilidad del concreto a 28 días se determinan como 30,1 MPa para el hormigón de referencia, 34,7 MPa para injerto sulfonado y 33,8 MPa para quitosano sulfonado.

Baueregger,S., Perello,M. & Plank,J. (2015), En su investigación afirma que:

Se sintetizó un copolímero de látex de butadieno retarda la OPC y acelera un sistema aglutinante ternario basado en OPC / CAC / , anhidrita. La razón detrás de ambos efectos es el secuestro de Ca²⁺ iones de la solución de los poros. En

el caso de OPC, el agotamiento de Ca^{2+} dificulta la formación de hidratos de cemento y, por lo tanto, retrasa la hidratación de OPC, mientras que, para el sistema ternario aglutinante, el agotamiento de Ca^{2+} cambia el equilibrio de solubilidad de CaSO_4 a favor del sulfato. Como resultado, se acelera la disolución de la anhidrita y se mejora la formación de etringita. Los polímeros de látex representan componentes clave en los morteros de mezcla seca que a menudo contienen una combinación de diferentes aglutinantes inorgánicos (por ejemplo, cemento Portland, cemento de calcio y aluminio, hemihidrato o anhidrita) para controlar el comportamiento de fraguado y contracción del mortero. Los sistemas aglutinantes ternarios compuestos por cemento Portland, cemento de calcio y aluminio y anhidrita se utilizan para aplicaciones como contrapisos autonivelantes (SLU) o morteros de reparación, que requieren un fraguado rápido y baja contracción. Los resultados sugieren que los polímeros de látex hechos a medida pueden mejorar las propiedades conocidas del mortero fresco o endurecido, como la adhesión, cohesión o fuerza axial. Además, también pueden afectar positivamente el comportamiento de fraguado de los sistemas aglutinantes minerales multicomponente. En particular, los polímeros de látex cargados (ya sea de forma negativa o positiva) pueden interactuar con iones o fases minerales con carga opuesta, proporcionando así efectos únicos.

Tramaux, A., Azéma, N., & David, G. (2018), En su investigación afirma que:

Los superplastificantes son aditivos muy utilizados en la industria de la construcción para reducir el contenido de agua del concreto para obtener una alta fluidez y trabajabilidad a corto plazo, y para aumentar las propiedades mecánicas del concreto a largo plazo. Para mejorar la eficacia y la compatibilidad del policarboxilato con el uso de aditivos minerales, concreto con alto contenido de sulfato. Este documento es la primera parte de un estudio que presenta la síntesis de varias arquitecturas macromoleculares de copolímeros en forma de peine con funciones de ácido fosfónico en lugar de ácido carboxílico clásico. Adsorción, dispersión y La eficiencia de fluidificación de estos aditivos se evalúa en suspensiones de calcita con el fin de simular comportamiento del cemento en edades tempranas. Además, se

estudian los comportamientos de asentamiento con el fin de caracterizar capacidad de dispersión de polímeros sintetizados.

He, Y., Zhang, X., Kong, Y., & Wang, H. (2018); En su investigación afirma que: Los superplastificantes PCE afectan significativamente las propiedades reológicas de las pasta de cemento. Para esta investigación empleamos copolímeros PCE auto-sintetizados con diferentes densidades carboxílicas para investigar la influencia en el comportamiento reológico. Se aplicaron los modelos de Ley de potencia, modelo Bingham y el modelo de Herschel-Buikley. Los resultados muestran que la densidad carboxílica de PCE influye en gran medida en el rendimiento de dispersión de los superplastificantes de PCE. A medida que aumenta la densidad carboxílica, mejora la capacidad de dispersión del PCE. Para esta investigación se utilizó una relación agua cemento de 0.29 y un 0.15% de superplastificante de PCE. A medida que aumenta la densidad carboxílica, la capacidad de dispersión es más fuerte, la muestra PEG1-AA6 muestra mejor dispersión. Para una relación molar de ácido carboxílico de 6, la pasta de cemento tiene la viscosidad más baja.

Liu, X., Guan, J., Zheng, Y., & Wang, Z. (2016), En su investigación afirma que: Un superplastificante de policarboxilato de alto rendimiento (PCE) se sintetizó con éxito mediante una reacción de polimerización entre ácido acrílico (AA), anhídrido maleico (MA) e isopentenil polietilenglicol (IPEG) mediante un sistema de iniciación redox. Se investigaron respectivamente la composición y las cantidades del sistema de iniciación y la proporción de monómeros. La proporción de IPGE: MA: AA: metalil sulfonato de sodio (SMAS): persulfato de amonio (APS): ácido ascórbico (ASA) se determinó como 1: 3: 1,5: 0,3: 0,015: 0,012. Además, se estudió el efecto de la temperatura de polimerización en la fluidez de la pasta de cemento de PCE. Los resultados mostraron que las pastas de cemento mezcladas con PCE sintetizadas a 10 ° C, 20 ° C y 30 ° C respectivamente exhibieron mejores rendimientos de fluidez que las mezcladas con PCE común. Las medidas de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) se utilizaron para la caracterización estructural. Los resultados confirmaron la aparición de la reacción de polimerización y la estructura ideal. Además, se probaron los rendimientos de

aplicación del PCE sintetizado mediante el sistema de iniciación redox en morteros y hormigones. Los resultados mostraron que la tasa de reducción de agua del PCE en el mortero y el rendimiento de asentamiento del PCE en el hormigón fueron mejores que los de los PCE comerciales comunes. Este método de síntesis presenta el gran valor de investigación y la perspectiva de aplicación para la preparación de PCE en la ingeniería del hormigón. Se probaron los rendimientos de aplicación del PCE sintetizado mediante el sistema de iniciación redox en morteros y hormigones. Los resultados mostraron que la tasa de reducción de agua del PCE en el mortero y el rendimiento de asentamiento del PCE en el hormigón fueron mejores que los de los PCE comerciales comunes.

Zhang, Y., Kong, X., Gao, L., & Wang, J. (2016), En su investigación afirma que: Los comportamientos reológicos de la pasta de cemento fresca con superplastificante de policarboxilato. Factores influyentes que incluyen la proporción de superplastificante a cemento (Sp / C), proporción de agua a cemento (a / c), se discutieron la temperatura y el tiempo. Se prepararon y probaron pastas de cemento fresco con Sp / Cs en el rango de 0 a 2.0% y W / Cs variados de 0.25 a 0.5 a 0, 20 y 40 ° C, respectivamente. Se realizaron pruebas de fluidez y reológicas en pastas de cemento para caracterizar el desarrollo del comportamiento reológico de las pastas de cemento frescas a lo largo del tiempo. Los resultados experimentales indican que la fluidez inicial y la retención de la fluidez durante el tiempo de almacenamiento aumentan con el crecimiento de la dosis de superplastificante debido al efecto plastificante y al efecto de retardo del superplastificante. La temperatura más alta generalmente conduce a una caída más pronunciada en la fluidez inicial y la retención de la fluidez. Sin embargo, para la pasta de cemento con alta Sp / C o a / c , la fluidez se ve ligeramente afectada por la temperatura. El límite elástico y la viscosidad plástica muestran tendencias de variación similares a la fluidez bajo los factores influyentes antes mencionados a una baja Sp / C . En el caso de alta Sp / C , el límite elástico y la viscosidad plástica comienzan a disminuir durante el tiempo de almacenamiento y la tasa de disminución desciende a temperatura elevada. Además, dos ecuaciones para predecir aproximadamente el límite elástico y la viscosidad plástica de las pastas de

cemento frescas que incorporan Sp / C, a / c. La temperatura y el tiempo se desarrollan sobre la base de los modelos existentes, en los que las constantes experimentales se pueden extraer de una base de datos creada por los resultados de las pruebas reológicas.

Xun,W., Wu,C., Leng,X., Li,J., & Xin,D. (2020), En su investigación afirma que: El presente trabajo investiga la fluidez y la pérdida de caudal de la pasta de cemento y el mortero a lo largo del tiempo, así como la estructura porosa y la resistencia a la compresión del hormigón y el mortero en presencia de agentes reductores de agua de alto rendimiento de ácido policarboxílico funcional. La tasa de hidratación, los productos de hidratación y la estructura de los poros del hormigón que contiene diferentes superplastificantes funcionales de ácido policarboxílico mediante prueba de intrusión de mercurio, microscopía electrónica de barrido (SEM) y radiografía. ff racción (XRD). Los resultados muestran que el agente reductor de agua Z mejora significativamente la estructura de poros del hormigón y compacta aún más la estructura del hormigón y el mortero, mejorando así la resistencia a la compresión del hormigón. Además, las cadenas laterales más cortas y los grupos funcionales éster en la estructura del agente reductor de agua H pueden ralentizar la tasa de hidratación del cemento, lo que reduce la resistencia inicial del mortero; sin embargo, en etapas posteriores, la estructura de poros del hormigón y el mortero, incluido el superplastificante H, es menos diferente a la del hormigón y mortero que contiene agentes reductores de agua de ácido policarboxílico. El agente reductor agua J funciona mejor pero tiene un efecto más débil en la estructura de poros del hormigón y el mortero en comparación al superplastificante Z; también es mejor que los agentes reductores de agua a base de naftaleno.

Ezzat,M., Xu,X., El Cheikh,K., Lesage,K., & Hoogenboom,R. (2019), En su investigación afirma que:

En estos dos tipos diferentes de copolímeros aleatorios en forma de peine, a saber, policarboxilato éter (PCE; poli (oligo (etilenglicol) metil éter metacrilato / ácido metacrílico)) y polisulfonato éter (PSE; poli (oligo (etilenglicol) metil éter acrilato / 4-estirenosulfonato de sodio)), se sintetizaron mediante

polimerización RAFT para permitir la síntesis de polímeros con características controladas. Se ha estudiado el efecto de los tipos de carga y las longitudes de las cadenas laterales sobre la capacidad de adsorción, reología y dispersión de las pastas de cemento. Los experimentos mostraron que los copolímeros de PCE que contienen cadenas laterales cortas exhiben una mayor capacidad de dispersión. Se utilizó una relación agua cemento de 0.38 con dosificaciones de superplastificante del 0.1%. Para los ensayos de asentamiento se llega a la conclusión que a cadena lateral más corta se tiene un asentamiento relativo más alto.

Chen, B. (2013), En su investigación afirma que:

Se sintetizó un macrómero, acrilato de metoxipolietilenglicol (MPEGAA), fue sintetizado por esterificación utilizando metoxipolietilenglicol (MPEG-1200) y ácido acrílico (AA) como materiales principales. Luego se usó MPEGAA para preparar un superplastificante de ácido poliacrílico modificado con 2-acrilamido-2-ácido metilpropano sulfónico (AMPS). Se realizó una prueba de factor único para investigar los efectos de la relación molar de ácido a alcohol ($n(\text{AA}) / n(\text{MPEG})$), cantidad de inhibidor, cantidad de catalizador, temperatura y tiempo de esterificación sobre la síntesis de MPEGAA. Los resultados experimentales mostraron que la esterificación óptima las condiciones fueron las siguientes: $n(\text{AA}) / n(\text{MPEG})$, 3,5: 1; cantidad de hidroquinona (como inhibidor), 1,2%; cantidad de ácido para-toluenosulfónico (como catalizador), 5,5%; temperatura de reacción, 95 ° C; y tiempo de reacción, 6 h. El superplastificante de ácido poliacrílico modificado con AMPS preparado en las condiciones óptimas de esterificación permitió lograr y mantener un alta dispersabilidad del cemento. Con una cantidad de aditivo del 0,15%, la pasta de cemento la fluidez fue inicialmente tan alta como 300 mm, y luego disminuyó a 315 mm después de 1 h y 290 mm después de 2 h.

Chen B. (2012), En su investigación afirma que:

Este estudio parte del análisis del efecto de las materias primas del hormigón y todo tipo de pruebas de índice de rendimiento. Realiza una mayor investigación y exploración del diseño de proporción de mezcla de copolímero policarboxílico P (AA-co-MA) / PEG y hormigón de alto rendimiento con aditivo compuesto, combinando la mezcla del hormigón de alto rendimiento,

así como los rendimientos como la trabajabilidad, la dureza del fraguado y endurecimiento del cemento y la calidad de resistencia. Se ha encontrado que mezclar 1,46% de copolímero policarboxílico de P (AA-co-MA) / PEG, 15% de cenizas volantes y 10% de polvo de escoria de alto horno granulado y agregar la mezcla al concreto no solo puede salvar el cemento, sino también mejorar el rendimiento del hormigón.

Chen,X., Fang,Y., Lan,Z., Jiang,Z., & Ke,Y. (2012), En su investigación afirma que:

Usando metacrilato de metoxipolietilenglicol (MPEGMA), acrilato de butilo (BA), Sulfonato de metil alilo (SMAS) como materia prima, podemos componerlos para multipolímeros en sistema redox. Mediante el análisis de los factores y el ajuste de los resultados experimentales ortogonales, la tecnología óptima de síntesis se muestra a continuación: n (MPEGMA): n (BA): n (SMAS) = 5: 12: 2, n (H₂O₂) / n (Vc) = 6, y la temperatura de reacción es 30°C. Cuando el volumen de superplastificante es 0,42%, la relación agua-cemento es 0,3; la fluidez inicial de la pasta de cemento puede llegar a 238 mm, y dentro de 1 hora sin pérdida alguna.

Platel,D., Magny, B., Suau,J., & Champagne,C. (2019), En su investigación afirma que:

Nuevos copolímeros obtenidos por polimerización de una mezcla de monómeros que comprenden: al menos un monómero aniónico (a) que comprende una función insaturada polimerizable y un grupo carboxílico; y al menos un monómero, representa una cadena polialcoxilada constituida por unidades etoxiladas EO y unidades propoxiladas PO, distribuidas en bloques, alternos o estadísticos, siendo la proporción molar de las unidades etoxiladas en la cadena polialcoxilada $(n) / (m + n)$ mayor o igual a 70 % y estrictamente menos del 90%. Además, la composición hidráulica, por ejemplo composiciones de hormigón, que comprenden dichos copolímeros, y el uso de dichos copolímeros como agentes reductores de agua en composiciones hidráulicas y para aumentar la resistencia mecánica inicial de una composición hidráulica.

Raymond,A., Januarti,J. & Triwulan. (2017), En su investigación afirma que: El efecto del polvo de vidrio, el humo de sílice, el éter policarboxilato y la grava para optimizar la composición de cada factor en la fabricación de SCC de alto rendimiento. El método de Taguchi se propone en este documento como la mejor solución para minimizar la variable de la muestra, que es más de 80 variaciones. El método de análisis de datos de Taguchi se aplica para proporcionar composición, optimización y el efecto de los materiales contribuyentes para nueve variables de muestras. La trabajabilidad del hormigón se analizó mediante la prueba de asentamiento, la prueba de embudo en V y la prueba de caja en L. Se realizaron pruebas de compresión y porosidad para el estado endurecido. Con una dimensión de 100x200 mm, las probetas cilíndricas se moldearon para ensayo de compresión con una edad de 3, 7, 14, 21, 28 días. La prueba de porosidad se realizó a los 28 días. Se revela que el humo de sílice contribuye en gran medida al asentamiento y la porosidad. El agregado grueso muestra el mayor factor que contribuye a la prueba de caja en L y de compresión. Sin embargo, todos los factores muestran resultados poco claros en la prueba del embudo V.

Jia,J., Cao,Q., Luan,L., Wang,Z., & Zhang,L. (2020), En su investigación afirma que:

El concreto de bombeo de alto rendimiento se ha utilizado ampliamente en la construcción de edificios de gran altura debido a sus cualidades superiores. Sin embargo, pueden ocurrir problemas tempranos de agrietamiento en el bombeo de hormigón in situ, lo que se debe al uso excesivo de cemento. En este documento, se adoptó un procedimiento innovador de mezcla de concreto llamado “concreto de agregado grueso post-llenado” (PFCC) y se aplicó a concreto de gran asentamiento. Se investigó la influencia de la relación de agregado grueso posterior al llenado (PFA) sobre las propiedades mecánicas del concreto de gran asentamiento. Tres diferentes grados de resistencia del hormigón (C30, C40 y C50) y cinco proporciones de PFA (0%, 10%, 15%, 20%, 25%). El asentamiento diseñado para el concreto de referencia fue de 180 a 200 mm. Se realizaron ensayos experimentales sobre la resistencia a la compresión de probetas cúbicas, la resistencia a la compresión axial de probetas prismáticas, la resistencia a la tracción por división, el módulo de

ruptura y el módulo de elasticidad. Todas las pruebas se realizaron en condiciones ambientales. Los resultados mostraron que la caída del PFCC disminuye a medida que aumenta la proporción de PFA. También indicó que, en general, las propiedades mecánicas de PFCC no aumentan linealmente a medida que aumenta la relación de PFA, y existe un punto de inflexión. Con base en la investigación y el análisis experimentales de este estudio, se recomienda que la proporción óptima de agregado grueso posterior al llenado sea del 20%.

Zahia,D., & Karim,E. (2018), En su investigación afirma que:

El uso de ciertos aditivos orgánicos en la producción de morteros y hormigones influye en la trabajabilidad y la cinética de hidratación del mortero. Esto da como resultado una modificación de algunas propiedades, a saber, el comportamiento reológico y la resistencia mecánica. El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento reológico y mecánico de un mortero variando la finura del cemento y utilizando el superplastificante Policarboxilato. Los resultados obtenidos podemos ver que el efecto de la finura del cemento utilizado es muy significativo en presencia de la adición mineral y el superplastificante Policarboxilato El umbral de cizallamiento y la viscosidad del mortero aumentan cuando la finura del cemento pasa de 3026 cm^2 / ga 4000 cm^2 / gy para dosis de policarboxilato inferiores al 0,8%. El aumento de finura mejora la resistencia mecánica de los morteros ensayados. La adición del policarboxilato tiene un efecto beneficioso sobre el desarrollo de la resistencia mecánica, especialmente para dosis menores o iguales al 0,8%.

Xiang,S., Gao,Y., & Shi,C. (2020), En su investigación afirma que:

Se sintetizaron tres policarboxilatos con diferentes estructuras de peine (es decir, el mismo grado de polimerización en las cadenas laterales pero diferentes cadenas principales) mediante una reacción de polimerización por radicales a temperatura ambiente. Se determinó el efecto de los policarboxilatos sobre la tensión superficial y la fluidez en pastas de cemento. Se seleccionó el mejor producto para estudiar sus efectos sobre la evolución del calor de hidratación, la resistencia a la compresión, la contracción autógena y la contracción por secado de las pastas de cemento con diferentes tipos y contenidos de materiales

cementosos suplementarios. * Los resultados mostraron que con el aumento de la relación molar entre AA y TPEG a 6: 1, podríamos sintetizar el mejor producto. Cuando la relación agua-ligante fue de 0.4, con el aumento de policarboxilatos, la evolución del calor de hidratación del cemento se había ralentizado y cuanto mayor era la dosificación, cuanto más obvio era el efecto. La adición de materiales cementosos suplementarios al cemento en las mismas condiciones experimentales también jugó un papel de mitigación en la desaceleración del calor de hidratación. Cuando la relación agua-ligante era 0,3, los materiales cementantes suplementarios podían aumentar la resistencia del cemento en un 24,5% como máximo; su contracción autógena y la contracción por secado podrían reducirse, respectivamente, en un 60,1% y 21,9% en los más bajos.

Macijauskas,N., & Skripkiūnas,G. (2017), En su investigación afirma que:

El impacto de la dosificación y eficacia de superplastificantes basados en polímero acrílico modificado y éster policarboxilato (de 0 a 1,2%) sobre las propiedades reológicas de las pastas de cemento (tensiones de fluencia y viscosidades plásticas), de diferentes ensayos. veces después de mezclar (de 0 a 90 min). Materiales utilizados en el estudio: cemento Portland CEM I 42.5 R, superplastificantes SP1 (a base de polímero acrílico modificado), SP2 (a base de éster de policarboxilato) y agua. La investigación se llevó a cabo utilizando el reómetro rotacional Rheotest RN4.1 con cilindros coaxiales. Las pruebas revelaron que el superplastificante SP2 es más efectivo que el SP1: la pasta de cemento ($A / C = 0.30$) exhibe una mejor fluidez y mejores cualidades reológicas. Los superplastificantes SP1 y SP2 exhiben diferentes niveles de efectividad plastificante y capacidad para retener la duración del efecto. Debido al aumento de la dosis de superplastificantes SP1 y SP2 de 0 a 1,2%, aumenta el efecto plastificante. También se observa que una dosis mayor de SP1 (0.6-1.2%) da como resultado un aumento más lento de los efectos plastificantes hasta el margen de 90 minutos. En conclusión, desde el inicio del mezclado hasta el margen de 90 min, el mejor efecto plastificante y su retención lograda por el superplastificante SP2. Dosis recomendada de SP2: de 0,6 a 0,8%.

Xiang,S., & Gao,Y. (2020), En su investigación afirma que:

El prepolímero de poliuretano modificado se sintetizó mediante el método de síntesis segmentaria utilizando diisocianato de isoforona (IPDI), silicona terminada en hidroxilo y ácido poliéter glicol dimetilolpropiónico como materias primas. Después de esto, policarboxilato pectiniforme, cuyas cadenas laterales tenían aproximadamente el mismo grado de polimerización y las cadenas principales estaban en diferentes longitudes, se sintetizó a temperatura normal en el complejo sistema de iniciación de H₂O₂, APS, bisulfito de sodio y Vc ,es en comparación con el policarboxilato comercial de Sika, sus aplicaciones en concreto de ultra alto desempeño (UHPC), incluyendo fluidez, resistencia, contracción por secado y contracción autógena, fueron investigados.) Los resultados mostraron que, debido a la estructura de poliorganosiloxano, el policarboxilato sintetizado podría estar mejor disperso. La dosificación de humo de sílice podría mejorar la resistencia a la compresión del UHPC, mientras que la escoria tuvo un cierto impacto negativo en su resistencia. Incorporación de escoria y el humo de sílice podría reducir eficazmente la contracción en seco del UHPC.

Zapata Orduz,L., Portela,G., Suárez,O., & Cáceres,A. (2016), En su investigación afirma que:

La interacción entre el cemento Portland tipo I y los superplastificantes tipo policarboxilato. Se analizaron cinco sistemas, seleccionándose el par cemento-superplastificante desde el punto de vista de su comportamiento reológico mediante la prueba del cono de Marsh. El comportamiento reológico se analizó usando adiciones simples y minerales de 5, 10 y 15% en peso y 1, 2 y 3% en peso de humo de sílice (SF) y nanosílice (nS), respectivamente. Se realizaron validaciones mecánicas y reológicas en hormigones binarios con nS o SF. Los resultados mostraron que la adición de sílice amorfa en diferentes tamaños de partículas tiene resultados reológicos muy diferentes. Particularmente, en hormigones SF, las muestras exhibieron mayor susceptibilidad a sangrado y segregación para cantidades mayores de SF. Esto limitó la aplicación de dosis altas de SP, pero este hecho indujo una caída prematura incluso a una edad temprana. En contraste, los hormigones nS tendían a tener menos sangrado, mayor densidad de empaque y mayor cohesión de la matriz de cemento. Por lo

tanto, fueron posibles dosis más altas de SP. Los resultados también mostraron que cuando se aplican adiciones minerales en mezclas de concreto, los resultados de la prueba del cono Marsh de las pastas de cemento deben interpretarse con cuidado. Para los hormigones SF, los resultados numéricos se anticiparon de manera efectiva utilizando la metodología de Marsh. Sin embargo, en nS-concretos, los resultados numéricos de las dosis de SP no reflejaron las dosis de SP anticipadas de los experimentos de Marsh. Finalmente, en el estado endurecido, los resultados estadísticos mostraron que la resistencia a la tracción por compresión y división en algunos hormigones SF / nS exhibió un aumento de hasta 35% con respecto a las muestras de control.

Jonbi,J.,Arini,R., Anwar,B., & Ali Fulazzaky,M. (2018), En su investigación afirma que:

La trabajabilidad del hormigón de alto rendimiento (HPC) depende del valor de asentamiento de la mezcla de hormigón. Además, la retención de asentamiento es la más sensible en comparación con un valor de asentamiento bien conocido porque representa la durabilidad de la mezcla de hormigón para sus aplicaciones en el campo de la ingeniería civil. Esta investigación utilizó el éter de policarboxilato (PCE) para aumentar el valor de asentamiento de la mezcla de concreto y luego verificó el efecto del PCE sobre la retención de asentamiento y la resistencia a la compresión de diferentes hormigones de alto desempeño. Se agregaron 0%, 0.5%, 1%, 2% de PCE a la mezcla de concreto para producir una resistencia a la compresión mínima de f_c 50 MPa. Los ensayos de retención de asentamiento se realizaron a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 minutos, mientras que los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a los 3, 7, 14 y 28 días para cada muestra de hormigón. Los hallazgos de los resultados mostraron que se puede lograr el desempeño óptimo del concreto agregando 2% de PCE para alcanzar un valor de retención de asentamiento de 45 minutos y una resistencia a la compresión de 53.84 MPa. Se ha verificado el efecto de PCE sobre la retención de asentamiento y la resistencia a la compresión para contribuir a una idea de la aplicación de una trabajabilidad diseñada adecuadamente de HPC.

Sidiq,A., Gravina,R., Setunge, S., & Giustozzi,F. (2020), En su investigación afirma que:

El Concreto es susceptible de agrietarse normalmente bajo tensiones de tracción, lo que reduce la resistencia mecánica y pone en peligro la durabilidad general de la estructura. En este estudio, se utilizan polímeros superabsorbentes con contenido variable de superplastificantes para evaluar la eficiencia del concreto autocurativo. Se presenta un molde fabricado internamente que induce patrones de fisuras controlados en todo el volumen de la muestra. La eficacia de la autocuración se evalúa mediante la realización de pruebas mecánicas y no destructivas. Además, las imágenes de tomografía de rayos X se reconstruyen en una sección tridimensional para evaluar el cierre de una sola fisura y el potencial de autorreparación mediante el análisis de porosidad y esfericidad de las fisuras, incluida la reducción del ancho de la fisura y el tamaño volumétrico de las fisuras individuales. Los resultados experimentales demostraron que el ancho de la grieta hasta 234 μm se curó con la adición de un 2,2% de contenido de superplastificante por peso de cemento.

Benaicha,M., Hafidi Alaoui,A., Jalbaud,O., & Burtschell,Y. (2019),En su investigación afirma que:

Este estudio presenta la relación entre la reología y la resistencia a la compresión del hormigón autocompactante (SCC). Las mezclas de hormigón contenían ocho dosis diferentes de superplastificante. Las medidas de reología utilizadas son el asentamiento, el embudo en V, la caja en L, el límite elástico y la viscosidad plástica. Las pruebas mecánicas utilizadas son la resistencia a la compresión. El efecto superplastificante sobre estas propiedades reológicas y mecánicas se estudiará con más detalle. Con base en pruebas experimentales, los resultados obtenidos muestran que el diámetro de asentamiento-flujo, la relación L-box, el tiempo del embudo en V, el límite elástico, la viscosidad plástica y la resistencia a la compresión se correlacionaron en un nivel alto. La resistencia a la compresión de la mezcla de control (N) a 1 día es de 29,4 MPa y aumenta a 50,8 MPa a los 28 días.

Sainz-Aja,J., Carrascal,I., Polanco,J., & Sosa,I. (2020), En su investigación afirma que:

El hormigón autocompactante modifica su trabajabilidad con pequeñas variaciones en la cantidad de aditivo superplastificante. Por esta razón, se requiere un gran número de pruebas para monitorear su viabilidad. Para determinar la cantidad adecuada de aditivo para una sola mezcla, la evolución de la potencia consumo de la hormigonera durante la adición de pequeñas cantidades de aditivo al hormigón fue analizado. Estos resultados se compararon tanto con la caracterización de trabajabilidad típica para hormigón autocompactante y con los resultados del punto de saturación, determinados por el método del cono de Marsh. Luego de esta comparación, se obtuvo una buena correlación entre los resultados de las pruebas tradicionales y el “método de hormigonera”. Los ensayo se realizó sobre pastas de cemento con porcentajes de SPA / C de 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% y 3%. Para evaluar la influencia de la relación a / c en el punto de saturación, o concentración óptima de SPA, se repitieron las pruebas con una pasta con una a / c de 0,38 y 0,40, respectivamente. se registraron los tiempos de flujo para 500, 750 y 1000 mL, con el fin de obtener resultados más robustos.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Flores, C. & Blas, A. (2014), en el siglo pasado a finales de la década de 1960 que los plastificantes y superplastificantes se aplicó por primera vez en el concreto; su inicio ocurrió casi simultáneamente en Japón y Alemania. La industria del concreto empezó a usar superplastificantes tan tardíamente, ya que en Estados Unidos la fabricación y uso de la primera patente reductor de agua, se obtuvo en 1938.

Se utilizaban primero como fluidificantes, no como reductores de agua, aplicando en el sitio de la construcción para fluidificar los concretos que normalmente ya contenían un agente reductor de agua a base de lignosulfonato (subproducto de la fabricación de la pulpa de madera), introducido durante la mezcla inicial en una planta de concreto premezclado. La razón original para usar superplastificantes, es colocar el concreto de forma sin riesgo de segregación y baja resistencia lo que pasa cuando se vuelve a enfriar el concreto con agua, como estos superplastificantes de primera generación solo puede fluidificar el concreto de forma efectiva por tiempo limitado.

En la Década de 1980, La cantidad de dosis de superplastificante fue aumentando por encima del nivel recomendado por los fabricantes, comienza a notar que los superplastificante se pueden utilizar como agente reductor de agua de alto nivel. En este sentido, son mucho más fuerte que el lignosulfonato y pueden utilizarse con dosis más altas antes de que ocurra un retraso importante y que se retenga demasiado aire en el concreto. (pág. 12).

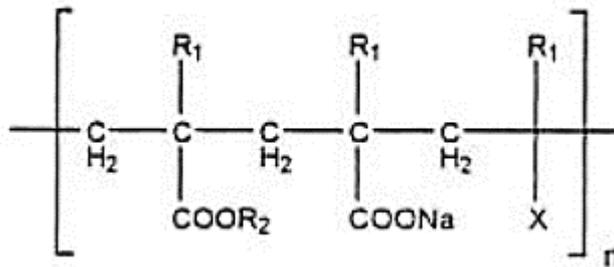
2.3.1. Superplastificantes

Los aditivos superplastificantes (superfluidificante, superfluidizantes) son aditivos reductores de aguas de alto rango. Estos aditivos se adicionan al concreto de revenimiento y relación agua-cemento de bajo a normal para producir un concreto fluido. Así mismo, si se mantiene una trabajabilidad normal, estos aditivos permiten la reducción de la relación agua/cemento hasta valores cercanos a 0,35; consiguiéndose hormigones de alta resistencia. Con los superplastificantes se aumenta significativamente el revenimiento del hormigón, desde alrededor de 70 mm hasta 200 mm, sin perder la cohesión de la mezcla. Por tanto, los superplastificantes no sólo permiten que el hormigón se coloque con poca o nula compactación, sino que también de manera más notoria permiten la producción de hormigón con una disminución sustancial de la relación agua / cemento. El empleo de superplastificantes es imprescindible para obtener trabajabilidades aceptables con relaciones agua/cemento mencionadas. Se utilizan superplastificantes que permiten reducir hasta un 30% o más del agua de amasado, manteniendo la resistencia requerida. La dosificación de aditivo acostumbra a ser elevada debido a que debe reducirse una importante proporción de agua de amasado y a su vez fluidificar hasta la consistencia deseada (en ocasiones hasta como líquido). En función de la demanda de la resistencia requerida o en caso contrario del mantenimiento de consistencia requerida, siempre en relación con las características de los materiales empleados, así como de las condiciones ambientales, deberá seleccionarse el aditivo superplastificante (reductor de agua de alto rango) adecuado en función de sus propiedades.

Hoy en día los superplastificantes avanzados, contienen polímeros sintéticos solubles en agua basados en la familia de los policarboxilatos (PC). Estos aditivos se caracterizan por presentar una estructura tipo “peine” con una cadena hidrocarbonada lineal principal y cadenas laterales constituidas por grupos carboxilato y grupos éteres⁶⁶. En la Figura 1 se muestra la unidad molecular genérica de copolímeros de policarboxilato (o poliacrilato). (Grisel Garcia, 2011)

Figura 1

Copolímeros de policarboxilato



Nota. Estudio del proceso de hidratación de pastas de cemento portland reemplazadas con escoria granulada de alto horno ceniza volante y metacaolin, utilizando dos aditivos superplastificantes

Las unidades repetitivas de las cadenas laterales pueden ser estructuralmente modificadas. Se han desarrollado aditivos basados en policarboxilatos con estructuras modificadas, que contienen cadenas principales más cortas y cadenas laterales de poliéteres más largas. Algunos investigadores han concluido que las diferentes estructuras de estos aditivos, su peso molecular, así como su distribución de pesos moleculares, afectan directamente a la fluidez, a la resistencia a la segregación y al comportamiento reológico de pastas de cemento, morteros y concretos.

La norma NTP 334.088 y ASTM C 494 denominan propiamente como aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango a los que se encuentran en la categoría “Tipo F”.

Tabla 10*Tipos de Aditivos*

TIPO	FUNCIÓN
TIPO A	Reductores de agua
TIPO B	Retardadores de fraguado
TIPO C	Aceleradores de fraguado
TIPO D	Reductores de agua y retardadores de fraguado
TIPO E	Reductores de agua y aceleradores de fraguado
TIPO F	Alta capacidad de reducción de agua y retardadores de fraguado
TIPO F Y G	Aditivos superplastificantes

Nota. Tipos de aditivos superplastificantes y sus diferentes funciones.

Fuente: Elaboración Propia

Los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales según: (Coapaza & Cahui, 2018)

a. Incrementar la trabajabilidad (Función superplastificante)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, el slump puede ser incrementado de manera considerable.

b. Incrementar la resistencia (Función reductor de agua)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua + aditivo que producirá el slump deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento; esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia.

c. Reducir la cantidad de cemento

Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto; si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento, en un análisis de los costos puede ser anti-económico por el mayor uso de aditivo.

2.3.2. Compatibilidad Cemento-Aditivo superplastificantes

A pesar de los beneficios evidentes que la utilización de aditivos superplastificantes produce en los sistemas cementantes, en la práctica, la utilización de estos aditivos superplastificantes conduce en ocasiones a efectos anómalos o indeseables como pueden ser la segregación de las pastas, baja trabajabilidad inicial, una pérdida rápida de la misma, difícil bombeo, cortos mantenimientos de la fluidez o excesivos retrasos en el fraguado. En estas situaciones, se considera que existe un problema de incompatibilidad aditivo-cemento. En concreto, los factores que afectan a la compatibilidad cemento-aditivo son de tres tipos:

a. Factores asociados a los aditivos

Con respecto a los factores asociados a los aditivos que son determinantes en su comportamiento y efecto fluidificante, destacan:

- Dosificación.
- Peso molecular y distribución de pesos moleculares.
- Composición química.
- Naturaleza del contraión.

b. Factores asociados al cemento

Los principales factores asociados al cemento, que afectan a la compatibilidad cemento-aditivo son:

- Finura y distribución del tamaño de partícula.
- Composición química, considerando especialmente el contenido en C3A y la cantidad y tipo de sulfatos cálcicos y de sulfatos alcalinos.
- Presencia de adiciones minerales, tales como cenizas volantes, escorias vítreas de horno alto, etc., que modifican no solo la granulometría final del cemento, sino la reactividad del mismo, su proceso de hidratación, etc.

c. Factores asociados a las condiciones de ensayo

Factores como el tiempo de incorporación de los aditivos o la temperatura de trabajo, influyen en la interacción cemento-aditivo y en las propiedades que confieren a la mezcla y, por lo tanto, pueden determinar la compatibilidad del sistema cemento- aditivo.

2.3.3. Requisitos de los Aditivos Superplastificantes o reductores de agua de alto rango

La norma NTP 334.088 (2015) establece los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por un aditivo superplastificante (Tipo F) sobre alguna de las siguientes propiedades del concreto:

- Reducción de agua.
- Tiempo de fraguado.
- Resistencia a la compresión.

La evaluación de estas características se efectúa por comparación con los resultados obtenidos con un concreto de similar composición y características, pero sin aditivos, que se denomina concreto de control o concreto patrón.

2.3.4. Recomendaciones de empleo y precauciones

La aplicación práctica de los aditivos superplastificantes se encuentra en la elaboración de concretos con altas resistencias, con un porcentaje de cemento balanceado, sin problemas de contracción y fisuramiento de las mezclas que contienen cemento en exceso. El gran incremento de resistencia del hormigón cuando se usan superplastificantes es debido a la notable disminución de la porosidad de la pasta (reducción en el agua de la mezcla) y otras características del concreto también se ven beneficiadas, éstas son la reducción de la permeabilidad y el incremento en la durabilidad del concreto.

El empleo de un ADITIVO supone, en primer término, que haya sido correctamente escogido, y a continuación que está bien utilizado. Las recomendaciones de empleo están dadas en general por las informaciones del fabricante.

Las precauciones que deben tomarse son:

- Productos en polvo, conservarlos en un sitio seco, sobre todo si el envase es defectuoso.
- Productos líquidos, puede formarse un sedimento, de manera que es preferible agitarlos antes de su utilización.

- En invierno, en regiones donde desciende mucho la temperatura, es necesario conocer su punto de congelación y almacenarlos.
- Cerciorarse de que no se ha excedido el plazo límite de utilización.
- Atenerse a las instrucciones para su empleo, en especial en el caso de tener que manipular productos tóxicos.

Entre los errores más frecuentes tenemos:

- Errores de dosificación.
- Exceso global (por ejemplo, confusión entre las unidades de medida).
- Exceso de dosificación local debido al mal reparto del producto. La homogeneidad y la buena distribución del aditivo en la masa de los morteros o de los hormigones es fundamental.
- Las incompatibilidades con ciertos conglomerantes. Esta es la razón por la cual conviene siempre controlar los productos en la obra, mediante ensayos preliminares y luego durante la producción del hormigón.
- La utilización simultánea de varios tipos de aditivos que pueden no ser compatibles (consultar con el distribuidor especializado).

2.3.5. Clasificación de los aditivos plastificantes y superplastificantes

- Plastificantes 1º Generación:

Los lignosulfonatos, derivados que se producen durante el proceso de la madera, todavía se utilizan con frecuencia para producir una mezcla contando con materiales básicos.

Los aditivos, conocidos como Reductores de Agua de Media Gama se fijan en la superficie de una partícula de cemento, que presenta cargas positivas y negativas. El polímero plastificante, con carga negativa, contrarresta la presencia de las cargas positivas en el cemento, haciendo que toda la partícula ahora aparezca negativa.

Figura 2

Acción química del aditivo superplastificante de 1° y 2° generación.



Nota. Plastificante y superplastificantes: Aditivos para la trabajabilidad del hormigón (Putzmeister, 2019).

Esto pone en marcha un efecto físico, causando repulsión entre las partículas con la misma carga eléctrica negativa, y creando un efecto dispersante que permite una mayor permeabilidad del agua. La mezcla se vuelve así más ‘trabajable’ sin necesidad de añadir más agua, y permite la reducción del total de agua necesaria, rebajando la ratio agua-cemento en torno al 10%.

- **Plastificantes 2° Generación:**

Permite una mayor reducción del ratio agua-cemento del 25%. Los polisulfonatos como el naftaleno y la melamina tienen un mecanismo de acción similar a los plastificantes de primera generación, produciendo un efecto de dispersión eléctrica, aunque de mayor intensidad.

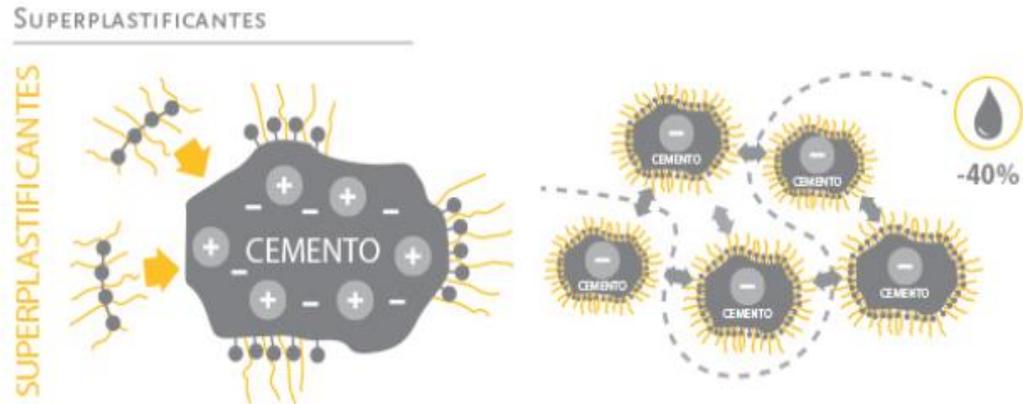
- **Superplastificantes 3° Generación:**

Los súper-plastificantes permiten una reducción del ratio agua-cemento de hasta el 40%.

Al contrario que los anteriores, los policarboxilatos o reductores de agua de alta, actúan en base a una repulsión estérica más que una electrostática. Uno de los efectos principales aquí es el impedimento estérico, que impide o retarda una reacción con otra molécula: en este caso, impide la aglomeración de partículas de cemento.

Figura 3

Acción química del aditivo superplastificante de última generación



Nota. Plastificante y superplastificantes: Aditivos para la trabajabilidad del hormigón (Putzmeister, 2019).

Se trata de copolímeros complejos con un alto grado de flexibilidad, compuestos de diferentes grupos funcionales cargados negativamente y cadenas poliméricas laterales que se pueden adecuar a las necesidades de la receta. (Putzmeister, 2019)

2.3.6. Ventajas y desventajas del superplastificantes:

Ventajas:

- a) Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto.
- b) Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejeras.
- c) Incrementa la cohesividad del concreto fluido, así como también disminuye la segregación.
- d) Reduce la permeabilidad del concreto.
- e) Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica. Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- f) A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño). Reduce la carbonatación del concreto.
- g) Aumenta la durabilidad del concreto.
- h) Reduce la exudación y la segregación.
- i) Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- j) Incrementa la resistencia a la compresión.

Desventajas:

- a) Se requiere personal capacitado para su manejo.
- b) Sensible a las variaciones de los materiales utilizados.
- c) Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

2.4. Definición de términos teóricos

2.4.1. Concreto

Según Reglamento nacional de edificaciones E-060 (2009) define como Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Concreto estructural — Todo concreto utilizado.

2.4.2. Tipos de Concreto

El concreto tiene un conjunto de definiciones distintas por la variedad de casos que esta presenta, ante ello, se hará presente considerar los siguientes tipos en base a la ubicación de su preparación: Concreto preparado en campo, que se elabora en obra y Concreto premezclado, como el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores.

2.4.3. Componentes del Concreto

El concreto presenta los siguientes componentes: cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y finalmente puede complementarse con aditivos.

- Cemento

Es uno de los componentes más importantes para la elaboración del concreto, es definida según la norma E.060 (2009) como “el material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Así mismo, la denominación específica de Cemento Pórtland es definida como el producto obtenido al pulverizar el Clinker con adición de yeso. El Clinker resulta de la calcinación hasta una fusión incipiente de una mezcla debidamente dosificada de materiales sílicos, calcáreos y férricos. Siendo el cemento Pórtland el material de uso para la elaboración del concreto premezclado a realizar.

El cemento Pórtland tiene múltiples clasificaciones donde, de acuerdo con la Standard Specification for Portland Cements en la ASTM C150 – 19, define a los cementos en 10 tipos, descritos en la Tabla 11.

Tabla 11

Clasificación de los tipos de cemento

TIPOS DE CEMENTO	DESCRIPCION
Tipo I	Para usar cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
Tipo IA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo I, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo II	Para usos generales, especialmente cuando se necesite una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo IIA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo II, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo II (MH)	Para uso general, especialmente cuando se necesite moderado calor de hidratación y resistencia moderada a los sulfatos.
Tipo II (MH)A	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo II (MH), donde se desee la incorporación de aire
Tipo III	Para usos en donde se necesite una alta resistencia a temprana edad.
Tipo IIIA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo III, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo IV	Para usos en donde un bajo calor de hidratación sea necesario.
Tipo V	Para usos en donde sea necesario una alta resistencia a los sulfatos.

Fuente: ASTM C150-19

2.4.3.1. Agregados

Son componentes del concreto que forman parte importante de la calidad de la mezcla a realizar. Están separados en dos tipos para un trabajo adecuado con la mezcla de concreto:

- Agregados Fino:

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz N° 200. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037 (2014). Es tener en cuenta lo siguiente: La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 de la serie de Tyler. El agregado no deberá retener más del 45% de los tamices consecutivos cualesquiera. Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz normalizado de 9.5 mm (3/8 pulg.) y que cumple con los límites establecidos por la norma.

- Agregado Grueso:

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos por la norma NTP 400 037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente: - La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼". Se recomienda que el agregado grueso proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor de 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto. La capacidad de absorción del agregado deberá ser menor de 1.0%.

- Agua

Es un elemento de la naturaleza que pasa por un proceso de potabilización para llegar a ser usado de manera doméstica o industrial. Este elemento es un componente del concreto que, al realizar contacto con el cemento en el momento de la preparación, provoca una reacción química desencadenadora de las propiedades aglutinantes de esta, generando una masa viscosa que en conjunto con los agregados y el aire forman el concreto.

- Aire

Es un elemento de la naturaleza presente en la composición del concreto, descrita en su análisis como porcentaje (%) de vacíos de la mezcla. Este elemento es de importancia por ser un factor diferencial de la funcionalidad del concreto en climas fríos ante el factor de congelación y deshielo, así mismo también un factor influyente en la trabajabilidad del concreto.

- Aditivo

Los aditivos son sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades. El desarrollo del concreto y la aparición de nuevas técnicas propiciaron el uso de aditivos destinados a mejorar sus propiedades. Según la norma se le define como: “Un material distinto al agua, agregados y cemento hidráulico que se usó con ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado”.

2.4.4. Superplastificante

Son aditivos para concreto capaces de mejorar las propiedades del concreto. Se emplean para conferir al hormigón fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del hormigón final.

2.4.5. Policarboxilatos

Se conocen también como Aditivos superplastificantes de nueva generación. Sintetizados a partir de la polimerización de ácido acrílico con cadenas laterales de condensados de óxido de etileno para formar los éter de policarboxílico ó también denominas policarboxilatos. Con el uso de aditivos reductores de agua, se incrementa el porcentaje de hidratación del cemento. El efecto dispersante de los aditivos superplastificantes se logra gracias a la carga que poseen, que una vez orientados, crean una densidad de carga local y de idéntico signo sobre las partículas de cemento que se repelen entre ellas originando el fenómeno de dispersión (dispersión inducida por efecto electrostático), además de un efecto estérico generado por sus cadenas laterales de larga longitud que impiden que dos partículas de cemento puedan flocularse.

2.4.6. Reductor de agua

Es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado concreto, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente el asentamiento, o ambos efectos a la vez.

2.4.7. Ensayo de compresión

Ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza con hormigones y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímeros se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero se mejora el asentamiento del concreto de alta resistencia.
- b) Al determinar la relación agua/cemento en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basado en copolímeros aumenta la resistencia de sus propiedades mecánicas.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Definición conceptual

Existe una relación directa entre las variables ya que dependiendo de la manipulación del aditivo superplastificante basado copolímeros, tendremos diferentes resultados en cuanto a las propiedades del concreto. Por esta la relación será:

- Variable independiente → Aditivo Superplastificante(copolímero).
- Variable dependiente → Propiedades del concreto.

3.2.2. Operalización de variables

Tabla 12

Presentación de la variable dependiente

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Ítems
Propiedades del concreto	Son determinadas por las características físicas y químicas del cemento, agua, aire agregados y en algunos casos aditivos que mejoran o modifican este mismo, es por ello la importancia de usar un cemento adecuado, agua potable y agregados de calidad.	Es una "masa" blanda y que puede ser mezclado, colocado, compactado y acabado	Fresco	Asentamiento	Manejabilidad	a/c	Adm.		NORMA E0.60	Indicados en los formatos
						Tiempo	Cuantitativa continua		ASTM C318	
						Slump	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	NTP 330.034	
			Endurecido	Propiedades Mecánicas	Compresión	kg/cm ²	Cuantitativa continua		NTP 339.084	
									NTP 339.078	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 13

Presentación de la variable independiente

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Ítems
Componentes del concreto	Es la mezcla de agua, agregado fino, agregado grueso, cemento y aditivos que mejoran en determinadas situaciones sus cualidades y características para formar un material heterogéneo de uso más frecuente en la construcción.	Son los principales componentes del concreto, estos mismos son los responsables del comportamiento, característica y cualidades del concreto desde su diseño hasta la obtención de la resistencia esperada.	CONCRETO + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	Aditivos	gr	gr	Cuantitativa continua			
				Agua	Cantidad de PH	Litros (lt)	Cuantitativa continua	NTP 334.009		
							Cuantitativa continua	NTP 349.088	Indicado en los formatos	
				Agregados	Módulo de fineza del agregado	Adimensional	Cuantitativa continua	NTP 400.037		
			Cemento	Tipo	kg	Cuantitativa continua	NTP 334.088			

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se acoge a la metodología de Chavarry Vallejos, y otros de su artículo “Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica” por que es de tipo documental, bibliográfico ya que procura seleccionar, organizar y compilar resultados de ensayos de concreto en estado fresco y endurecido con la adición de aditivos superplastificantes para estudiar la influencia de estos mismos sobre las propiedades del concreto de alta resistencia.

De la revisión bibliográfica se observa que la mayoría de estudios siguieron esta metodología como se muestra a continuación

4.1. Tipo y método de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo correlacional (Chavarry Vallejos, y otros, 2020) indican que el estudio correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo. Es así como se determinó la relación que existe entre las propiedades del concreto de alta resistencia frente a los componentes del concreto adicionando aditivos superplastificantes basados en copolímeros a ciertas cantidades y condiciones. De la misma manera, (Chavarry Vallejos, y otros, 2020) mencionan que este tipo de estudios tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. Es así como la variación de los componentes del concreto adicionando el aditivo superplastificante basado en copolímero nos indican cambios en positivos en las propiedades del concreto estando entre los rangos normados.

La investigación también fue de tipo descriptivo debido a que mediante vamos recopilando especímenes de estudio para determinamos que existe una relación o efecto del aditivo superplastificante sobre las propiedades mecánicas el concreto de alta resistencia, también tiene un enfoque cuantitativo ya que podemos representar los datos de una manera estadística, constatar resultados y hacer una discusión de los mismos de manera numérica.

4.1.2. Método de investigación

El método de investigación fue deductivo, debido a que en la recopilación de especímenes se observó y determinó la influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros en las propiedades del concreto, así mismo se consideró una investigación aplicada al buscar el grado porcentual de influencia de la adición del aditivo superplastificante basado en copolímero y generar así una mejora considerable en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. El enfoque fue cuantitativo. Chavarry Vallejos, y otros, (2020) indican que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Es así que se usaron mediciones numéricas establecidas a través de las propiedades mecánicas y porcentajes que permiten establecer los resultados de la investigación. La fuente de recolección de datos fue retro selectiva por ser de la información obtenida una base de datos selecta de confianza.

4.1.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo ya que permite determinar la cantidad de aditivo superplastificante basado en copolímeros, edades de ensayos, promedios y desviaciones para establecer grados de influencia en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido como también en sus propiedades mecánicas.

4.1.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue de tipo experimental, debido a que en la investigación podemos manipular directamente las variables y a observar el comportamiento de las mismas para determinar el grado de influencia entre variables. De acuerdo a la direccionalidad del estudio fue longitudinal y retrospectivo ya que se presentan 2 variables, que presentan en conjunto siete indicadores las cuales fueron alterados y modificados en base a la hipótesis establecida y así determinó la influencia en la variable dependiente, siendo

estas recopiladas de una base de datos confiable; así mismo el estudio a realizarse fue de cohorte para realizar el análisis de cohorte por realizar el estudio de causa-efecto por lo cual analizamos dichos resultados.

4.2. Población

La población de la investigación se basó en el número mínimo de pruebas requeridas en la norma E-060 (2009). La norma establece que se deben realizar no menos de 30 ensayos para verificar los parámetros e indicadores correspondientes: (Agregar los ensayos internacionales que hacen) y compararlos con los ensayos nacionales

- Ensayo de compresión de la muestra de hormigón NTP 339.034 (2008).
- NTP 339.033 (2009) Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo
- Prueba de Slump Flow (ASTM C1611)
- ASTM C143-78 (2011) Slump of Portland cement Concrete

4.2.1. Criterios de inclusión para la población de investigación.

Tabla 14

Cuadro de inclusión para la población

Materiales	Descripción
Tipo de cemento	Cemento Portland Tipo I NTP 334.009 (2005)
Agregado fino	Determinado por la NTP 400.037
Agregado grueso	Huso 57 (NTP 400.037)
Agua	Agua potable que cumpla con las especificaciones técnicas de la Norma.
Aditivo	Aditivo superplastificante basado en copolímero que cumpla con las especificaciones de la norma.

Nota. Elaboración propia.

4.2.2. Criterios de exclusión para la población de investigación.

Tabla 15

Cuadro de exclusión para la población

Materiales	Descripción
Tipo de cemento	Cemento Portland Tipo II, III, IV y V, y Cementos Adicionales (MS, MH, HS, IP, ICO, IPM, etc.).
Agregado fino	Todo material fino que no cumpla con las especificaciones de la (NTP 400.037).
Agregado grueso	Todo material grueso que no cumpla con las especificaciones Huso 57 de TMN igual a 1" (NTP 400.037).
Agua	Agua que no cumpla con las especificaciones de la NTP 339.088. (2006)
Aditivo	Aditivos acelerantes naturales o no convencionales que no se encuentren normalizados o industrializados. Aditivos que cumplan otras funciones

Nota. Criterios tomados para la exclusión de la población a estudiar. Elaboración propia.

4.3. Muestra

Por lo indicado en la Norma Técnica de Edificación E.60 CONCRETO ARMADO, en esta investigación se tomó de 2 a 3 muestras como mínimo por cada periodo de análisis con la finalidad de tener valores confiables y una dispersión aceptable para ser evaluada en esta investigación. Es así que el tamaño de la muestra ascendió a 27 unidades para compresión.

Tabla 16

Muestras tomadas a criterio propio

Ensayo	N.º de muestras
Ensayo de Compresión	27
Slump Flow	13

Nota. Total, de ensayos tomado para la discusión de resultados. Elaboración propia

4.4. Unidad de análisis

De acuerdo a las normas:

NTP 339.034 → Muestra de ensayos normalizados para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

ASTM C1611 → Ensayo de Slump Flow.

Se determinó la unidad de análisis como probetas de concreto endurecido a diferentes días de las siguientes formas geométricas:

- Probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (NTP 339.033 y NTP 339.084)
- Probetas prismáticas (barras de mortero) de 15cm x 15cm x 45cm (NTP 339.033).

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.5.1. Técnicas de investigación

La técnica de investigación utilizada para en este estudio fueron pruebas y ensayos, ya que de esta manera podemos medir las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido de las unidades de análisis en base a las Normas y Especificaciones para prueba de materiales.

4.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron formatos de ensayos para una correcta y ordenada recolección de datos basados en las especificaciones técnicas de las normas antes mencionadas.

4.6. Descripción y procedimiento de Análisis

Como primer paso, empezamos con la recolección de información sobre los diferentes ensayos como lo es compresión, tracción simple, flexión e la muestra referencial donde se aplican los diferentes tipos de porcentaje de aditivos superplastificantes a incorporar. Después de una correcta verificación utilizaremos el promedio aritmético con un rango de confiabilidad.

Las herramientas utilizadas para el procesamiento de datos y posterior análisis fueron el software Microsoft Excel 2016 para una representación de gráficos que nos muestran la relación entre las variables.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Análisis y presentación de resultados

La presente investigación recopila un total de 13 artículos científicos representativos entre un total de 47 artículos científicos.

Siendo el tema común entre estos artículos la aplicación de un aditivo superplastificante basado en copolímeros que a su vez presenta ciertas modificaciones en su estructura molecular (injerto de cadenas laterales, peso molecular variable), siendo de Tipo A, F, G. Los artículos demuestran el uso favorable de los aditivos superplastificantes a determinadas condiciones de estudio.

Cada artículo nos ayuda a conocer las bondades del uso del aditivo superplastificante basado en copolímero, mostrando resultados significativos para conocer el comportamiento de la mezcla de concreto y por ende poder tener una predicción de su uso para la mejora de sus propiedades.

Analizando la dosis de aditivo superplastificante a base de copolímeros para la mejora del asentamiento del concreto de alta resistencia.

Artículo 1: *“Un nuevo tipo de aditivo superplastificante de hormigón basado en copolímeros de injerto de lignito”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se sintetizó un aditivo superplastificante basado en polímeros naturales como el lignito. Teniendo como estructura molecular una columna vertebral de lignito y cadenas laterales de monómeros de vinilo, a su vez con diferente relación molar.

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland (CEM I) y una muestra representativa de lignito para la sinterización del aditivo superplastificante. La relación a/c tuvo un rango de 0.19% a 0.47% dependiendo de la relación molar del superplastificante y de la dosificación empleada.

Tabla 17

Masas molares, índice de polidispersidad (PDI) y radios poliméricos de los polímeros sintetizados y de BNS como muestra de superplastificante de referencia.

Polímeros/Relación Molar	Mw [g/mol]	Mn [g/mol]	PDI	Rg(z) [nm]	Rh(z) [nm]
Lignite ATBS-co-AA (1:0.15)	288,100	178,700	1.6	31.8	17
Lignite ATBS-co-AA (1:0.39)	375,600	147,800	2.5	49.8	22.5
Lignite ATBS-co-AA (1:0.75)	208,100	91,480	2.3	35.1	17.8
Lignite ATBS-co-AA (1:1.00)	268,900	95,810	2.8	44.2	20.3
Lignite ATBS-co-AA (1:1.50)	215,000	90,750	2.4	36	18.5
ATBS-co-AA (1:0.15)	183,300	93,460	2	23.9	14.5
BNS	140,000	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Método de ensayo aplicado del artículo:

El poder de dispersión de los polímeros sintetizados se determinó mediante la prueba de “mini slump” prueba realizada según DIN EN 1015, con una relación a/c de 0.455 y diferentes dosis de aditivo sintetizado.

Resultados:

Tabla 18

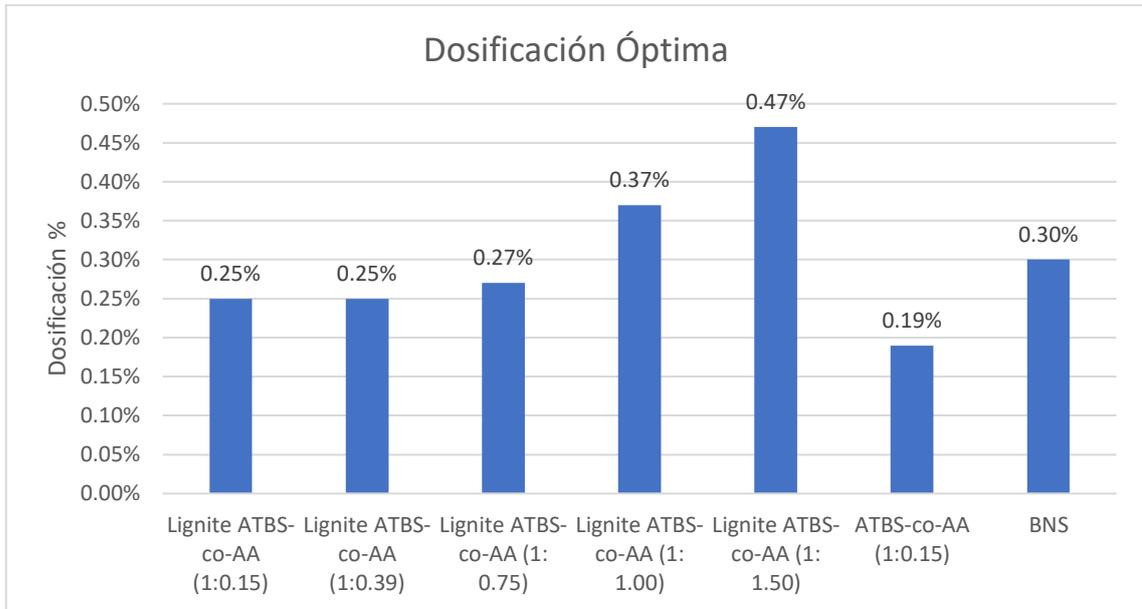
Dosificación óptima para aditivos sintetizados

Polímeros/Relación Molar	Dosificación Óptima
Lignite ATBS-co-AA (1:0.15)	0.25%
Lignite ATBS-co-AA (1:0.39)	0.25%
Lignite ATBS-co-AA (1:0.75)	0.27%
Lignite ATBS-co-AA (1:1.00)	0.37%
Lignite ATBS-co-AA (1:1.50)	0.47%
ATBS-co-AA (1:0.15)	0.19%
BNS	0.30%

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 4

Dosificación Óptima



Nota: Se determina el porcentaje óptimo de aditivo superplastificante modificado dependiendo de su peso molecular. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Tabla 19

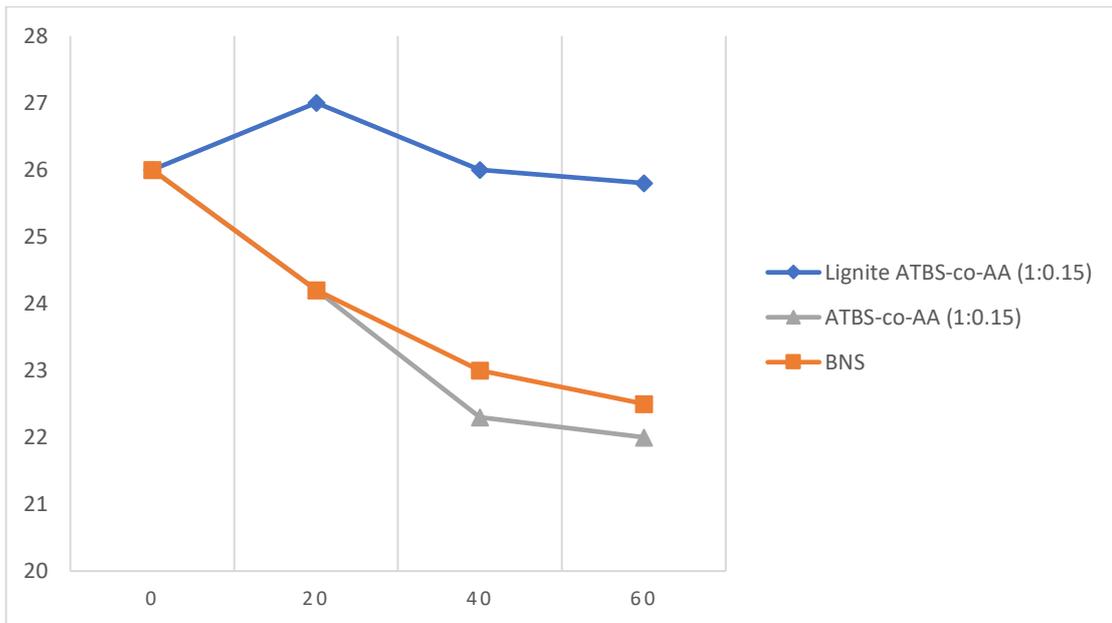
Slump para determinados aditivos sintetizados a través del tiempo

Lignite ATBS-co-AA (1:0.15)	ATBS-co-AA (1:0.15)	BNS	Tiempo (min)
Slump Flow (cm)			
26	26	26	0
27	24.2	24.2	20
26	22.3	23	40
25.8	22	22.5	60

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 5

Evolución de la dispersión en función al tiempo para una relación a/c 0.455



Nota: Se puede ver una mejor trabajabilidad para el aditivo sintetizado Lignite ATBS-co-AA para una relación molar de 1:0.15. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

La muestra de aditivo con injerto de lignito ATBS-co-AA (1:0.15) presenta una correcta relación molar, por ende, tiene mejor influencia en las propiedades del concreto en estado fresco como se muestra en la Figura 5, teniendo una mejor trabajabilidad en el rango de 60 minutos. Obteniendo un asentamiento máximo de 27 centímetros por el método de Slump Flow para una dosificación de 0.19% como se muestra en la Tabla 17.

Artículo 5: *“Síntesis, caracterización y rendimiento de superplastificante con una estructura de brazos múltiples”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se sintetizó un superplastificante con una estructura de múltiples brazos a base de copolímeros mediante una reacción de esterificación entre alcoholes polihídricos y ácido acrílico.

Contenido de la mezcla:

Se utilizo Cemento Portland (CEM I), muestras de los aditivos superplastificantes sintetizados utilizados en un rango de dosificaciones de 0.1% a 0.6%. Se utiliza una relación a/c de 0.29 constante para todos los ensayos.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Para medir la fluidez de las pastas de cemento se midieron de acuerdo con el Método de Prueba de Uniformidad para Aditivos de Concreto (GB 8077-2000) con una relación agua cemento de 0.29.

Resultados:

Tabla 20

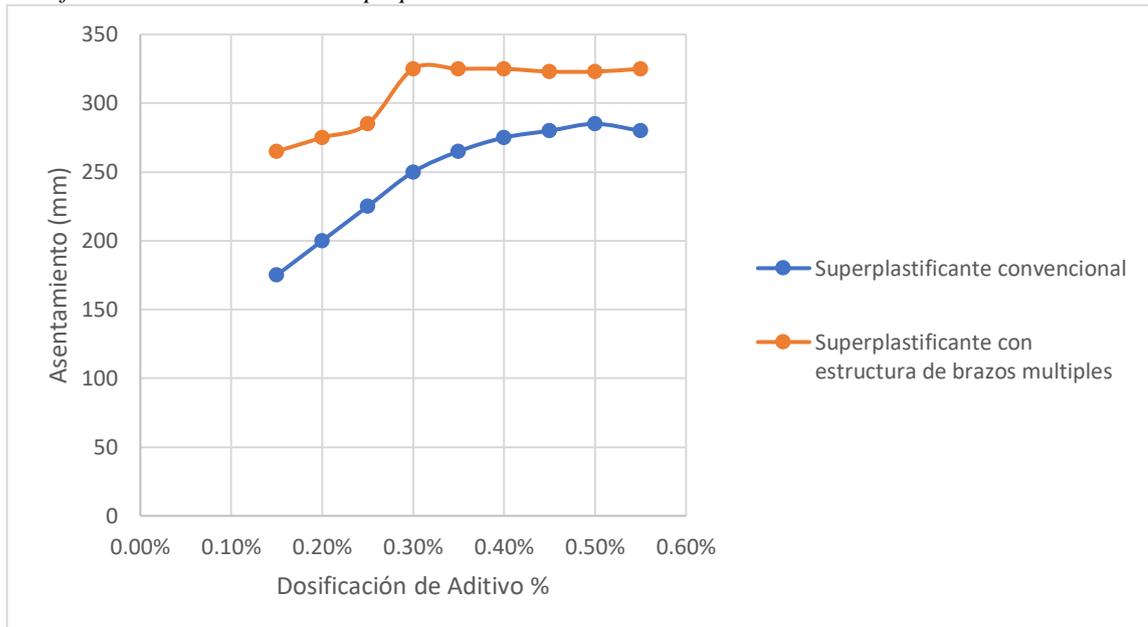
Slump de aditivo sintetizado y aditivo convencional con su dosificación.

Superplastificante con estructura de brazos múltiples	Superplastificante convencional	Dosificación
265	175	0.15%
275	200	0.20%
285	225	0.25%
325	250	0.30%
325	265	0.35%
325	275	0.40%
323	280	0.45%
323	285	0.50%
325	280	0.55%

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 6

Dosificación de saturación de superplastificantes.



Nota: Se utiliza la misma relación a/c para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

El aditivo superplastificante auto-sintetizado de estructura molecular denominado “múltiples brazos” tuvo un asentamiento de 32.5cm a una dosis de 0.3% en comparación a un aditivo superplastificante convencional que a una dosis de 0.4% obtuvo un asentamiento de 27.5cm. Ambas muestras fueron ensayadas a una relación a/c de 0.29.

Artículo 6: *“Influencia de la modificación estructural de un copolímero de policarboxilato con baja capacidad de dispersión sobre el fraguado retardante del cemento Portland”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se modificó la estructura molecular de los copolímeros para probar los tiempos de fraguado inicial y final. Los copolímeros sintetizados fueron AP75 y AP25.

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland (Tipo 1, KSL 5201), la síntesis de dos copolímeros con diferente relación molar al cual denominaremos AP75 y AP25 para una relación a/c de 0.28 constante para todas las muestras.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Para medir la fluidez de las pastas se examinó de acuerdo con ASTM C1437-07, que fue originalmente diseñado para mortero de cemento hidráulico utilizando una mesa de flujo que cumple con ASTM C 230/ C 230M.

Tabla 21

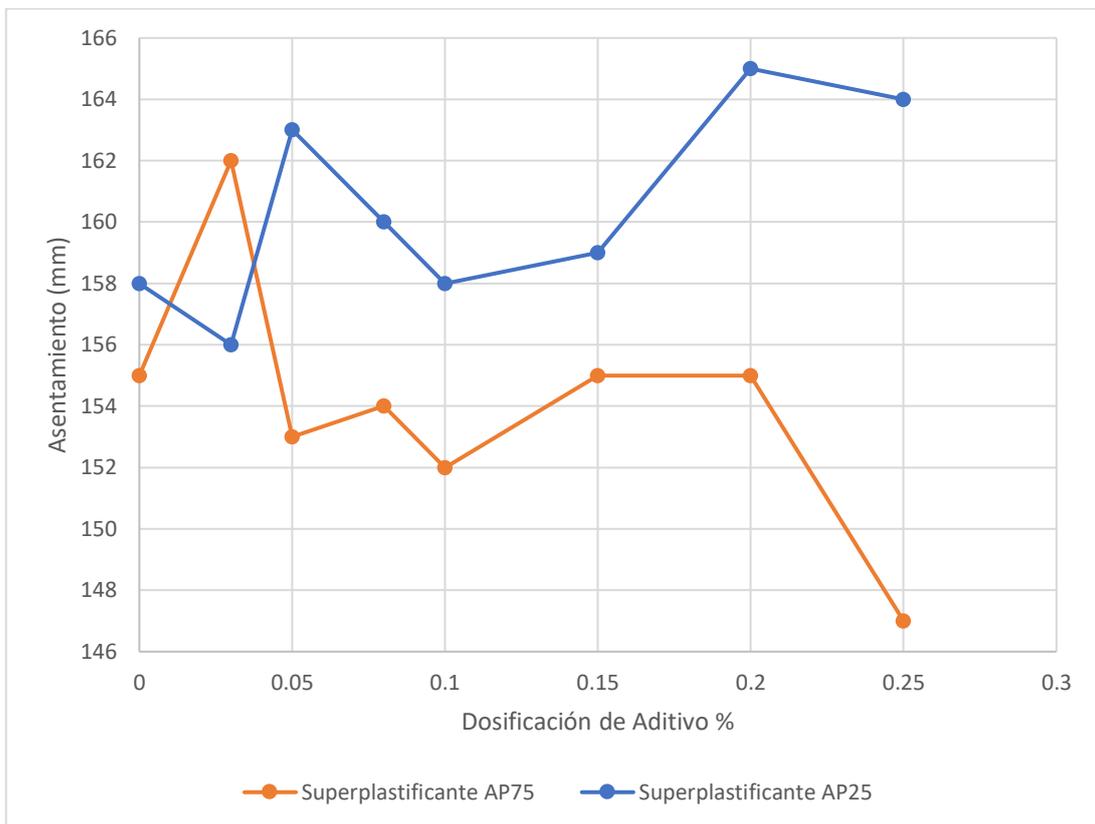
Dosificación de aditivos para los aditivos sintetizados

Superplastificante AP25	Superplastificante AP75	Dosificación de Aditivo
Asentamiento (mm)		
158	155	0
156	162	0.03
163	153	0.05
160	154	0.08
158	152	0.1
159	155	0.15
165	155	0.2
164	147	0.25

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 7

Asentamiento por % de Aditivo



Nota: Se utiliza la misma relación a/c de 0.28 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Como se muestra en la Figura 7, el aditivo sintetizado AP25 muestra un asentamiento de 16.5cm para una dosificación de 0.2% de aditivo y una mejor trabajabilidad por el lapso de 1 hora debido a que este conlleva un mayor número de cadenas de injerto lo que mejora el rendimiento del aditivo.

Artículo 11: *“Preparar superplastificante de policarboxilato hiperbrancado que posean excelente rendimiento en la reducción de la viscosidad mediante el redox in situ inicializado (método de polimerización)”*

Tipo de aditivo superplastificante:

En la presenta investigación se sintetizo un superplastificante de policarboxilato hiperramificados mediante el método de polimerización redox in situ.

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland ordinario de acuerdo con el estándar chino GB175-2007, el aditivo superplastificante sintetizado por el método redox in situ con relación agua cemento de 0.29 y 0.22 para diferentes dosificaciones.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Para medir la fluidez de las pastas se utilizó el mini cono de asentamiento (60mm de alto, 36mm de diámetro superior y 60mm de diámetro inferior). El valor de flujo fue el valor medio del diámetro máximo con direcciones perpendiculares entre sí. Estas pruebas fueron realizadas una relación a/c de 0.29 y 0.22 ambas diferentes dosificaciones.

Resultados:

Tabla 22

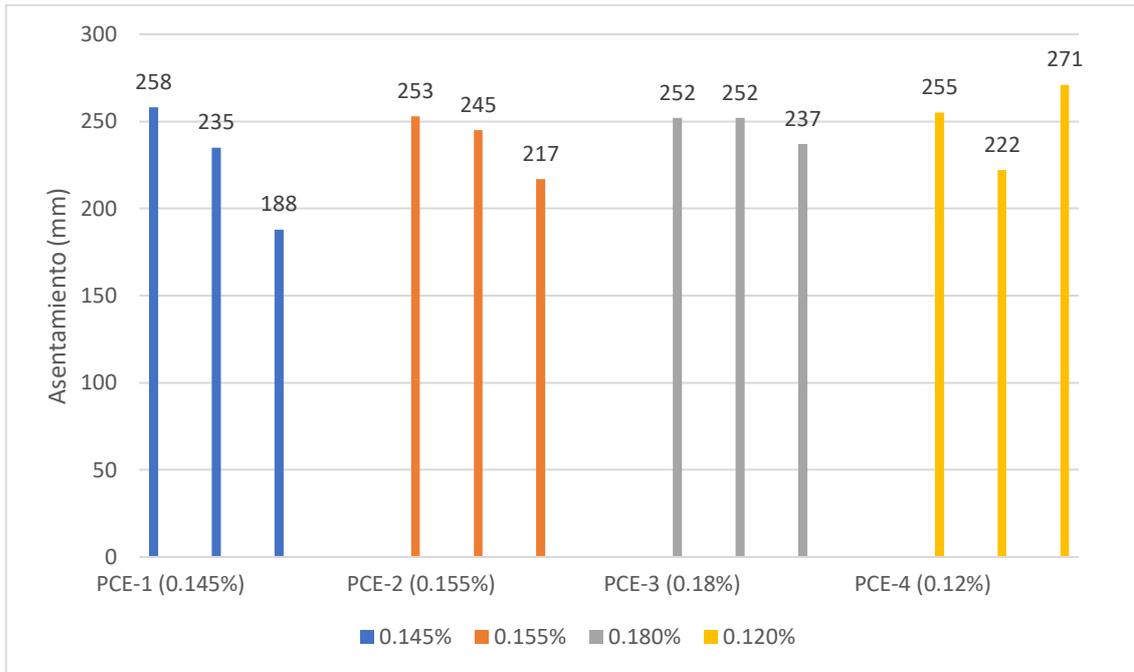
Dosificación ideal para los aditivos PCE con polimerización redox in situ para a/c 0.29

Aditivo PCE	Dosificación de aditivo optimo			
	0.145%	0.155%	0.18%	0.12%
PCE-1 (0.145%)	258	-	-	-
	235	-	-	-
	188	-	-	-
PCE-2 (0.155%)	-	253	-	-
	-	245	-	-
	-	217	-	-
PCE-3 (0.180%)	-	-	252	-
	-	-	252	-
	-	-	237	-
PCE-4 (0.120%)	-	-	-	255
	-	-	-	222
	-	-	-	271

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 8

Asentamiento para los aditivos PCE para a/c 0.29



Nota: Se utiliza la misma relación a/c de 0.29 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Tabla 23

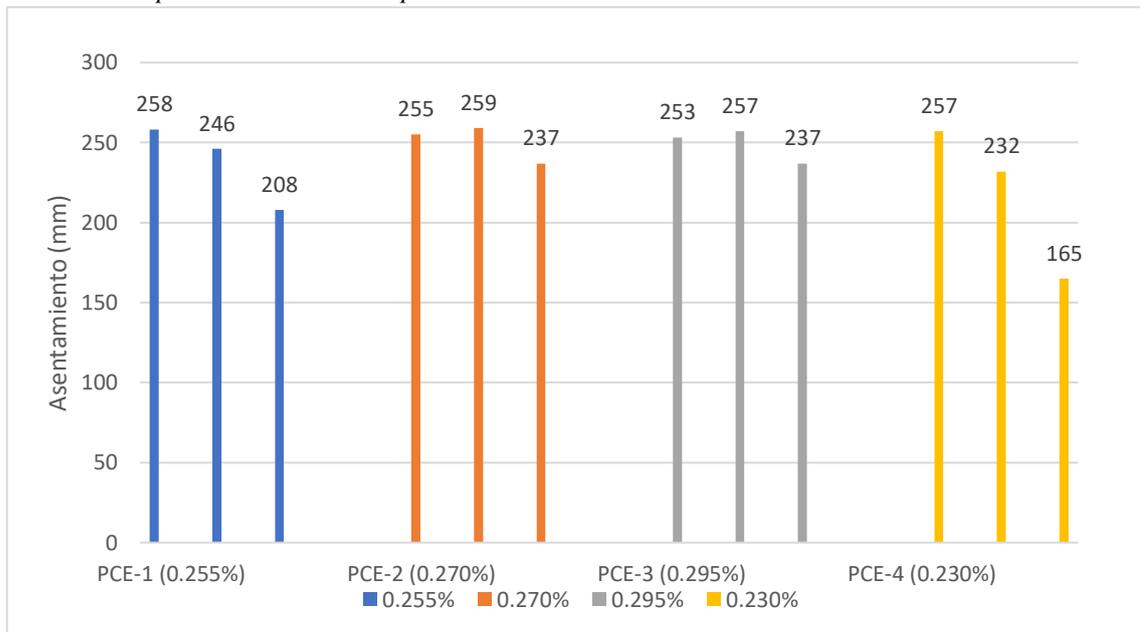
Dosificación ideal para los aditivos PCE con polimerización redox in situ para a/c 0.22

Aditivo PCE	Dosificación de aditivo optimo			
	0.255%	0.27%	0.295%	0.23%
PCE-1 (0.255%)	258	-	-	-
	246	-	-	-
	208	-	-	-
PCE-2 (0.270%)	-	255	-	-
	-	259	-	-
	-	237	-	-
PCE-3 (0.295%)	-	-	253	-
	-	-	257	-
	-	-	237	-
PCE-4 (0.230%)	-	-	-	257
	-	-	-	232
	-	-	-	165

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 9

Asentamiento para los aditivos PCE para a/c 0.22



Nota: Se utiliza la misma relación a/c de 0.22 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Como se muestra en la Figura 8, se tiene un asentamiento de 271mm para la muestra PC-4 con una dosis 0.120% para una relación a/c de 0.29.

Como se muestra en la Figura 9, se tiene un asentamiento de 259mm para la muestra PC-2 con una dosis de 0.270% para una relación a/c de 0.22.

Artículo 37: “*Diseño de proporción de mezcla de copolímero de policarboxílico P(AA-co-MA) /PEG y concreto de alto rendimiento con aditivo compuesto*”

Tipo de aditivo superplastificante:

En la presenta investigación sintetiza un superplastificante basado en copolímero de policarboxílico P(AA-co-MA) / PEG.

Contenido de la mezcla:

Se utilizo Cemento Portland ordinario de acuerdo con el estándar chino, agregado grueso con una gradación de partículas que varía de 5 a 25mm, agregado fino con un módulo de finura de 2.71 denominada arena media, Adiciones minerales como cenizas volantes, polvo de escoria de alto horno y el aditivo superplastificante compuesto.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Para medir la fluidez de las pastas se utilizó el mini cono de asentamiento (60mm de alto, 36mm de diámetro superior y 60mm de diámetro inferior). El valor de flujo fue el valor medio del diámetro máximo con direcciones perpendiculares entre sí. Estas pruebas fueron realizadas para una dosificación constante de 1.46% de aditivo a diferentes relaciones agua cemento.

Resultados:

Tabla 24

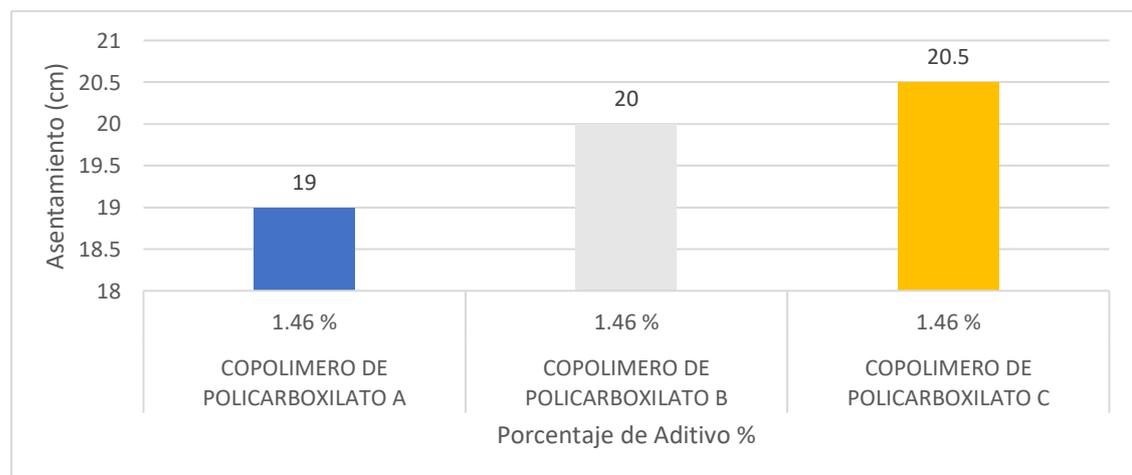
Cantidad de material por diferentes relaciones agua/cemento

Cantidad de materiales por kg/m3							Resultados	
A/C	Cemento	Ceniza Volante	Escoria de alto horno	Agregado Fino	Agregado Grueso	Aditivo	Slump	Resistencia a la compresión MPA
0.42	314	63	42	776	988	6.12	190	44.8
0.47	281	56	38	776	988	5.48	200	39.6
0.52	253	51	34	776	988	4.93	205	35.4

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 10

Asentamiento por las diferentes relaciones agua/cemento



Nota: Se utilizo diferentes relaciones a/c: 0.42, 0.47 y 0.52 respectivamente. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Como se muestra en la Figura 10 muestra que para una relación a/c de 0.52 se tiene un asentamiento de 205mm para una dosificación constante de 1.46% de aditivo y adiciones minerales como cenizas volantes y escorias de alto horno.

Comparativo:

Para el comparativo fue necesario comprender y recopilar la información más relevante de los artículos seleccionados. Estudiando cada artículo, perspectiva de los autores y datos experimentales realizados. Estructurando los datos más relevantes de cada artículo encontramos una relación entre el porcentaje de adición de estos aditivos superplastificantes basados en copolímeros y Slump (Asentamiento) a condiciones igualitarias. Como se puede apreciar a continuación:

Tabla 25

Recopilación de datos más relevantes de los artículos seleccionados para el asentamiento

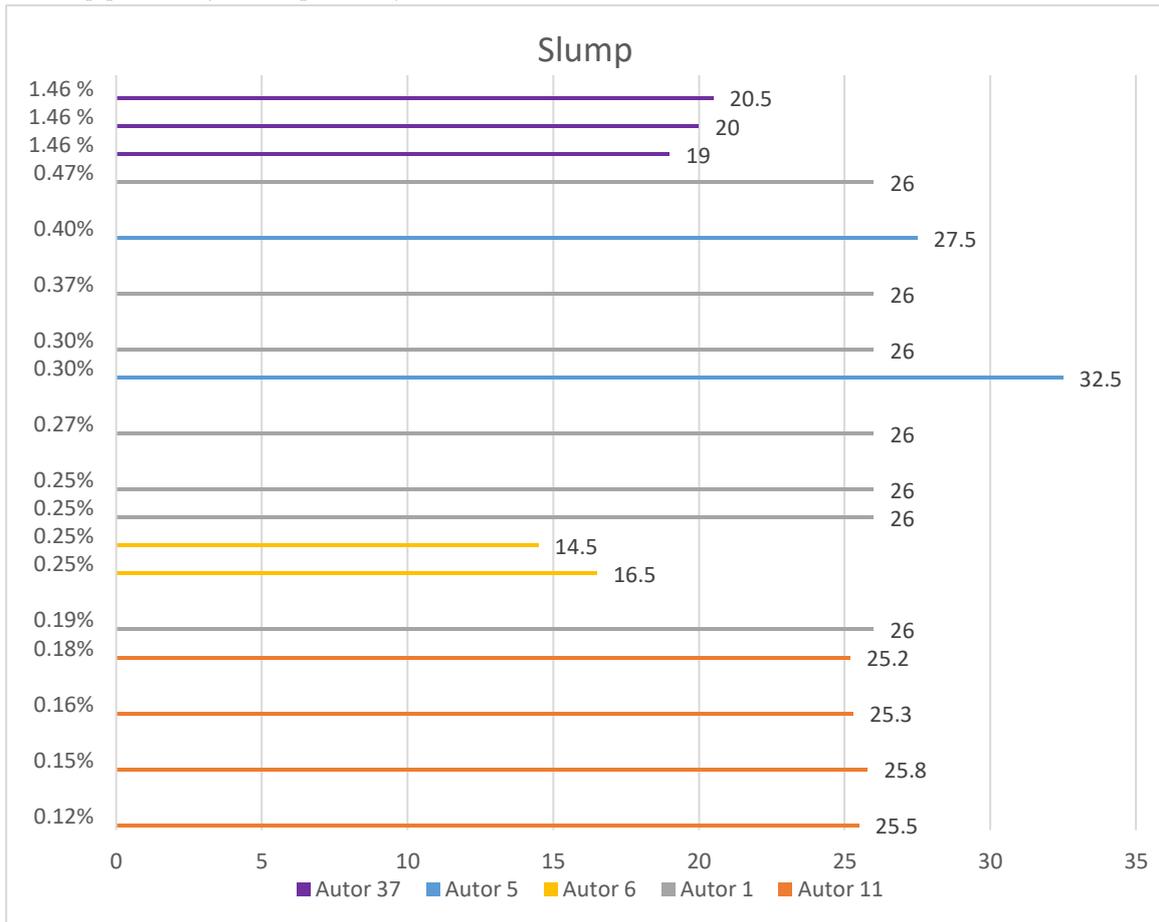
Ítem	Nombre del artículo	Autor	Tipo de policarboxilato	Dosis o porcentaje Resistencia	Relación a/c	Slump	Tipo de ensayo
1	Un nuevo tipo de superplastificante de hormigón basado en copolímeros de injerto de lignito.	Ilg, M., & Plank, J. (2016)	Lignite ATBS-co-AA (1:0.15)	0.25%	0.45	26	Slump Flow
			Lignite 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	
5	Síntesis, caracterización y rendimiento de superplastificantes con estructura de brazos múltiples	Liu, X., Wang, Z. M., Zhu, J., Zhao, M., & Zheng, Y. S. (2015).	PCE con estructura de brazos múltiples M5-2	0.30%	0.29	32.5	Slump Flow
			PCE convencional (SA) M5-1	0.40%	0.29	27.5	
6	Influencia de la modificación estructural de un copolímero de policarboxilato con baja capacidad de dispersión sobre el fraguado retardante del cemento Portland	Jun, Y., Jeong, Y., Oh, J. E., Park, J., Ha, J., & Sohn, S. G. (2014).	PCE AP25	0.25%	0.28	16.5	Slump Flow
			PCE AP75	0.25%	0.28	14.5	

11	Preparar superplastificantes de policarboxilato hiperbrancado que posean excelente rendimiento en la reducción de la viscosidad mediante el redox in situ inicializado método de polimerización	Huang, Z., Yang, Y., Ran, Q., & Liu, J. (2018).	PCE-1	0.15%	0.29	25.8	Slump Flow
			PCE-2	0.16%	0.29	25.3	
			PCE-3	0.18%	0.29	25.2	
			PCE-4	0.12%	0.29	25.5	
37	Diseño de proporción de mezcla de copolímero policarboxílico P (AA-co-MA) / PEG y concreto de alto rendimiento con aditivo compuesto	Chen, B. F. (2012).	PCE A	1.46 %	0.42	19	Slump Flow
			PCE B	1.46 %	0.47	20	
			PCE C	1.46 %	0.5	20.5	

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 11

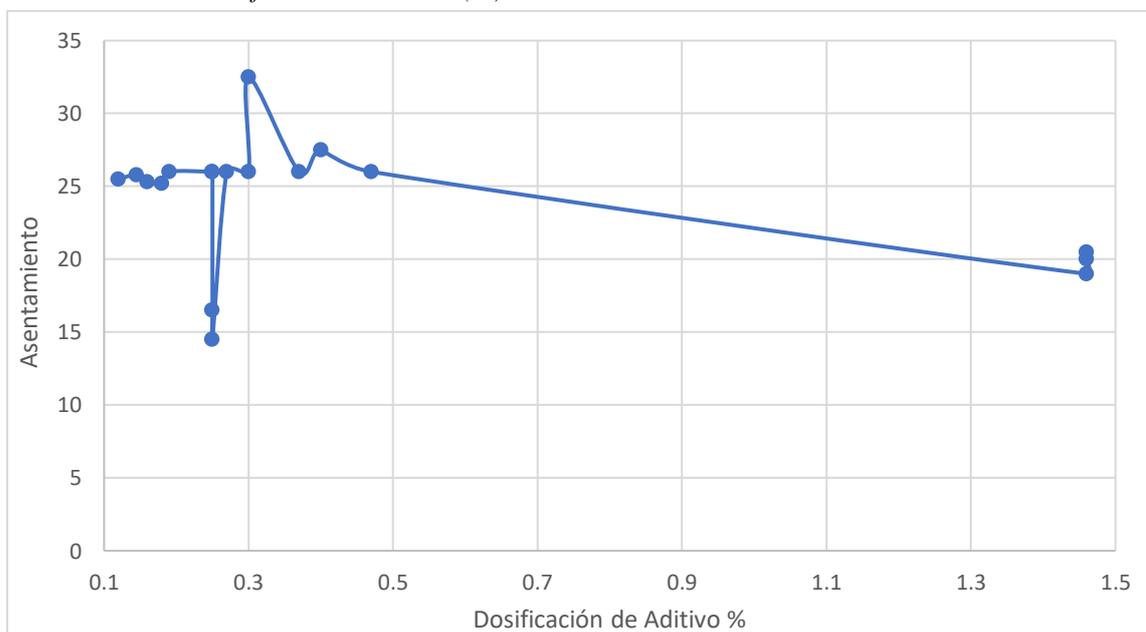
Slump por los diferentes porcentajes de Aditivos



Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 12

Asentamiento vs Dosificación de Aditivo (%)



Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

5.1.1. La influencia de la relación a/c sobre la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia.

Artículo 9: *“Mejorar la resistencia inicial del hormigón: efecto de la activación mecano química de la suspensión cementosa y uso de varios superplastificantes”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Se utilizaron aditivos de diferentes tipos de superplastificantes a base de naftaleno formaldehído y policarboxilato durante el proceso de activación de suspensiones cementosas por el aparato pulsación RPA.

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland escoria CEM II / AS 32.5 como material aglutinante, Agregado fino con una densidad aparente de 1.550g/cm^3 . Agregado grueso con una densidad de 2.75g/cm^3 y una densidad aparente de 1.40g/cm^3 . Como aditivo se utilizaron superplastificantes de diversas bases químicas (naftaleno formaldehído y policarboxilato). El uso de estos aditivos es para aumentar la resistencia inicial y las propiedades físico-mecánicas.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Para los ensayos de resistencia a la compresión, se utilizaron probetas de $10\times 10\times 10\text{cm}$ para todas las muestras. Estos ensayos se llevaron a cabo utilizando un probador servo-hidráulico de fatiga y resistencia de tipo U servo-pulsor Shumadzu (Kyoto, Japón) con una capacidad de 200Kn, según la EN 12390-3.

Resultados:

Tabla 26

Composición de la mezcla de concreto y activación cementosa

Composición número	Nombre la composición y características del método de preparación de la mezcla.	Nota
1	Concreto Patrón	Sin aditivos y sin activación cementosa
2	Con activación mecánica de suspensión cementosa	Sin aditivos y sin activación cementosa
3	Aditivo Relamkis T-2 con MCA de suspensión cementosa y con Relamiks T-2	Sin activación
4	Aditivo Relamkis T-2 con MCA de suspensión cementosa y con Relamiks T-2	Con activación
5	Aditivo Remicrete SP60 con MCA con suspensión cementosa	Sin activación
6	Aditivo Remicrete SP60 con MCA con suspensión cementosa	Con activación

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 27

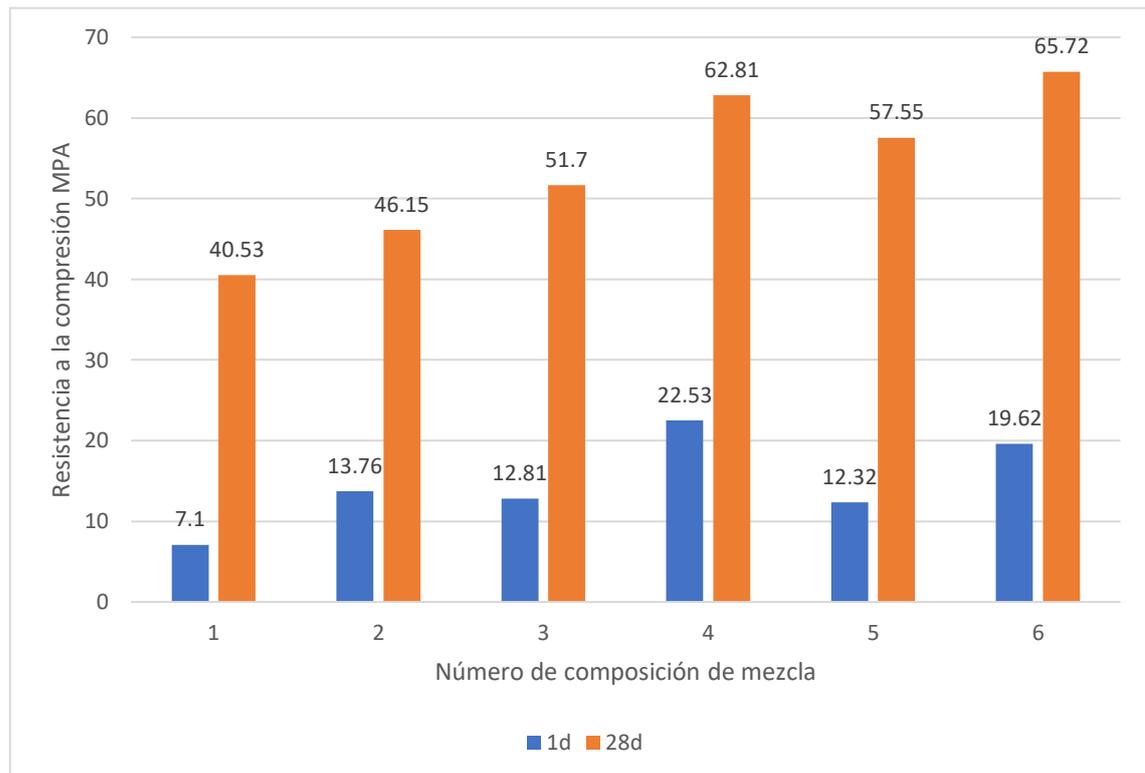
Propiedades físicas el concreto y resistencia a la compresión

Número de composición	a/c	Densidad de mezcla kg/m ³	Contenido de aire %	Temperatura °C	Resistencia a la compresión del concreto en MPA		
					1d	3d	28d
1	0.42	2389	1.05	21.6	7.1	19.57	40.53
2	0.42	2424	0.94	22.7	13.76	29.01	46.15
3	0.31	2472	0.88	22.3	12.81	32.42	51.7
4	0.31	2485	0.64	23.1	22.53	46.38	62.81
5	0.3	2476	0.69	22	12.32	31.89	57.55
6	0.3	2472	0.7	23.5	19.62	45.01	65.72

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 13

Resistencia a la compresión por número de composición de mezcla



Nota: Se utiliza diferentes relaciones agua cemento indicadas en la Tabla 23. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Como se muestra en la Figura 11, la composición 4 y 6 tienen una resistencia a la compresión de 62.81MPa y 65.72MPa respectivamente, esto demuestra que el método de activación mecano química tiene resultados favorables en las propiedades físico-mecánicas del concreto.

Artículo 15 “*Las propiedades de los sistemas superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico*”

Tipo de aditivo superplastificante:

Se sintetizaron superplastificantes de policarboxilatos a base de éster metacrílico con varias densidades de cadena lateral y longitud de cadena lateral.

Contenido de la mezcla:

Se utilizaron ácido metacrílico-MAA y metacrilato de metoxi polietilenglicol-mPEGMA en la síntesis de superplastificantes, cemento portland CEM I 42.5 R (OPC).

Método de ensayo aplicado del artículo:

Las resistencias mecánicas de los morteros se determinaron mediante ensayos de resistencia a la compresión según TS EN 196-1.

Resultados:

Tabla 28

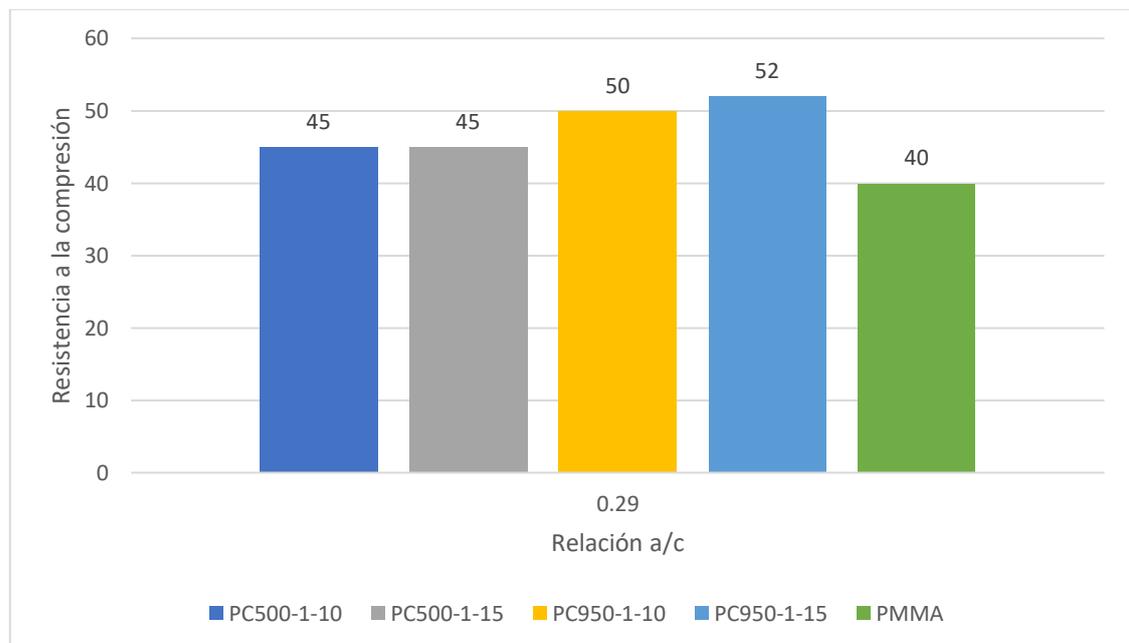
Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

Ítem	Nombre del artículo	Autor	Tipo de policarboxilato	Dosis o porcentaje Resistencia	Relación a/c	Resistencia a la compresión MPa	Días
15	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico	Erzengin, S.	PC500-1-10	0.30%	0.29	45	7
		G., Kaya, K.,	PC500-1-15	0.30%	0.29	45	7
		Özkorucuklu, S. P.,	PC950-1-10	0.30%	0.29	50	7
		Özdemir, V., &	PC950-1-15	0.30%	0.29	52	7
		Yıldırım, G. (2018).	PMMA	0.30%	0.29	40	7

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 14

Resistencia a la compresión por relación a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días. Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Tabla 29

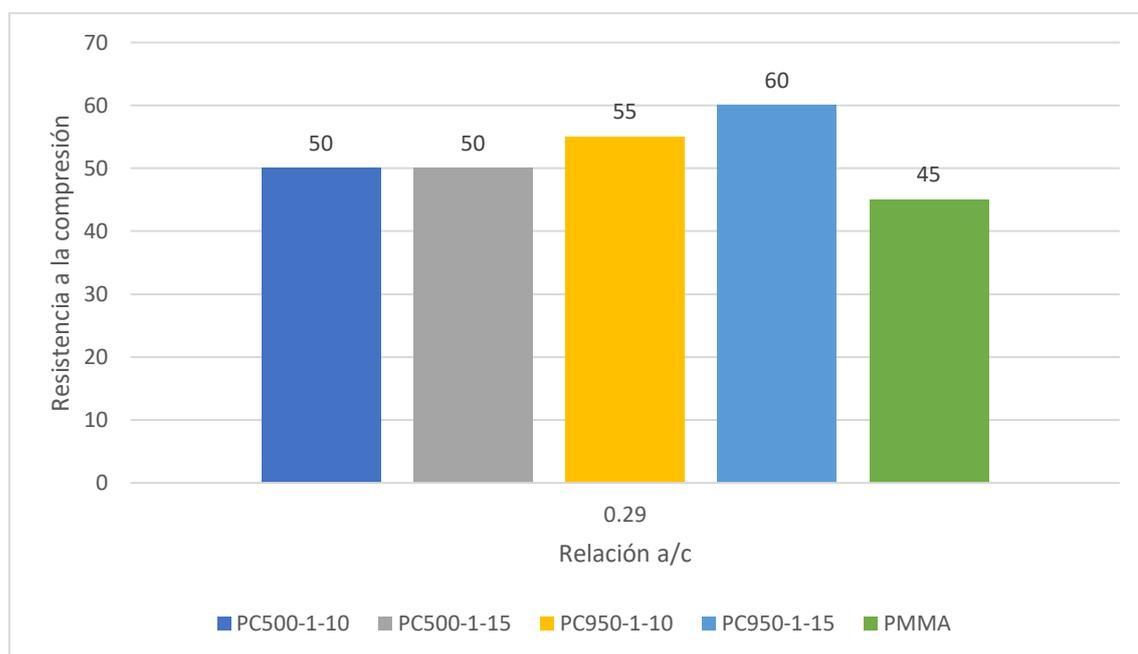
Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días

Ítem	Nombre del artículo	Autor	Tipo de policarboxilato	Porcentaje de Aditivo (%)	Relación a/c	Resistencia a la compresión MPa	Días
15	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico	Erzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (2018).	PC500-1-10	0.30%	0.29	50	28
			PC500-1-15	0.30%	0.29	50	28
			PC950-1-10	0.30%	0.29	55	28
			PC950-1-15	0.30%	0.29	60	28
			PMMA	0.30%	0.29	45	28

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 15

Resistencia a la compresión por relación a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Como se muestra en la Figura 12, la resistencia a la compresión para una relación a/c de 0.29 llega a una resistencia máxima de 611.83kg/cm³ y teniendo un promedio de 530.26kg/cm³. Winnefeld & Becker menciona que las resistencias tempranas de los morteros aumentan con el incremento de la longitud de la cadena lateral y densidad de la misma en los aditivos superplastificantes sintetizados. También menciona que las

longitudes de cadena lateral más largas y las densidades de cadena lateral más baja tienden a disminuir las resistencias a los 28 días.

Artículo 16 “*Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento*”

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se investigaron las dosis óptimas de varias marcas de aditivos superplastificantes de Policarboxilato (PCE).

Contenido de la mezcla:

Se utilizaron 5 marcas de superplastificante basado en PCE actualmente disponibles en el mercado local de Indonesia. Las codificaciones de los superplastificantes utilizados fueron determinados de la siguiente manera: (a) CC, (b) SV, (c), (d) BA y (e) BC. En esta investigación se utilizaron dos tipos de cemento: Cemento Portland Ordinario (OPC) y Cemento Portland con Puzolanas (PPC).

Método de ensayo aplicado del artículo:

Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron en las muestras de cubo de mortero a 7 y 28 días, en tres muestras por cada variable de aditivo superplastificante.

Resultados:

Tabla 30

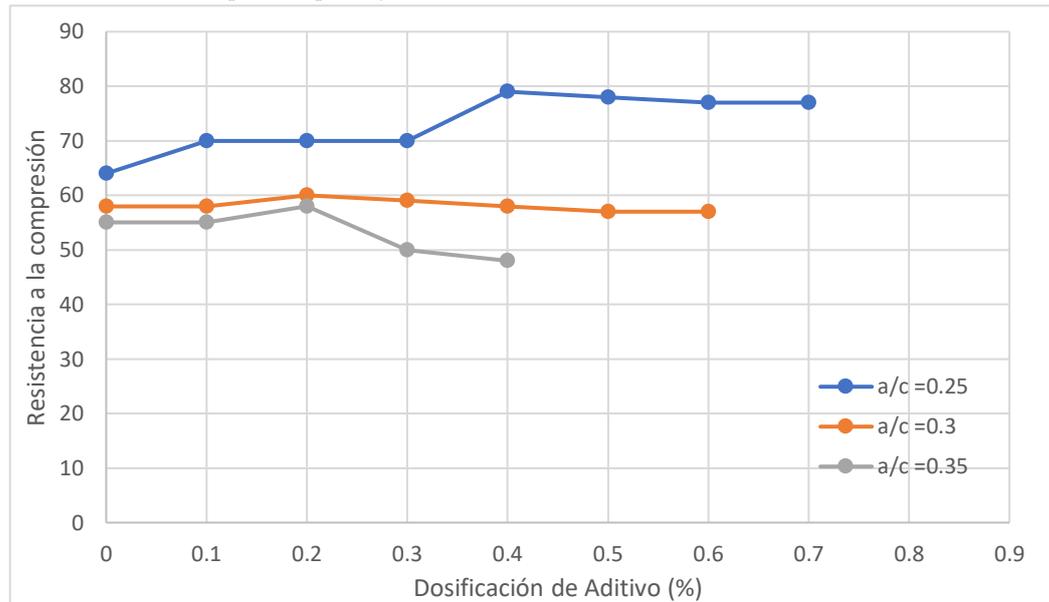
Resistencia a la compresión para el aditivo S.CC

S.CC Dosificación %	Resistencia a la compresión en MPA		
	a/c =0.25	a/c =0.30	a/c =0.35
0%	64	58	55
0.1%	70	58	55
0.2%	70	60	58
0.3%	70	59	50
0.4%	79	58	48
0.5%	78	57	-
0.6%	77	57	-
0.7%	77	-	-
0.8%	-	-	-
0.9%	-	-	-
1%	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 16

Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 31

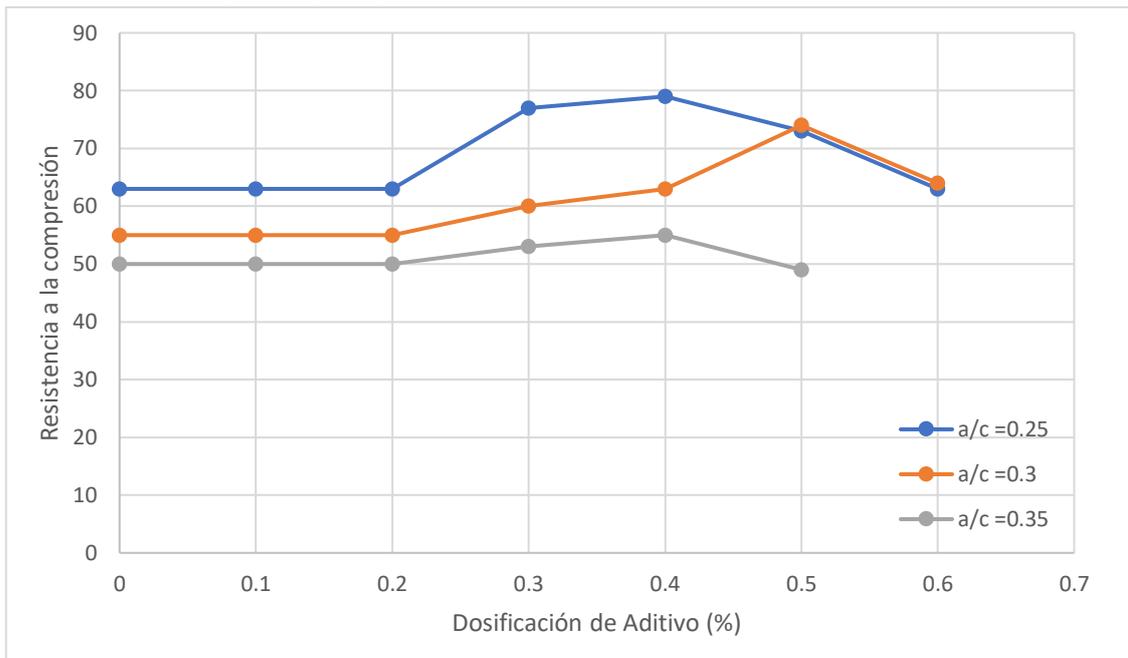
Resistencia a la compresión para el aditivo S.SV

S.SV Dosificación %	Resistencia a la compresión en MPA		
	a/c =0.25	a/c =0.30	a/c =0.35
0%	63	55	50
0.1%	63	55	50
0.2%	63	55	50
0.3%	77	60	53
0.4%	79	63	55
0.5%	73	74	49
0.6%	63	64	-
0.7%	-	-	-
0.8%	-	-	-
0.9%	-	-	-
1%	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 17

Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 32

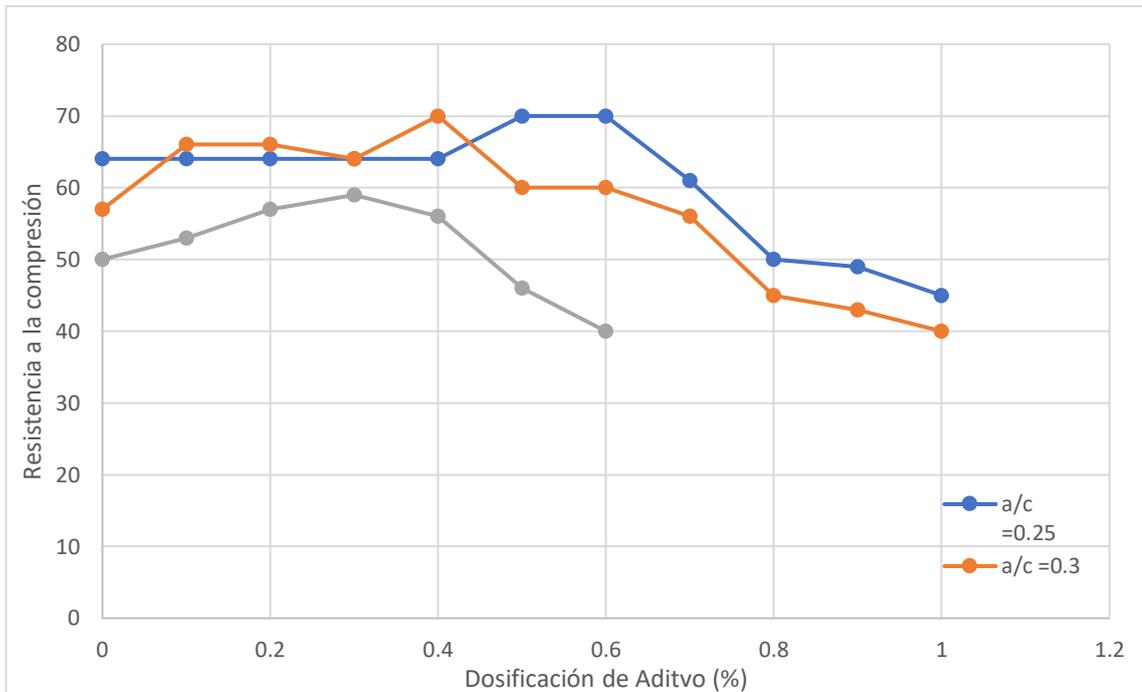
Resistencia a la compresión para el aditivo S.AS

S.AS Dosificación %	Resistencia a la compresión en MPA		
	a/c =0.25	a/c =0.30	a/c =0.35
0%	64	57	50
0.1%	64	66	53
0.2%	64	66	57
0.3%	64	64	59
0.4%	64	70	56
0.5%	70	60	46
0.6%	70	60	40
0.7%	61	56	
0.8%	50	45	
0.9%	49	43	
1%	45	40	

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 18

Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 33

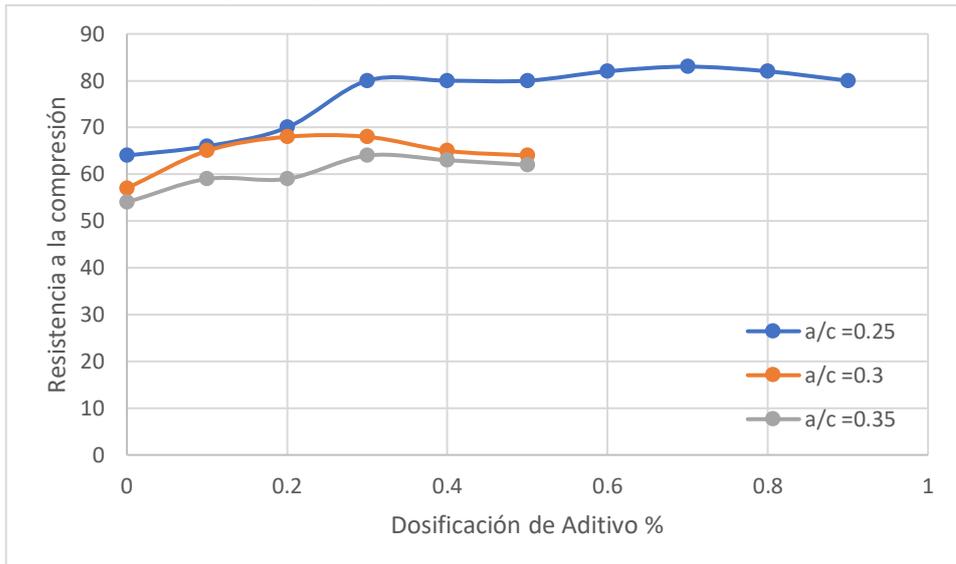
Resistencia a la compresión para el aditivo S.BA.

S.BA Dosificación %	Resistencia a la compresión en MPA		
	a/c =0.25	a/c =0.3	a/c =0.35
0%	64	57	54
0.1%	66	65	59
0.2%	70	68	59
0.3%	80	68	64
0.4%	80	65	63
0.5%	80	64	62
0.6%	82	-	-
0.7%	83	-	-
0.8%	82	-	-
0.9%	80	-	-
1%	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 19

Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 34

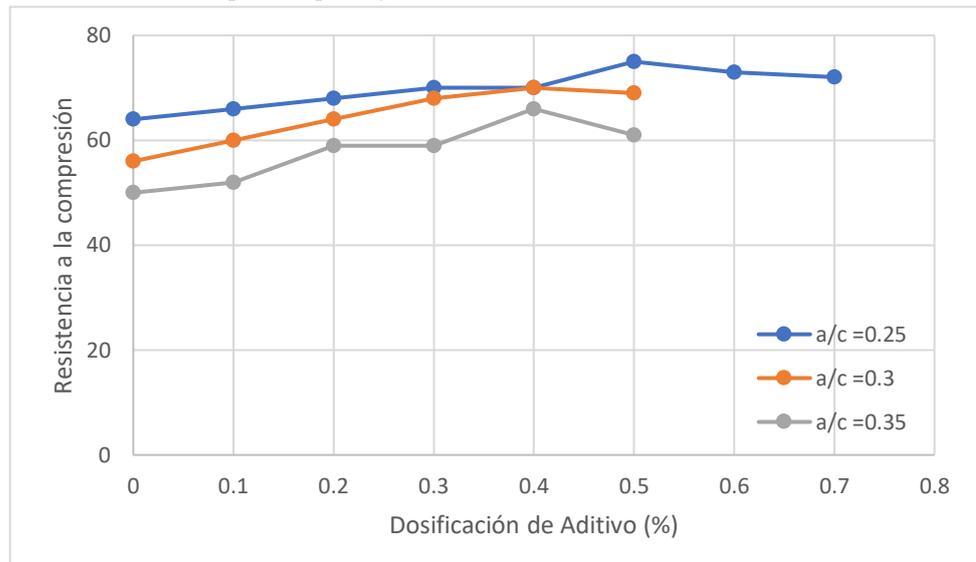
Resistencia a la compresión para el aditivo S.BS.

S.BS Dosificación %	Resistencia a la compresión en MPA		
	a/c =0.25	a/c =0.3	a/c =0.35
0%	64	56	50
0.1%	66	60	52
0.2%	68	64	59
0.3%	70	68	59
0.4%	70	70	66
0.5%	75	69	61
0.6%	73	-	-
0.7%	72	-	-
0.8%	-	-	-
0.9%	-	-	-
1%	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 20

Resistencia a la compresión por diferentes relaciones a/c



Nota: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Como se muestra en la Figura 19, se llega a una resistencia máxima de 83MPa para una relación agua cemento a/c de 0.25 y una dosificación de aditivo de 0.8% para el superplastificante tipo BA. Antoni & Kusuma afirman que la dosis optima depende del tipo de superplastificante y que la fuerza de compresion se reducirá con el uso excesivo de superplastificante.

Artículo 23: *“Utilización de copolímero a base de poli (alcohol vinílico) y Acrilato de 2-etilhexilo como aditivo para pastas de cemento”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación sintetiza un copolímero acrílico a base de alcohol polivinílico (PVA) y acrilato de 2-etilhexilo (2-EHA) mediante polimerización por injerto.

Contenido de la mezcla:

Se utilizo Cemento Portland (CEM I), muestras de los aditivos superplastificantes sintetizados a base de alcohol polivinílico (PVA) y acrilato de 2-etilhexilo (2-EHA) utilizados en un rango de dosificaciones de 0.13%, 0.17% y 0.25%.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Los efectos de los copolímeros injertados sobre la resistencia a la compresión de las pastas de cemento con edades de 3, 7 y 28 días con un rango de relación agua cemento de 0.27 a 0.29

Resultados:

Tabla 35

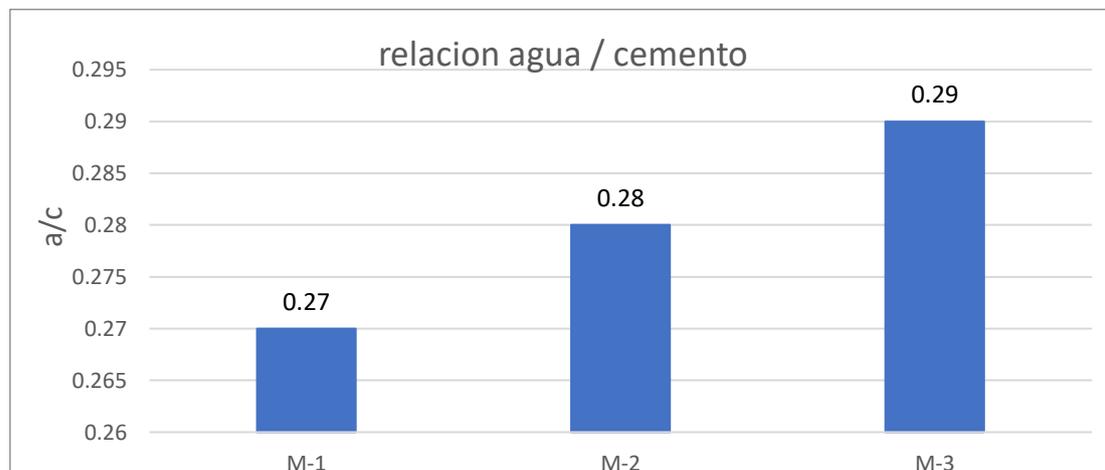
Relaciones A/C de las pastas de cemento con aditivos sintetizados

Copolímero - alcohol polivinílico (PVA)	A/C
M-1	0.27
M-2	0.28
M-3	0.29

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 21

Relación a/c por diferentes muestras de copolímero



Nota: Efecto del contenido de PVA en las relaciones A/C de las pastas de cemento. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Tabla 36

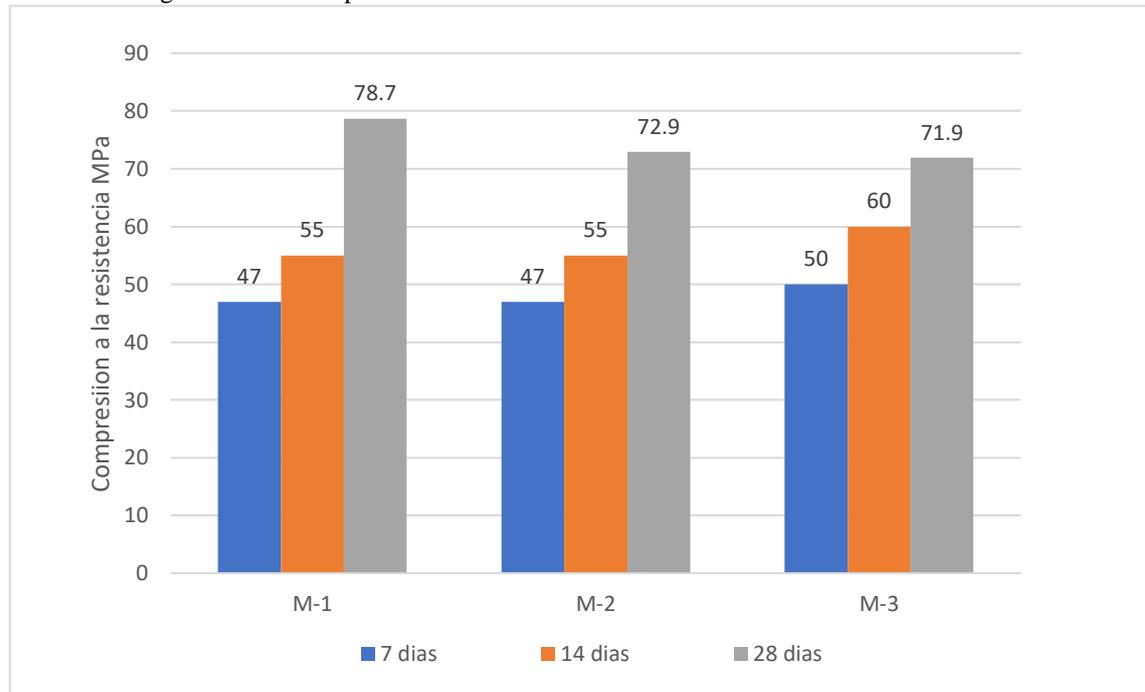
Aditivo copolímero PVA con resistencia según edades.

Copolímero - alcohol polivinílico (PVA)	7 días	14 días	28 días
M-1	47	55	78.7
M-2	47	55	72.9
M-3	50	60	71.9

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 22

Resistencia según edades de copolímeros



Nota: Efecto del PVA sobre la resistencia a la compresión de las pastas de cemento. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Como se muestra en la Figura 22 muestra la resistencia a la compresión de las pastas de cemento aumentó con la adición de copolímeros injertados al cemento. pastas en casi todos los períodos de curado. Además, un aumento en el contenido de 2-EHA en los copolímeros injertados aumentó la resistencia a la compresión de las pastas de cemento.

Las pastas de cemento mezcladas con 40% de 2-EHA (M3) dieron la mayor resistencia con 80 MPa, mientras que las pastas de cemento mezcladas con 2-EHA (M1) al 20% dieron la resistencia más baja con 68 MPa. Esto se atribuye a la acción aglutinante de los copolímeros injertados con granos de cemento y llevó a mejorar las propiedades mecánicas de las pastas de cemento.

Artículo 34: “Efecto de los superplastificantes funcionales sobre la resistencia del hormigón y la estructura de los poros”

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se usaron superplastificantes de ácido policarboxilatos reductor de agua (J), liberación sostenida (H) y de resistencia temprana (Z)

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland (CEM I), muestras de los aditivos superplastificantes sintetizados a base de ácido policarboxílico utilizados una dosificación de 1 %.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Proceso de prueba de resistencia a la compresión del hormigón con dimensiones de 150 mm x 150 mm, se curaron a edades de 14 y 28 días especificada en condiciones estándar con una relación en agua / cemento de 0.27.

Resultados:

Tabla 37

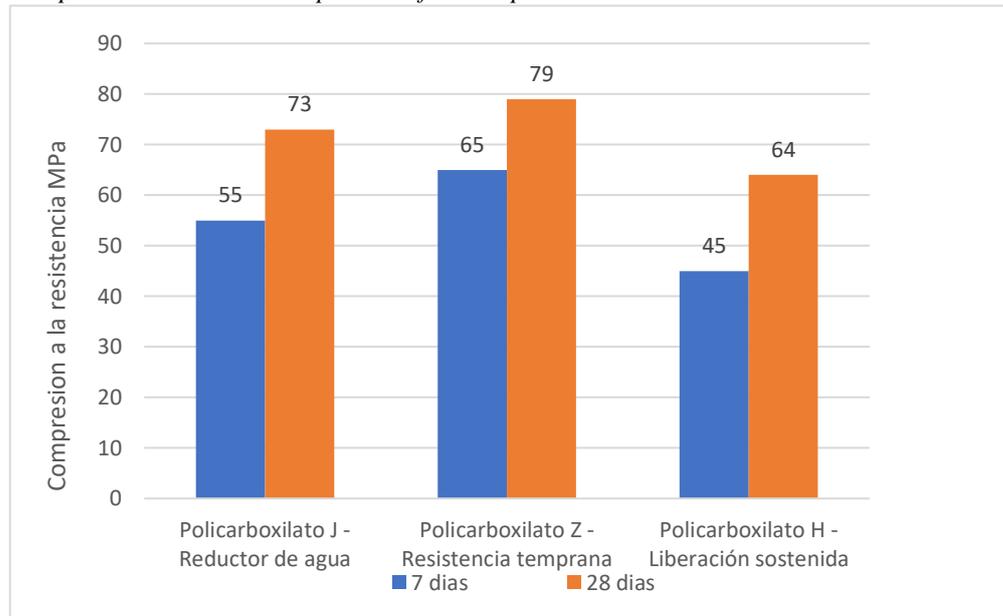
Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades

Tipo de policarboxilato	Dosis o porcentaje	Relación a/c	Resistencia a la Compresión (MPA)	
			7 días	28 días
Policarboxilato J - Reductor de agua	1%	0.27	55	73
Policarboxilato Z – Resistencia temprana	1%	0.27	65	79
Policarboxilato H – Liberación sostenida	1%	0.27	45	64

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 23

Compresión a la resistencia por los diferentes policarboxilatos



Nota: Se utiliza la misma relación a/c de 0.27 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

El superplastificante Z es más alto que el de los otros grupos, y el superplastificante Z ayuda a la resistencia en concreto para desarrollarse más rápido con el tiempo, lo que demuestra su superioridad a los otros superplastificantes. Por tanto, se puede concluir que el superplastificante Z promueve la reacción de hidratación en la etapa temprana y mejora la resistencia en concreto, lo que refleja aún más las características del policarboxílico funcional de resistencia temprana superplastificante ácido.

Artículo 40: *“Optimización del hormigón autocompactante de alto rendimiento”*

Tipo de aditivo superplastificante:

Para esta investigación se usaron el polvo de vidrio, el humo de sílice, el éter de policarboxilato

Contenido de la mezcla:

Se utilizo Cemento Portland (CEM I), muestras de los aditivos superplastificantes a base de policarboxílico utilizados una dosificación de 1.00 %.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Proceso de prueba de resistencia a la compresión de concreto con la norma ASTM C 39 / C 39 M - 01, se curaron a una edad de 28 días con un rango de relación en agua / cemento de 0.27 a .0.31

Resultados:

Tabla 38

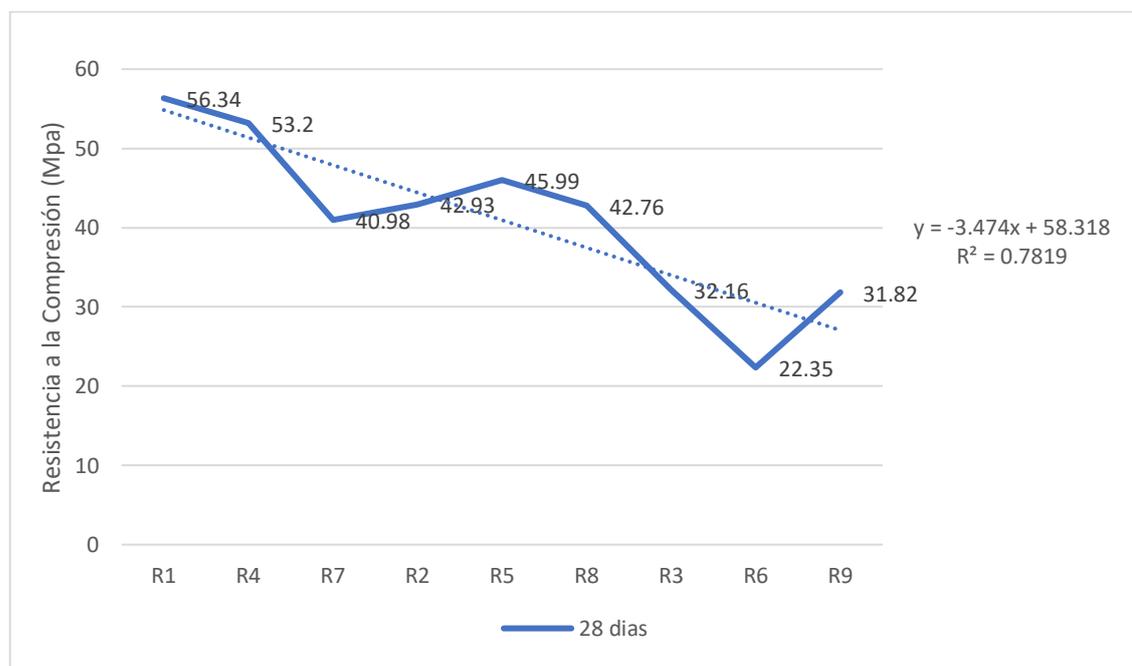
Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades

Humo de sílice (SD) + Polvo de vidrio	Porcentaje de Aditivo (%)	Relación a/c	Resistencia a la Compresión (MPA) 28 días
R1	1.00%	0.27	56.34
R4	1.00%	0.27	53.2
R7	1.00%	0.27	40.98
R2	1.00%	0.29	42.93
R5	1.00%	0.29	45.99
R8	1.00%	0.29	42.76
R3	1.00%	0.31	32.16
R6	1.00%	0.31	22.35
R9	1.00%	0.31	31.82

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 24

Resistencia la compresión a los 28 días



Nota: Se utiliza un rango de relación a/c de 0.27 a 0.31 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Se puede lograr una resistencia a la compresión óptima a 54.037 ± 5.496 MPa aplicando 45% de agregado grueso, 10% de polvo de vidrio, 40% de humo de sílice y 1.00% de éter policarboxilato.

Artículo 43: “*Síntesis de un nuevo policarboxilato a temperatura ambiente y su influencia en las propiedades de las pastas de cemento con diferentes materiales cementantes suplementarios*”

Tipo de aditivo superplastificante:

Se sintetizaron policarboxilatos con diferentes estructuras de peine (es decir, el mismo grado de polimerización en las cadenas laterales pero diferentes cadenas principales) mediante una reacción de polimerización por radicales a temperatura ambiente.

Contenido de la mezcla:

Se utilizó Cemento Portland (CEM I), muestras de los aditivos superplastificantes a base de policarboxílico utilizados una dosificación de 0.15 %.

Método de ensayo aplicado del artículo:

Proceso de prueba de resistencia a la compresión de concreto, se curaron a edades de 7, 14 y 28 días con una relación en agua / cemento de 0.30

Resultados:

Tabla 39

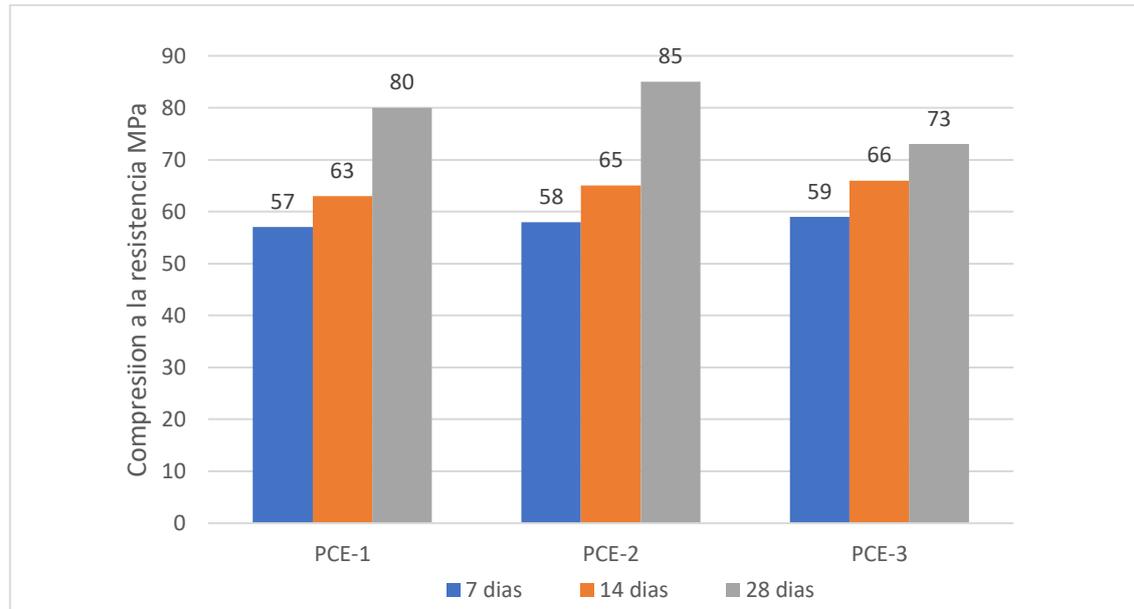
Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades

Tipo de policarboxilato + escoria	Porcentaje de aditivo	Relación a/c	Resistencia a la Compresión (MPa)		
			7 días	14 días	28 días
PCE-1	0.15%	0.3	57	63	80
PCE-2	0.15%	0.3	58	65	85
PCE-3	0.15%	0.3	59	66	73

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 25

Compresión a la resistencia por diferentes edades 7,14 y 28 días



Nota: Se utiliza la misma relación a/c de 0.30 para todas las dosificaciones. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

El efecto del PCE-2 y los materiales cementantes suplementarios sobre la resistencia a la compresión del mortero de cemento en diferentes edades. Pudimos ver que los mayores incrementos de escoria. Debido a que este material cementantes suplementarios tenían un tamaño de partícula más pequeño que el cemento, cuyos poros podían llenarse mejor, el sistema de empaque de partículas se volvió más cerrado. Además, los materiales cementantes suplementarios tuvieron buenos efectos de forma, buena movilidad y menor adsorción de agua, por lo que podrían mejorar la trabajabilidad de la mezcla de hormigón, que mostró cierto efecto reductor de agua. Además, también encontramos que el mortero de cemento con dosis de escoria mostró una resistencia temprana más baja.

Comparativo:

Para el comparativo fue necesario la recopilación de la información más relevante de los artículos antes presentados, cada autor tiene consideraciones propias para el análisis de la resistencia a la compresión, desde la síntesis de los aditivos superplastificantes o adiciones minerales que afectan directamente a la resistencia a la compresión. Los datos más relevantes se aprecian en el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 40*Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia por edades*

Ítem	Nombre del artículo	Autor	Tipo de policarboxilato	Porcentaje de Aditivo	Relación a/c	Resistencia a la compresión MPa	Días
9	Mejorando la resistencia inicial del hormigón: Efecto de la mecano química la activación de la suspensión de cemento y el uso de diversos superplastificantes	Ibragimov, R., & Fediuk, R. (2019).	Remicrete SP60 sin activación P5	1%	0.3	57.55	28
			Remicrete SP60 con activación P6	1%	0.3	65.72	28
15	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico	Erzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (2018).	PC500-1-10	0.30%	0.29	50	28
			PC500-1-15	0.30%	0.29	50	28
			PC950-1-10	0.30%	0.29	55	28
			PC950-1-15	0.30%	0.29	60	28
16	Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento	Antoni, Halim, J. G., Kusuma, O. C., & Hardjito, D. (2017).	PMMA	0.30%	0.29	45	28
			S.CC	0.60%	0.25	79	28
			S.SV	0.50%	0.25	79	28
			S.BA	0.50%	0.25	83	28
			S.BS	0.50%	0.25	75	28
S.AS	0.50%	0.25	70	28			

16			S.CC – 2	0.20%	0.3	60	28	
			S.SV – 2	0.50%	0.3	74	28	
			S.BA – 2	0.30%	0.3	700	28	
			S.BS – 2	0.50%	0.3	70	28	
			S.AS – 2	0.40%	0.3	70	28	
23	Utilización de copolímero a base de poli (alcohol vinílico) y Acrilato de 2-etilhexilo como aditivo para pastas de cemento	Negim, E. S., Bekbayeva, L., Nabyeva, A., Yeligbayeva, G., & Eshmaiel, G. (2019).	SUPERPLASTIFICANTE BASE DE COPOLIMERO - alcohol polivinílico (PVA) M1		-	0.27	78.7	28
			SUPERPLASTIFICANTE BASE DE COPOLIMERO - alcohol polivinílico (PVA) M2		-	0.28	72.9	28
			SUPERPLASTIFICANTE BASE DE COPOLIMERO - alcohol polivinílico (PVA) M3		-	0.29	71.9	28
40	Optimización del hormigón autocompactante de alto rendimiento	Raymond A, Y., Januarti Jaya, E., &	HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R1		1.00%	0.27	56.34	28

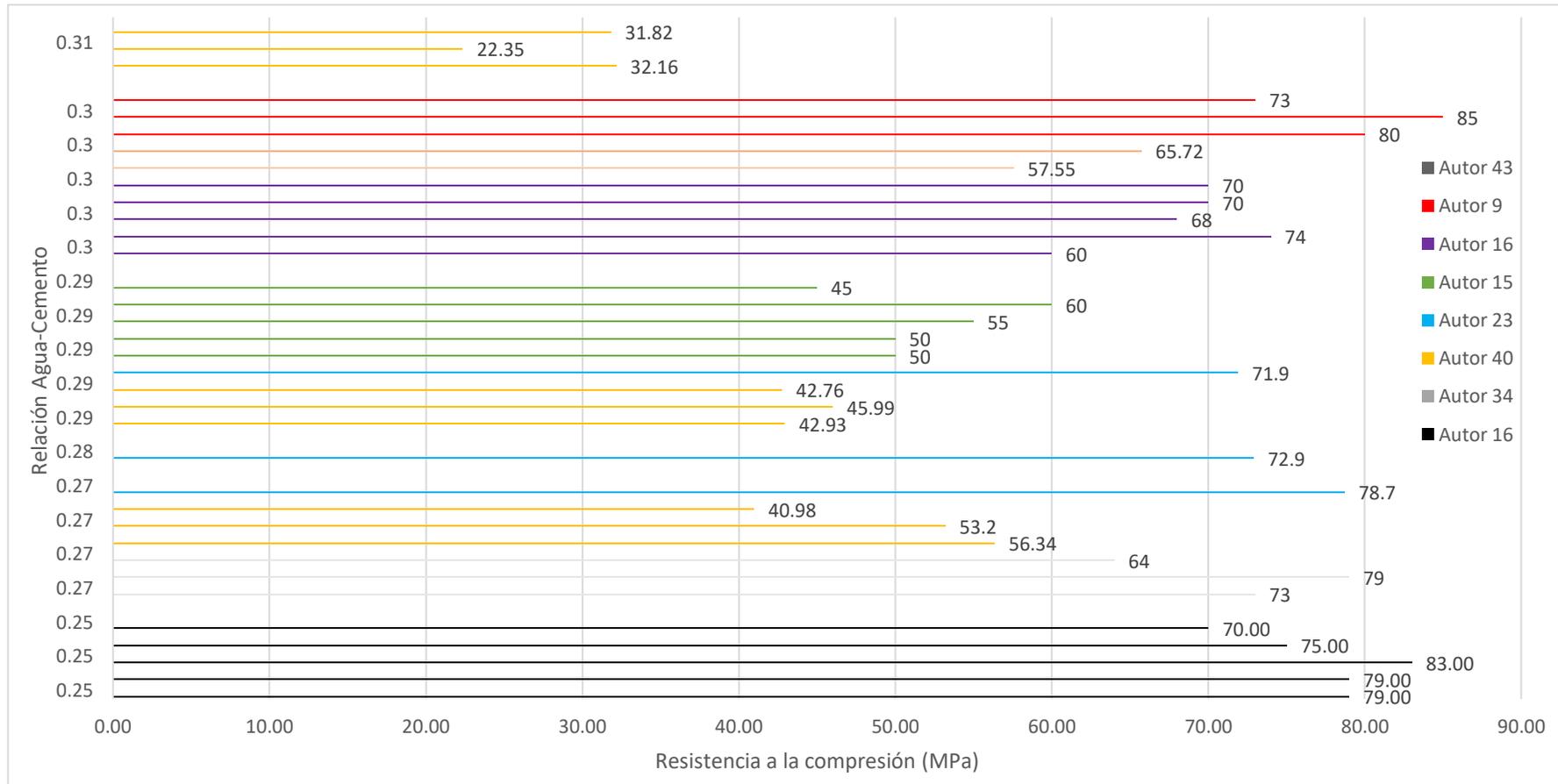
		Triwulan. (2017).	HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R4	1.00%	0.27	53.2	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R7	1.00%	0.27	40.98	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R2	1.00%	0.29	42.93	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R5	1.00%	0.29	45.99	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R8	1.00%	0.29	42.76	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R3	1.00%	0.31	32.16	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R6	1.00%	0.31	22.35	28
			HUMO DE SILICE (SD) + POLVO DE VIDRIO R9	1.00%	0.31	31.82	28
34	Efecto de los superplastificantes funcionales sobre la resistencia del hormigón y la estructura de los poros	Xun, W., Wu, C., Leng, X., Li, J., Xin, D., & Li, Y. (2020).	SUPERPLASTICANTE BASE DE POLICARBOXILATO J SUPERPLASTICANTE BASE DE POLICARBOXILATO Z	1%	0.27	73	28
				1%	0.27	79	28

43	Síntesis de un nuevo policarboxilato a temperatura ambiente y su influencia en las propiedades de las pastas de cemento con diferentes materiales cementantes suplementarios	Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020)	SUPERPLASTICANTE				
			BASE DE	1%	0.27	64	28
			POLICARBOXILATO H				
			PCE-1	0.15%	0.3	80	28
			PCE-2	0.15%	0.3	85	28
			PCE-3	0.15%	0.3	73	28

Fuente: Elaboración Propia Basada en Información del artículo.

Figura 26

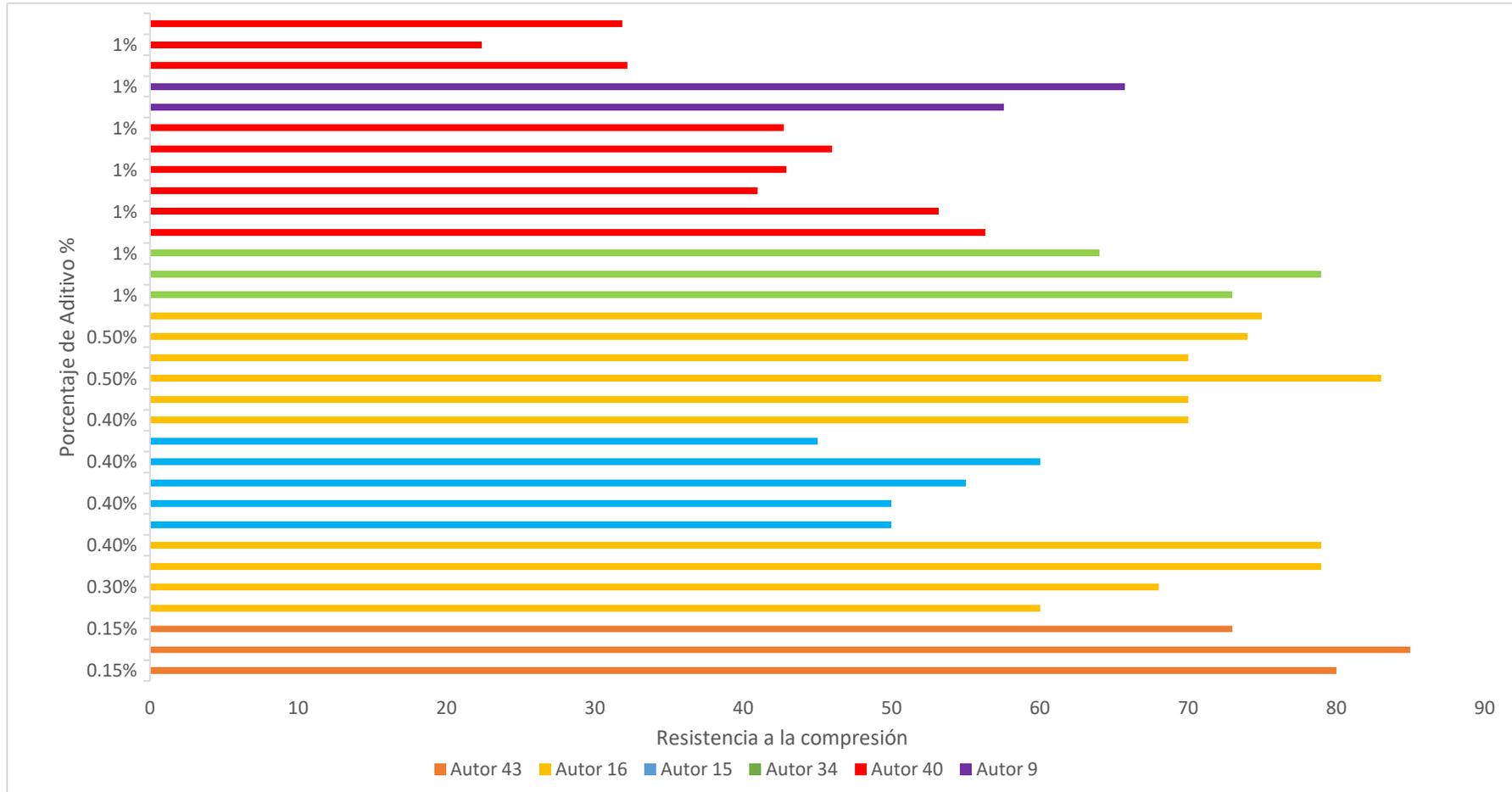
Tipo de aditivo con relación a/c y resistencia



Nota: Resistencia a la compresión a los 28 días con diferente relación a/c. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

Figura 27

Tipo de aditivo con porcentaje de aditivo y resistencia



Nota: Dosificación óptima de aditivo superplastificante para cada autor. Elaboración Propia Basada en Información del artículo

5.2. Contrastación de resultados

5.2.1. La influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre las propiedades del concreto de alta resistencia

Para analizar la influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre las propiedades del concreto de alta resistencia, se requieren los resultados de los ensayos antes mencionados.

- Hipótesis auxiliar:

H0: Al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímeros no se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia.

H1: Al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímeros se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia.

- Observación:

El uso de aditivo superplastificante auto sintetizado de estructura molecular de “múltiples brazos” tuvo un Slump Flow de 32.5cm para una dosis de 0.3% y encuentra entre el rango de 0.25% a 0.40 (Liu & Wang, 2015). El aditivo superplastificante sintetizado en forma de peine con codificación PCE-2 tuvo una resistencia a la compresión de 85MPa ensayado a los 28 días con una relación a/c de 0.30 y adiciones minerales. Para la muestra con codificación PC-3 se obtuvo una resistencia a la compresión de 73MPa ensayado a los 28 días a una relación a/c 0.30 pero sin adiciones minerales, El valor promedio de resistencia a la compresión sin adiciones minerales fue de 61MPa con una relación a/c de 0.25 a 0.30. (Xiang, Gao, & Shi, 2020). Por lo antes mencionado se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) ya que se demuestra según las observaciones que al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímeros se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia.

5.2.2. La influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre el asentamiento de la mezcla de concreto

Para analizar la influencia del aditivo superplastificante basado en copolímeros sobre el asentamiento de la mezcla del concreto, se requieren los resultados de los ensayos antes mencionados.

- Hipótesis auxiliar:

H0: Al determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímeros no se mejora el asentamiento del concreto de alta resistencia.

H2: Al determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímeros se mejora el asentamiento del concreto de alta resistencia.

- Observación:

Según los autores: “Liu & Wang”, el aditivo superplastificante auto-sintetizado de estructura molecular denominado “múltiples brazos” tuvo un asentamiento de 32.5cm a una dosis de 0.3% en comparación a un aditivo superplastificante convencional que a una dosis de 0.4% obtuvo un Slump Flow de 27.5cm. Ambas muestras fueron ensayadas a una relación a/c de 0.29. Toda información antes mencionada se proporciona de la Tabla 25 y Figura 11.

Según los autores “Ilg & Plank”, el aditivo superplastificante sintetizado con injertos ATBS en una estructura principal de lignito tuvo Slump Flow inicial de 26.3cm para la muestra Lignito (ATBS-co-AA) con una relación molar de 1:0.15 y una dosificación de 0.25% en peso de cemento en comparación a un superplastificante convencional (BNS) que obtuvo un 25.8 para una dosificación de 0.30% en peso de cemento. Para todas las muestras estudiadas por el autor se utilizó una relación a/c constante de 0.455. Toda información antes mencionada se proporciona de la Tabla 25 y Figura 11.

Según el autor “Chen B”, el aditivo superplastificante basado en copolímeros de poli carboxilato P(AA-co-MA) /PEG se obtuvo un Slump Flow promedio de máximo e 20.5 para una relación a/c de 0.52 a una dosificación de 1.46% de aditivo por peso de cemento obteniendo una considerable reducción de agua. En esta investigación se utilizaron adiciones minerales y polvo de escoria de alto horno.

Según el autor “Jun & Jeong” la síntesis de dos copolímeros de policarboxilato estructura mente modificados con injertos de cadenas laterales cortas toma como muestra el aditivo sintetizado AP25 mostro un mejor comportamiento que el concreto patrón sin aditivos dando un Slump Flow de 16.5 con una dosificación optima de 0.25% para una relación a/c de 0.28 como se muestra en la Tabla 25 y Figura 11. Sin embargo, el autor afirma que a pesar que estos aditivos sintetizados presentan numerosas cadenas de injerto de cadena lateral no aumenta la fluidez de la mezcla debido a la corta longitud de estas mismas.

Según el autor “Huang & Yang” la síntesis de superplastificantes hiperramificados mediante el método de redox in situ tuvo como muestra PCE-1 que obtuvo un Slump Flow de 25.8 cm para para una dosificación de 0.145% a una relación a/c de 0.29 por encima del de la muestra PCE-4 denominada por el autor como muestra patrón. Sin embargo se requieren dosis más alta de aditivo hiperramificado para alcanzar mejores resultados que el aditivo convencional.

Por lo antes mencionado se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_2) ya que se demuestra según las observaciones que al determinar el porcentaje óptimo de los aditivos superplastificantes basados en copolímeros se mejora el asentamiento en el concreto de alta resistencia.

5.2.3. La influencia de la relación a/c en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basado en copolímeros.

Para determinar la influencia de la relación a/c en los concretos de alta resistencia donde se incorpora aditivos superplastificantes basados en copolímeros fue necesario la recopilación de los ensayos antes mencionados.

- Hipótesis auxiliar:

H0: Al determinar la relación a/c en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basados en copolímeros no mejora la resistencia a la compresión.

H3: Al determinar la relación a/c en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basados en copolímeros si mejora la resistencia a la compresión.

- Observación:

Según los autores: “Ibragimov & Fediu”, se pudo constatar que el uso de aditivo superplastificante Remicrete SP60 en las muestras por composición 5 y 6 muestran una resistencia a la compresión de 57.55 MPa y 65.72 MPa a los 28 días de ensayo con una dosificación de 1% y relación agua cemento de 0.30 para ambas composiciones, siendo superior a la muestra de composición 1 que obtuvo una resistencia a la compresión de 40.53MPa a los 28 días de ensayo con una relación agua cemento de 0.42 como se muestra en la Tabla 40 y Figura 26.

Según los autores: “Erzengin & Kaya”, pudieron constatar que el uso de aditivo superplastificante de policarboxilato a base de eter metacrilico con varias densidades de cadena lateral y longitud de cadena lateral tiene una mejora en la resistencia. La muestra PC950-1-15 alcanza una resistencia de 60MPa para una dosificación de 0.30% en peso de cemento para una relación a/c de 0.29. Erzengin & Kaya también explica que el motivo de la mejora es la baja densidad de las cadenas lateral lo que ocasiona una considerable reducción de agua por ende mejorando la resistencia a la compresión sobre los aditivos convencionales.

Según los autores: “Antoni & Kusuma”, se afirma que el uso de aditivos SP definitivamente tiene un impacto positivo en el aumento a la resistencia a la compresión del concreto. Para el tipo de superplastificante BA con una relación a/c de 0.25 alcanza una resistencia de 82MPa con una dosificación de aditivo en un rango de 0.5% a 0.9%. También resalta una mayor resistencia a la compresión para una relación a/c 0.25 en un rango de dosificaciones de 0.3% a 1% en comparación a muestras tomadas con relaciones a/c de 0.30 y 0.35.

Según los autores: “Negim & Bekbayeva”, pudieron constatar que el uso de aditivos superplastificantes a base de alcohol vinílico y acrilato (2-EHA) aumentan la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto. La muestra M1 obtuvo un 40% más que la muestra M0 (concreto patrón) obteniendo 78.7MPa para una relación a/c de 0.27. También se logra demostrar que la muestra M1 para una relación a/c de 0.27 obtiene mayor resistencia que las muestras M2 y M3 con relaciones a/c 0.28 y 0.29.

Según los autores: “Xun, Wu, Leng, Li, & Xin”, se afirman que el uso de aditivos superplastificantes a base de ácido de policarboxílico funcional aumenta las propiedades físico-mecánicas del concreto. Como se muestra el tipo de superplastificante “Z” mejora la estructura de poros del hormigón y compacta la estructura del concreto, mejorando así la resistencia a la compresión logrando 79MPa a los 28 días de ensayo con una relación a/c de 0.27. Los aditivos H y J debido a las cadenas cortas y grupos de éter que favorecen en la hidratación de cemento, pero no obteniendo los mismos resultados a compresión tanto inicialmente como finalmente siendo superados por el aditivo Z.

Según los autores: “Raymond, Januarti, & Triwulan”, se afirma que la adición de aditivo superplastificante basado en éter de policarboxilato aumenta la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia. Para una relación a/c de 0.27 se obtuvo una resistencia de 56.34MPa para una muestra con codificación R1 con una dosificación de 1% en peso de

cemento. Se agregaron adiciones minerales en un rango recomendable de 40% para humo de sílice y 10% de polvo de vidrio.

Según los autores: “Xiang, Gao, & Shi “, afirma que los aditivos superplastificantes sintetizados en forma de peine mejoran las propiedades del concreto de alta resistencia. Para esto se toma la muestra PCE-2 obtuvo una resistencia a la compresión de 85MPa para los 28 días ensayados con una relación a/c de 0.30. Para la obtención de esta resistencia fue necesario de adiciones minerales como es la escoria. Para la muestra patrón que utiliza aditivo superplastificante sintetizado y cemento sin adiciones se obtuvo 73MPa siendo una resistencia considerable y demostrando el aumento de la resistencia gracias a esta adición mineral.

Por lo antes mencionado se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H3) ya que se demuestra al determinar la relación a/c en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basados en copolímeros si mejora la resistencia a la compresión.

5.3. Discusión

1. Según los resultados de los autores “Miao & Ran”, “Zhang, Kong, Gao, & Wang”, “Winnefeld & Becker” y “Benaicha, Hafidi Alaoui, Jalbaud, & Burtschell” se pudo contrastar la ya aceptada hipótesis 1, la cual indica que al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímero se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia. Los resultados para los determinados autores muestran que para aditivos superplastificantes PCE de alto rendimiento nos da un Slump Flow promedio de 30 cm en un rango de 0.20% a 0.26% de dosificación. Para la resistencia a la compresión de obtuvieron resultados de hasta 73.50MPa para una relación a/c de 0.45.
2. Según los resultados de asentamiento de los artículos que tienen como autores “Miao & Ran” y “Zhang, Kong, Gao, & Wang” se pudo constatar la ya aceptada hipótesis 1, la cual indica que a encontrar la dosificación óptima del aditivo superplastificante basado en copolímeros mejora el asentamiento en el concreto de alta resistencia. Los resultados para el primer autor nos dan un asentamiento promedio de 21.5 cm utilizando un aditivo superplastificante de copolímero

anfótero con estructura tipo peine en un rango de dosificación 0.30% a 40%. Para “Zhang, Kong, Gao, & Wang” nos da un asentamiento promedio de 30cm utilizando un aditivo superplastificante PCE de alto rendimiento en una dosificación en un rango de 0.20 a 0.26%. Como se describe anteriormente las dosificaciones utilizadas por los autores antes mencionados están en el rango óptimo de dosificación de aditivos como lo muestra en la Figura 11.

3. Según los resultados de resistencia a la compresión de los artículos que tienen como autores a “Winnefeld & Becker” y “Benaicha, Hafidi Alaoui, Jalbaud, & Burtschell” se pudo constatar la ya aceptada hipótesis 2, la cual indica que los aditivos superplastificantes basados en copolímeros mejoran la resistencia a la compresión en concretos de alta resistencia obteniendo resultados de 54.60MPa y 73.50MPa respectivamente a pesar de la naturaleza del aditivo superplastificante utilizado. Sin embargo, la relación a/c utilizadas por los autores fueron de 0.37 y 0.45 respectivamente. A pesar de no estar en el rango recomendado de relaciones a/c de 0.25 a 0.30 como se muestra en la Figura 26.

CONCLUSIONES

1. El uso de aditivo superplastificante auto sintetizado de estructura molecular de “múltiples brazos” tuvo un Slump Flow de 32.5cm para una dosis de 0.3% y encuentra entre el rango de 0.25% a 0.40. El aditivo superplastificante sintetizado en forma de peine con codificación PCE-2 tuvo una resistencia a la compresión de 85MPa ensayado a los 28 días con una relación a/c de 0.30 y adiciones minerales. Para la muestra con codificación PC-3 se obtuvo una resistencia a la compresión de 73MPa ensayado a los 28 días a una relación a/c 0.30 pero sin adiciones minerales, El valor promedio de resistencia a la compresión sin adiciones minerales fue de 61MPa con una relación a/c de 0.25 a 0.30.
2. El uso de aditivo superplastificante auto sintetizado de estructura molecular denominado “múltiples brazos” tuvo un Slump Flow de 32.5cm para una dosis de 0.3% en comparación a un aditivo superplastificante convencional que a una dosis de 0.4% obtuvo Slump Flow de 27.5cm. La dosificación se encuentra entre el rango de 0.25% a 0.40% el rango optimo encontrado para la aplicación de estos aditivos superplastificantes como se muestra en la Figura 11.
3. El uso del aditivo superplastificante sintetizado en forma de peine con codificación PCE-2 obtuvo una resistencia a la compresión de 85MPa ensayado a los 28 días con una relación a/c de 0.30 y adiciones minerales Como se muestra en la. Para la muestra con codificación PC-3 se obtuvo una resistencia a la compresión de 73MPa ensayado a los 28 días a igual relación a/c 0.30 pero sin adiciones minerales. El valor promedio de resistencia a la compresión de los datos recopilados fue de 61MPa actuando en un rango de relación a/c de 0.25 a 0.30 lográndose los picos más altos de resistencia como se muestra en la Figura 26.
4. El uso de aditivos superplastificantes basados en copolímeros se encuentra en constante desarrollo y siendo los más representativos en el mercado nacional los aditivos superplastificantes de TIPO A, F, G con una composición química basada en policarboxilatos modificados en soluciones acuosas (como se muestra en la investigación). La gama Sika Visco Flow es un claro ejemplo de estos aditivos. Así como Sika podemos encontrar productos similares en fabricantes como Z Aditivos y CHEMA.

RECOMENDACIONES

1. Para tener un buen asentamiento y por ende una buena trabajabilidad se recomienda no exceder la dosis optima de 0.40%, puesto que exceder la dosis, no aumenta en gran medida el asentamiento de la muestra y puede llegar a afectar la trabajabilidad de la muestra en periodos determinados.
2. Para tener una considerable resistencia a la compresión se recomienda guardar una baja relación a/c en un rango de 0.25 a 0.30 con una dosis optima de aditivo superplastificante. Es necesario una reconocer la estructura molecular de los aditivos como longitud de cadena principal, lateral y densidad de las mismas debido que ciertos superplastificantes al tener longitudes más largas de cadena lateral y baja densidad en las mismas tienden a disminuir la resistencia a los 28 días de ensayado.
3. Es necesario tener en cuenta la estructura molecular del aditivo superplastificante. Como se expuso en la presente investigación la variación de peso molecular, densidad molecular y longitud de cadena central y/o lateral influyen las propiedades del concreto. Debido a estas variables, el estudio de estos aditivos superplastificantes es amplio por lo cual se puede continuar y explorar las los beneficios que ofrece al concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Al-Shamiri, A., & Kim, J. (2019). *Modeling the compressive strength of high-strength concrete: An extreme learning approach*. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.165>
- Antoni, J., & Kusuma, O. (2017). *Optimizing Polycarboxylate Based Superplasticizer Dosage with Different Cement Type*. Obtenido de Procedia Engineering: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.442>
- Arslan, H., & Aytac, U. (2019). *The synthesis of a new chitosan based superplasticizer and investigation of its effects on concrete properties*. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.209>
- ASTM INTERNATIONAL. (2011). *ASTM C143-78 Slump of Portland Cement Concrete*. West Conshohocken: UNSPSC Code 30111500(Concrete and mortars).
- Baueregger, S., Perello, M., & Plank, J. (2015). *Impact of carboxylated styrene–butadiene copolymer on the hydration kinetics of OPC and OPC/CAC/AH: The effect of Ca²⁺ sequestration from pore solution*. Obtenido de Cement and Concrete Research: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.03.004>
- Benaicha, M., Hafidi Alaoui, A., Jalbaud, O., & Burtschell, Y. (2019). *Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength*. Obtenido de Journal of Materials Research and Technology: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.01.015>
- Bi, Y., & Lei, J. (2013). *Effect of crosslink structure of bridge polycarboxylate superplasticizers on dispersion ability*. Obtenido de Journal of Wuhan University of Technology-Mater: <https://doi.org/10.1007/s11595-013-0690-9>
- 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*. Obtenido de <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>

- Chen, B. (2012). *Mix Proportion Design of P (AA-co-MA)/PEG Polycarboxylic Copolymer and High Performance Concrete with Composite Admixture*. Obtenido de Applied Mechanics and Materials: www.scientific.net/amm.246-247.1085
- Chen, B. (2013). *Synthesis of a macromer, MPEGAA, used to prepare an AMPS-modified polyacrylic acid superplasticizer*. Obtenido de Journal of Wuhan University of Technology-Mater: <https://doi.org/10.1007/s11595-013-0842-y>
- Chen, D., & Guo, J. (2019). *Adsorption behavior and mechanism of a copolymer used as fluid loss additive in oil well cement*. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.184>
- Chen, X., Fang, Y., Lan, Z., Jiang, Z., & Ke, Y. (2012). *Synthesis and Performance Research of Ester Polycarboxylate Superplasticizer*. Obtenido de Applied Mechanics and Materials: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.204-208.4147>
- Coapaza, H., & Cahui, R. (2018). *INFLUENCIA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 COMO ALTERNATIVA DE MEJORA EN LOS VACIADOS DE TECHOS DE VIVIENDA AUTOCONSTRUIDOS EN PUNO*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7352>
- Erzengin, S., & Kaya, K. (2018). *The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates*. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.088>
- Esen, Y., & Orhan, E. (2016). *Investigation of the effect on the physical and mechanical properties of the dosage of additive in self-consolidating concrete*. Obtenido de KSCE Journal of Civil Engineering: <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0258-2>
- Ezzat, M., Xu, X., El Cheikh, K., Lesage, K., & Hoogenboom, R. (2019). *Structure-property relationships for polycarboxylate ether superplasticizers by means of RAFT polymerization*. Obtenido de Journal of Colloid and Interface Science: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.06.088>

- Flores, A. C., & Blas, C. A. (2014). *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4668>
- Grisel Garcia, G. (2011). *Estudio del proceso de hidratación de pastas de Cemento Pórtland reemplazadas con escoria granulada de alto horno, ceniza volante y metacaolin, utilizando dos aditivos superplastificantes*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://eprints.uanl.mx/2416/1/1080221573.pdf>
- He, Y., Zhang, X., Kong, Y., & Wang, H. (2018). *Influence of Polycarboxylate Superplasticizer on Rheological Behavior in Cement Paste*. Obtenido de Journal of Wuhan University of Technology-Mater: <https://doi.org/10.1007/s11595-018-1915-8>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2014). *Metodología De La Investigación*. Mexico D.F: McGRAW-HILL.
- Huang, X. Q., Li, X. R., Zhang, D. W., Xue, C. J., & Zhang, A. Q. (2017). *Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete*. Obtenido de Materials Science Forum: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.898.2076>
- Huang, X., & Li, X. (2015). *Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11595-015-1265-8>
- Huang, Z., & Yang, Y. (2018). *Preparing hyperbranched polycarboxylate superplasticizers possessing excellent viscosity-reducing performance through in situ redox initialized polymerization method*. Obtenido de Cement and Concrete Composites: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.06.017>
- Huarcaya, G. C. (2014). *COMPORTAMIENTO DEL ASENTAMIENTO EN EL CONCRETO USANDO ADITIVO POLIFUNCIONAL SIKAMENT 290N Y ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO SIKAVISCOFLOW 20E*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/432>

- Ibragimov, R., & Fediuk, R. (2019). *Improving the early strength of concrete: Effect of mechanochemical activation of the cementitious suspension and using of various superplasticizers*. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.313>
- Ilg, M., & Plank, j. (2016). *A novel kind of concrete superplasticizer based on lignite*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.09.004>
- INDECOPI. (2005). *NTP 334.009 Cementos Portland Requisitos*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INDECOPI. (2006). *NTP 339.088 Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.Requisitos*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INDECOPI. (2008). *NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestra cilíndricas*. LIMA: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INDECOPI. (2009). *NTP 339.033 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. LIMA: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- INDECOPI. (2014). *NTP 400.037 Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.
- INDECOPI. (2015). *NTP 334.088 Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto*. LIMA.
- Jia, J., Cao, Q., Luan, L., Wang, Z., & Zhang, L. (2020). *Mechanical Properties of Large Slump Concrete Made by Post-Filling Coarse Aggregate Mixing Procedure*. Obtenido de Materials: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13122761>
- Jonbi, J., Arini, R., Anwar, B., & Ali Fulazzaky, M. (2018). *Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete*. Obtenido de MATEC Web of Conferences: <http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/201819501020>

- Jun, Y., & Jeong, Y. (2014). *Influence of the structural modification of polycarboxylate copolymer with a low dispersing ability on the set-retarding of Portland cement*. Obtenido de KSCE Journal of Civil Engineering:
<https://doi.org/10.1007/s12205-014-1189-4>
- Łażniewska-Piekarczyk, B. (2018). *Influence of temperature on the properties of non-air-entrained and air-entrained cement mortars modified with different plasticisers and superplasticisers types*. Obtenido de MATEC Web of Conferences: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816304004>
- Liu, M., & Lei, J. (2015). *Preparation of polycarboxylate-based superplasticizer and its effects on zeta potential and rheological property of cement paste*. Obtenido de Journal of Wuhan University of Technology-Mater:
<https://doi.org/10.1007/s11595-015-1265-8>
- Liu, X., & Wang, Z. (2015). *Synthesis, Characterization and Performance of Superplasticizer with a Multi-arm Structure* . Obtenido de
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.815.594>
- Liu, X., Guan, J., Zheng, Y., & Wang, Z. (2016). *Synthesis of High Performance Polycarboxylate Superplasticizer through Redox Initiation System and its Application in Concrete*. Obtenido de Key Engineering Materials:
[10.4028/www.scientific.net/KEM.723.681](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.723.681)
- Liu, X., Wang, Z. M., Zhu, J., Zhao, M., & Zheng, Y. S. (2015). *Synthesis, Characterization and Performance of Superplasticizer with a Multi-Arm Structure*. Obtenido de Materials Science Forum:
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.815.594>
- Ma, B., & Qi, H. (2020). *Effect of aliphatic-based superplasticizer on rheological performance of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer*. Obtenido de Construction and Building Materials:
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117181>
- Macijauskas, N., & Skripkiūnas, G. (2017). *The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect*

of Cement Paste. Obtenido de Materials Science Forum:
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.904.167>

Manomi, N., & Sathyan, D. (2018). *Coupled effect of superplasticizer dosage and fly ash content on strength and durability of concrete*. Obtenido de Materials Today: Proceedings: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.196>

Mego, Z. j., & Meza, c. k. (2018). *NFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAÑA, ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y TIEMPO DE CURADO SOBRE LA COMPRESIÓN, RIGIDEZ, CAPACIDAD DE LLENADO - PASO Y FLUIDEZ DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE*. Obtenido de Universidad Nacional de Trujillo: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11113>

Miao, C., & Ran, Q. (2011). *New Generation Amphoteric Comb-like Copolymer Superplasticizer and Its Properties*. Obtenido de Polymers and Polymer Composites: <https://doi.org/10.1177/096739111101900101>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.60 CONCRETO ARMADO*. LIMA.

Mondragon, F. M. (2013). *Efecto de aditivos químicos en la resistencia a la compresión del concreto de polvo reactivo (CPR)*. Obtenido de Instituto Politecnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/16683/1/Tesis%20de%20Maestria%20Mauricio%20Mondrag%C3%B3n%20Figueroa.pdf>

Negim, E., & Bekbayeva, L. (2019). *Utilization of copolymer based on poly (vinyl alcohol) and 2-ethylhexyl acrylate as admixture for cement pastes*. Obtenido de International Journal of Biology and Chemistry: <https://doi.org/10.26577/ijbch-2019-1-i24>

Núñez, A. O., & Villanueva, P. J. (2018). *Universidad San Martín de Porres*. Obtenido de <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/4329>

Palomino, R. j. (2017). *Estudio comparativo en la autoconstrucción de edificaciones utilizando concreto autocompactante con la incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay*. Obtenido de Universidad Tecnología de los Andes : <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/101>

- Pan, Y., Jiang, Y., & Zhang, S. (2016). *Study on the effect of condensate-type and copolymer-type combined superplasticizers on hydration of cement*. Obtenido de Key Engineering Materials:
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.703.360>
- Platel, D., Magny, B., Suau, J., & Champagne, C. (2019). *Copolymer as a water-reducing agent in a hydraulic composition and use of copolymers for improving the early mechanical strength of a hydraulic composition*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US10501371B2/en>
- Putzmeister. (14 de Diciembre de 2019). *lastificantes y super-plastificantes: aditivos para la trabajabilidad del hormigón*. Obtenido de <http://bestsupportunderground.com/plastificantes-hormigon/>
- Raymond, A., Januarti, J., & Triwulan. (2017). *Optimizing High Performance Self Compacting Concrete*. Obtenido de MATEC Web of Conferences:
<http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20179701027>
- Reina, c. j. (2010). *INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:
http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2242/1/Influencia_de_la_tasa_de_aditivo_superplasticante%2C_en_las_propiedades_del_concreto_de_alta_resistencia_en_estado_fresco_y_endurecido.pdf
- Sainz-Aja, J., Carrascal, I., Polanco, J., & Sosa, I. (2020). *Determination of the Optimum Amount of Superplasticizer Additive for Self-Compacting Concrete*. Obtenido de Applied Sciences: <http://dx.doi.org/10.3390/app10093096>
- Sidiq, A., Gravina, R., Setunge, S., & Giustozzi, F. (2020). *The effectiveness of Super Absorbent polymers and superplasticizer in self-healing of cementitious materials*. Obtenido de Construction and Building Materials:
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119175>
- Sonebi, M., & Garcia-Taengua, E. (2015). *Effect of nanosilica addition on the fresh properties and shrinkage of mortars with fly ash and superplasticizer*. Obtenido

de Construction and Building Materials:
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.064>

- Stecher, J., & Plank, J. (2019). *Novel concrete superplasticizers based on phosphate esters*. *Cement and Concrete Research*. Obtenido de Cement and Concrete Research: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.01.006>
- Su, T., & kong, X. (2019). *Effects of comb-like PCE and linear copolymers on workability and early hydration of a calcium sulfoaluminate belite cement*. Obtenido de Cement and Concrete Research: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105801>
- Tramaux, A., Azéma, N., & David, G. (2018). *Synthesis of phosphonated comb-like copolymers and evaluation of their dispersion efficiency on CaCO₃ suspensions. Part I: Effect of an increasing phosphonic acid content*. Obtenido de Powder Technology: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.03.069>
- Wang, Q., & Li, S. (2018). *Synthesis and properties of a silane and copolymer-modified graphene oxide for use as a water-reducing agent in cement pastes*. Obtenido de New Carbon Materials: [https://doi.org/10.1016/S1872-5805\(18\)60330-0](https://doi.org/10.1016/S1872-5805(18)60330-0)
- Winnefeld, F., & Becker, S. (2007). *Effects of the molecular architecture of comb-shaped superplasticizers on their performance in cementitious systems*. Obtenido de Cement and Concrete Composites: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.12.006>
- Xiang, S., & Gao, Y. (2020). *Synthesis of Pectiniform Polyurethane-Modified Polycarboxylate and Its Preliminary Application in Ultrahigh-Performance Concrete*. Obtenido de Advances in Civil Engineering: <http://dx.doi.org/10.1155/2020/8859093>
- Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). *Synthesis of a New Polycarboxylate at Room Temperature and Its Influence on the Properties of Cement Pastes with Different Supplementary Cementitious Materials*. Obtenido de Advances in Civil Engineering: <http://dx.doi.org/10.1155/2020/8854422>
- Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). *Synthesis of a New Polycarboxylate at Room Temperature and Its Influence on the Properties of Cement Pastes with Different*

Supplementary Cementitious Materials. Obtenido de Materials. Advances in Civil Engineering: <http://dx.doi.org/10.1155/2020/8854422>

Xun, W., Wu, C., Leng, X., Li, J., & Xin, D. (2020). *Effect of Functional Superplasticizers on Concrete Strength and Pore Structure*. Obtenido de Applied Sciences: <https://doi.org/10.3390/app10103496>

Zahia, D., & Karim, E. (2018). *Effect of cement fineness and polycarboxylate dosage on the rheological and mechanical behavior of a mortar*. Obtenido de MATEC Web of Conferences: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201814901037>

Zapata Orduz, L., Portela, G., Suárez, O., & Cáceres, A. (2016). *Compatibility analysis between Portland cement type I and micro/nano-SiO₂ in the presence of polycarboxylate-type superplasticizers*. Obtenido de Cogent Engineering: <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1260952>

Zhang, Y., Kong, X., Gao, L., & Wang, J. (2016). *Rheological behaviors of fresh cement pastes with polycarboxylate superplasticizer*. Obtenido de Journal of Wuhan University of Technology-Mater: <https://doi.org/10.3390/app10103496>

ANEXOS

ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL			NORMA E0.60 ASTM C318 ASTM C143 NTP 330.034	
	¿Cómo el aditivo superplastificante basado en copolímero mejora las propiedades del concreto de alta resistencia?	Determinar aditivo superplastificante basado en copolímeros para mejorar las propiedades del concreto de alta resistencia.	Al determinar el aditivo superplastificante basado en copolímeros se mejora las propiedades del concreto de alta resistencia.	Variable Independiente: Aditivo superplastificante basado en copolímeros	Porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímeros	NTP 339.084 NTP 339.078	Tipo de Investigación: Descriptivo, explicativo y correlacional
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE BASADO EN COPOLÍMERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	PROBLEMAS ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA			NTP 334.009	
	¿En qué medida el porcentaje de aditivo superplastificantes basado en copolímeros influye en el asentamiento del concreto de alta resistencia?	Determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero para mejorar el asentamiento del concreto de alta resistencia según ASTM C1611.	Al determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero se mejora el asentamiento del concreto de alta resistencia.		Relación agua/cementante	NTP 349.088	El método de la investigación es: Deductiva con orientación Aplicada y enfoque cuantitativo.
	¿Cómo la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros influye en la resistencia?	Determinar la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar la resistencia a la compresión según la norma ASTM C318.	Al determinar la relación agua/cemento en concretos de alta resistencia incorporando aditivos superplastificantes basado en copolímeros aumenta la resistencia a la compresión.	Variable Dependiente: Propiedades del concreto de alta resistencia	Asentamiento del concreto de alta resistencia	NTP 400.037 ASTM C1611	
					Propiedades Mecánicas del concreto de alta resistencia	NTP 334.088	El diseño de investigación es experimental con dirección longitudinal con una recolección de datos de tipo retrospectivo y con un diseño de Cohorte causa-efecto.

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2 MATRIZ – M1 REFERENCIAS - RESUMENES - SUBTEMAS

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
1	Un nuevo tipo de superplastificante de hormigón basado en copolímeros de injerto de lignito	Ilg, M., & Plank, J. (2016). A novel kind of concrete superplasticizer based on lignite graft copolymers. <i>Cement and Concrete Research</i> , 79, 123–130. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.09.004	Un nuevo enfoque para la síntesis de superplastificantes es la utilización de polímeros naturales como el lignito como material de partida debido a su bajo costo y abundancia global. Teniendo como estructura una columna vertebral de lignito y cadenas laterales de monómeros de vinilo. El rendimiento de dispersión de los copolímeros de injerto a base de lignito con una relación molar de 1:0.15-0-75 son más eficaces que la muestra de referencia comercial BNS (0.30%bwoc). Se puede concluir que es un material interesante de partida, abundante y económico para la síntesis de nuevos superplastificantes.	La estructura molecular basada en un injerto de lignito es más eficiente que los superplastificantes comerciales siendo más económico que los antes mencionados.	Aditivo Superplastificantes. Lignito. Estructura molecular: columna vertebral formada de lignito con cadenas laterales de monómeros.	Experimental	La presente investigación solo utiliza injerto de lignito como columna (estructura principal) y no en las cadenas laterales.	Se puede concluir que, teniendo una correcta relación molar, el aditivo superplastificante basado en injerto de lignito son más eficaces que los aditivos superplastificantes comerciales. Teniendo en cuenta que el lignito es un material abundante y económico.
2	Influencia de la temperatura en las propiedades de los morteros de cemento no incorporados o incorporados por aire modificados con diferentes tipos de plastificantes y superplastificantes	Łażniewska-Piekarczyk, B. (2018). Influence of temperature on the properties of non-air-entrained and air-entrained cement mortars modified with different plasticisers and superplasticisers types. In <i>MATEC Web of Conferences</i> (Vol. 163, p. 04004). EDP Sciences	El artículo presenta resultados sobre la influencia de la temperatura en los morteros con la adición de los aditivos superplastificantes. El resultado de la investigación nos muestra una dosificación de 0.220 para aditivos superplastificantes basados en copolímeros (PCE). Existe una menor reducción de flujo de mortero a altas temperatura lo que ocasiona un mayor contenido de aire (%) para las diversas temperaturas tomadas (10°,20°,33°). Teniendo también en cuenta que la incorporación de aire perturba la consistencia y fluidez del concreto.	La dosificación correcta para los ensayos es 0.222 para las diferentes temperaturas tomadas. La incorporación de aire perturba la consistencia y fluidez del concreto	Superplastificante PCE. Incorporadores de Aire Temperatura y fluidez del concreto.	Experimental	Solo se estudia la reacción del aditivo superplastificantes a temperaturas de 10°C,20°C y 30°C como referencias.	Se concluye que los aditivos superplastificantes PCE tiene menor reducción de su flujo a altas temperaturas. El aumento de temperatura del mortero aumenta ligeramente el diámetro del flujo del mortero con aire incorporado, es decir que para algunos aditivos superplastificantes reduce considerablemente la <u>tensión superficial</u> .

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
3	Investigación del efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de Dosificación de aditivo en hormigón auto consolidable	Esen, Y., & Orhan, E. (2016). Investigation of the effect on the physical and mechanical properties of the dosage of additive in self-consolidating concrete. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(7), 2849-2858.	La presente investigación estudia el efecto de los aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos y el humo de sílice en las propiedades del hormigón auto consolidador. Para determinar las dosis optimas se prepararon 9 mezclas de concreto con diferentes dosis de humo sílice y aditivo basados en policarboxilatos. Se determinaron las propiedades del hormigón endurecido y la comparación de resultados nos muestra la siguiente dosificación: 10S1 (10% de humo de sílicea + 1.3% de aditivo superplastificante) y 10S1.SA (10% de humo de sílicea + 1.5% de superplastificante) muestran el mejor rendimiento con respecto a propiedades en estado fresco y endurecido para una relación agua/cemento 0.42	Se prepararon 9 mezclas de concreto con dosificaciones de humo de sílice y aditivos superplastificantes PCE con una relación agua cemento 0.42 con una mejora en el rendimiento respecto a sus propiedades del concreto.	Superplastificante PCE Humo de Sílice Resistencia a la Compresión	Experimental	Para la realización de esta investigación es necesario tener un rango de dosificación para tener un rendimiento con influencia en las propiedades del concreto	Se concluye que las dosificaciones 10S1 (10% humo de sílicea + 1.3% de aditivo superplastificante) y 10S1.SA (10% de humo sílice + 1.5% de aditivo superplastificante) muestran mejor tendencia con respecto a propiedades en estado fresco y endurecido para una relación agua/cemento 0.42
4	Estudio sobre el efecto de tipo condensado y tipo copolímero combinados superplastificantes sobre hidratación de cemento	Pan, Y. F., Jiang, Y. Q., & Zhang, S. J. (2016). Study on the effect of condensate-type and copolymer-type combined superplasticizers on hydration of cement. In Key Engineering Materials (Vol. 703, pp. 360-364). Trans Tech Publications Ltd.	La adquisición de superplastificantes compuestos en pasta de cemento se probó mediante la medición de carbono orgánico total (TOC). Esta investigación estudia la influencia de los superplastificantes combinados de tipo condensado y polímeros en el proceso de hidratación temprana y la formación de fases órgano-minerales se estudiaron mediante el análisis XRD. Los resultados muestran que los aditivos combinados muestran un mecanismo cooperativo de repulsión electrostática y estérica lo que hace que reduzcan la adsorción en los minerales del cemento, retrasando así el proceso de hidratación.	El superplastificante sintetizado muestran un mecanismo cooperativo de repulsión electrostática y estérica lo que retrasa el proceso de hidratación	Superplastificante PCE Copolímeros de Hidratación del concreto Asentamiento	Experimental	Solo se estudia el comportamiento de los aditivos superplastificantes condensados con polímeros mediante el método de TOC	Se concluye que los aditivos superplastificantes combinados muestran un mecanismo de cooperación de repulsión electrostática y estérica, es decir, hacen que reduzca la adsorción de los minerales del cemento, retrasando así el proceso de hidratación.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
5	Síntesis, caracterización y rendimiento de superplastificantes con estructura de brazos múltiples	Liu, X., Wang, Z. M., Zhu, J., Zhao, M., & Zheng, Y. S. (2015). Synthesis, Characterization and Performance of Superplasticizer with a Multi-Arm Structure. Materials Science Forum, 815, 594–600. doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.815.594	La función principal de un superplastificante es permitir una disminución de la relación agua cemento sin perder la fluidez de la pasta de cemento. Debido a la constante modificaciones en la estructura de molecular nos encontramos con los copolímeros de brazos múltiples. Se realizaron rendimientos de fluidez de las pastas de cemento para una relación agua/cemento de 0.29. Teniendo como conclusión que el aditivo sintetizado con múltiples brazos en una dosificación de 70g tiene mejor taza de esterificación. El comportamiento de adsorción del superplastificante sintetizado es mejor debido a que la fuerza estéreo es mucho más fuerte y con un peso molecular menor tiene mayor adsorción superficial.	La síntesis de un aditivo superplastificante basados en copolímeros de brazos múltiple tiene mejor fuerza estérica y con un peso molecular menor tiene mayor adsorción superficial.	Superplastificante PCE Copolímeros Asentamiento	Experimental	Para esta investigación solo se utiliza superplastificante s PCE con injerto de copolímeros para las cadenas de laterales (multibrazo)	El comportamiento del aditivo superplastificante con injerto de brazos múltiples tiene mejor adsorción superficial en la pasta de cemento debido a la mayor fuerza estéreo que ejerce debido a sus cadenas laterales.
6	Influencia de la modificación estructural de un copolímero de polycarboxilato con baja capacidad de dispersión sobre el fraguado retardante del cemento Portland	Jun, Y., Jeong, Y., Oh, J. E., Park, J., Ha, J., & Sohn, S. G. (2014). Influence of the structural modification of polycarboxylate copolymer with a low dispersing ability on the set-retarding of Portland cement. KSCE Journal of Civil Engineering, 19(6), 1787–1794. doi:10.1007/s12205-014-1189-4	Los superplastificantes PCE son muy modificables. La principal fuente de dispersión es el impedimento estérico debido a la presencia de largas cadenas laterales de injerto en lugar de una repulsión electrostática. Para esta investigación se modificó la estructura molecular de los copolímeros para probar los tiempos de fraguado inicial y final, la adsorción, el desarrollo de la resistencia de las pastas de cemento, la fluidez de la pasta. Para esto se tuvieron los copolímeros AP75 y el copolímero sintetizado AP25. Para el flujo de las pasta utilizaron dosificaciones de 0% a 1.5% de los copolímeros para lo cual el copolímero sintetizado AP25 presenta un mejor rendimiento de plastificante. Para los efectos de retardadores de fraguado se utilizaron dosificaciones de 0.25% a 1% para el AP75 y hasta 2% para AP25 donde los resultados fueron: Para 3 días no se observa una reducción de la resistencia para ambos copolímeros, Para 14 días se observa una reducción para el AP75	Se sintetizo un superplastificante para probar los tiempos de fraguado inicial y final, la adsorción, el desarrollo de la resistencia y la fluidez de la pasta.	Superplastificantes PCE Asentamiento Resistencia a la compresión Fraguado	Experimental	Solo se modifica la estructura del superplastificante con polímeros AP75 y AP 25 con diferente peso molar	Se concluye que la longitud de injerto de cadena de 10.3 para los aditivos sintetizados AP75 y AP25 no influye en la fluidez de las pastas de cemento. El efecto retardador del fraguado se debe principalmente a la presencia de los grupos aniónicos de ácido acrílico. Por debajo de 0.25% AP25 no induce ningún retraso en el fraguado mientras que AP75 es relativamente más eficaz en el retardo de fraguado.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
7	Preparación de superplastificante base de polycarboxilato y sus efectos sobre la potencial zeta y las propiedades reológicas de la pasta de cemento	Liu, M., Lei, J., Bi, Y., Du, X., Zhao, Q., & Zhang, X. (2015). Preparation of polycarboxylate-based superplasticizer and its effects on zeta potential and rheological property of cement paste. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 30(5), 1008-1012. doi:10.1007/s11595-015-1265-8	Para esta investigación se sintetizaron una serie de aditivos superplastificantes basados en polycarboxilatos con diferentes estructuras y se estudiaron los efectos de potencial zeta y las propiedades reológicas de la pasta de cemento. Se utilizaron para esta investigación la máquina de micro electroforesis y reómetro. Los resultados mostraron que la potencial zeta y las propiedades reológicas están relacionados a la longitud de la cadena lateral y la densidad de los PC. los PC que tienen una cadena lateral más corta y densidad más baja tendrá una carga aniónica más alta lo que da resultado con una potencial zeta más alto afectado así el límite elástico inicial y la viscosidad de la pasta de cemento. Se llega a la conclusión que aumentar la longitud de cadena lateral genera baja carga aniónica y efecto de impedimento estérico más bajo, pero puede mejorar eficazmente la dispersión de las partículas de cemento, reducir la viscosidad y el límite elástico de lechada.	Se sintetizo un superplastificante en diferentes dosificaciones para probar la potencial zeta y las propiedades reológicas en la pasta de cemento	Superplastificante PCE Copolímeros Propiedades Reológicas	Experimental	Para esta investigación solo estudian y se modificaron su estructura en base a polycarboxilatos.	Se llega a la conclusión que aumentar la longitud de cadena lateral genera baja carga aniónica y efecto de impedimento estérico más bajo, pero puede mejorar eficazmente la dispersión de las partículas de cemento, reducir la viscosidad y el límite elástica de lechada.
8	Aplicación de superplastificante de polycarboxilato en el hormigón	Huang, X. Q., Li, X. R., Zhang, D. W., Xue, C. J., & Zhang, A. Q. (2017). Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete. Materials Science Forum, 898, 2076-2080. doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.898.2076	Los agentes reductores pueden mantener la misma relación agua/cemento en el caso de aumentar las propiedades de flujo del hormigón. Agregar la dosificación correcta puede hacer que el asentamiento alcance más de 250mm lo que hace posible la construcción por bombeo y el concreto autocompactante. Agregar el aditivo superplastificante también puede mantener el mismo asentamiento, en caso de reducir la relación/agua cemento reduce considerablemente el agua por unidad de volumen. Al aplicar el aditivo superplastificante entre un 10% a 30% de agua queda atrapado entre las partículas de cemento. Debido a la forma de peine cuando las partículas de polímeros se acercan entre si las capas absorbentes se superponen entre sí, restringiendo la libertad de movimiento.	La aplicación de aditivo superplastificante PCE hace posible un asentamiento de más de 250mm y una reducción de agua en un rango de 10% a 30% gracias a la forma de peine y la fuerza estérica que existe.	Superplastificante PCE Asentamiento	Experimental	Se utiliza aditivos superplastificante s solo para asentamientos mayores a 250mm y para reducir la cantidad de agua en las mezclas estudiadas.	Se concluye que los aditivos superplastificantes utilizados reducen el agua en un 10% a 30% proporcionando asentamientos iguales o mayores a 250mm

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTE MAS (Indicadores)	METODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
9	Mejorando la resistencia inicial del hormigón: Efecto de la mecánica de la activación de la suspensión de cemento y el uso de diversos superplastificantes	Ibragimov, R., & Fediuk, R. (2019). Improving the early strength of concrete: Effect of mechanochemical activation of the cementitious suspension and using of various superplasticizers. Construction and Building Materials, 226, 839–848. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.313	La presente investigación tiene como objetivo identificar la influencia de los diferentes tipos de superplastificantes de naftaleno formaldehído y policarboxilato durante el proceso de activación de suspensiones cementosas por el aparato de pulsación RPA. Las suspensiones cementosas obtenidas por activación mecanoquímica en estado líquido se prepararon como nuevas composiciones, a partir de las cuales se crean hormigones de alta resistencia. Las características de la mezcla de investigación mediante una serie de pruebas (ensayos). Además de identificar las características de durabilidad. Todas estas comparativas fueron a los 28 días de curado. Los resultados indican que la activación mecanoquímica de la suspensión cementosa RPA con superplastificante Relamiks T-2 y Remicrete SP60 contribuyen a la mejorar de las propiedades: Aumenta en un 20% el módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión en un 54%, la resistencia del prisma 67% superior, una resistencia a la flexión de 5.41 MPa y una resistencia del prisma de 32.66 MPa.	Esta investigación hace un comparativo entre los diferentes tipos de superplastificantes para lo cual se realizaron ensayos para identificar la activación de la suspensión cementosa, resistencia a la flexión y compresión	Superplastificante PCE Resistencia a Flexión Resistencia a Compresión	Experimental	Se utiliza la activación mecanoquímica para obtener suspensiones cementosas y mejor dispersión de partículas en la mezcla de cemento.	La activación mecanoquímica de la suspensión cementosa con superplastificante Relamiks T-2 y Remicrete SP60 contribuyen a la mejora de las propiedades mecánicas.
10	Nuevos superplastificantes de hormigón basados en ésteres de fosfato	Stecher, J., & Plank, J. (2019). Novel concrete superplasticizers based on phosphate esters. Cement and Concrete Research, 119, 36–43. doi: 10.1016/j.cemconres.2019.01.006	La presente investigación tiene como objetivo la sinterización de nuevos superplastificantes de polifosfatos por reacción entre monómeros de 2 etilfosfato y el Ester metacrilato. Los polímeros de peine fosfatados exhibieron un rendimiento de dispersión superior que los polímeros de policarboxilato convencionales, retardaban menos el cemento y mostraban una robustez comparable frente a las impurezas de sulfato y arcilla. Estas propiedades se pueden explicar por la alta capacidad complejante de calcio de los grupos fosfato. La relación a/c de 0.30 con una buena manejabilidad.	La síntesis de un aditivo superplastificante con estructura de peine fosfatados en comparación de los aditivos superplastificantes convencionales. Teniendo como resultado una mejor dispersión estérica y retardaba el fraguado del cemento.	Superplastificante PCE Copolímero Fraguado Dispersión de partículas de cemento	Experimental	Se utiliza la reacción de polifosfatos con monómeros fosfatados y el Ester metacrilico para la sinterización del superplastificante	Se concluye que el superplastificante con estructura de peine fosfatados exhibieron un rendimiento de dispersión superior que los polímeros de policarboxilato convencionales.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTE MAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
11	Preparar superplastificantes de policarboxilato hiperbrancado que posean excelente rendimiento en la reducción de la viscosidad mediante el redox in situ inicializado método de polimerización	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. Cement and Concrete Composites, 93, 323–330. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2018.06.017	El hormigón autocompactante o de alta resistencia caracterizado por una baja relación agua-cemento plantea desafíos para su viscosidad y capacidad de bombeo. Para eso la presente investigación tiene como objetivo sintetizar un superplastificante de policarboxilato hiperramificados mediante el método de polimerización redox in situ. Gracias a su estructura hiperramificada reduce la viscosidad de la solución de poros y alivia el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. Conduciendo a una reducción del 30% en la viscosidad de la pasta. Para una relación agua cemento de 0.29 y 0.22 para la comparativa de aditivos.	Se sintetizo un aditivo superplastificante basado en policarboxilato hiperramificados, los resultados muestran una reducción de viscosidad mejorando la trabajabilidad.	Superplasticante PCE Viscosidad Relación Agua/Cemento	Experimental	Se utiliza el método de polimerización Redox in situ para la síntesis del aditivo superplastificante	Gracias a la estructura hiperramificada, este aditivo sintetizado reduce la viscosidad de la solución de poros y alivia el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. Reduciendo un 30% de agua en la mezcla.
12	Modelando la resistencia a la compresión del hormigón de alta resistencia: Un enfoque aprendizaje extremo	Al-Shamiri, A. K., Kim, J. H., Yuan, T. F., & Yoon, Y. S. (2019). Modeling the compressive strength of high-strength concrete: An extreme learning approach. Construction and Building Materials, 208, 204-219.	La presente investigación tiene como enfoque determinar un modelo de predicción de resistencia a la compresión para concreto de alta resistencia HSC. Para esto se utilizó una máquina de aprendizaje extremo (ELM) para aplicaciones de regresión. El modelo ELM se desarrolló utilizando 324 registros de datos obtenidos experimentalmente en laboratorio. Para la presente investigación se tomaron dosificaciones de 0.95% en promedio y un máximo de 2% para aditivo superplastificante. Se concluye que el modelo ELM tiene un gran potencial para predecir la resistencia a la compresión HSC.	Se presenta un Modelo matemático para la predicción de resistencia a la compresión para concreto HSC, se utilizaron 324 registros con el uso de aditivos superplastificantes	Modelo Matemático Resistencia a la compresión Aditivo Superplasticante	Experimental	Se utiliza un modelo matemático para la predicción de resistencia de concretos de alta resistencia con cierto grado de confiabilidad. Solo utiliza una dosificación de aditivo en un rango de 0.95% a 2%.	El modelo matemático ELM, utilizando la regresión lineal tiene un potencial para predecir la resistencia a la compresión de concretos de alta resistencia para dosificaciones de aditivos en un rango de 0.95% a 2%.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
13	Efecto del superplastificante de base alifática en el rendimiento reológico de la pasta de cemento plastificada por el superplastificante de policarboxilato	Ma, B., Qi, H., 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. <i>Construction and Building Materials</i> , 233, 117181. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117181	El superplastificante de policarboxilato PCE y el superplastificante Alifática son agentes reductores de agua ampliamente utilizados en el hormigón. En esta investigación se investigó el efecto de AS sobre la dispersión de PCE. Los resultados experimentales verificaron que los efectos de AS sobre el comportamiento reológico de la pasta de cemento que contiene PCE estaban estrechamente relacionados con las dosis agregadas. La fluidez con la pasta de cemento con AS en las dosis muestra un comportamiento relativamente constante con puntos iniciales y finales variables. Se muestra una homogénea adsorción entre el AS y PCE.	Se hizo una comparativo entre aditivos superplastificantes Alifática y aditivos superplastificantes PCE para estudiar su influencia sobre las propiedades reológicas del concreto.	Superplastificante PCE Superplastificante Alifática Propiedades reológicas del concreto	Experimental	Solo se estudia la síntesis del aditivo superplastificante PCE con alifática.	Se concluye que el superplastificante sintetizado a base de alifática ofrece un comportamiento relativamente constante en la mezcla de concreto, manteniendo la fluidez en puntos iniciales y una variación en los puntos finales.
14	Efecto acoplado de la dosis de superplastificante y el contenido de cenizas volantes sobre la resistencia y durabilidad del hormigón	Manomi, N., Sathyan, D., & Anand, K. (2018). Coupled effect of superplasticizer dosage and fly ash content on strength and durability of concrete. <i>Materials Today: Proceedings</i> , 5(11), 24033–24042. doi: 10.1016/j.matpr.2018.10.196	Esta investigación investiga la influencia de la incorporación de las cenizas volantes junto a 4 tipos de aditivos superplastificantes diferentes: PCE, LS, SMF, SNF y sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón. La relación agua cemento fue constante de 0.37 las dosis de superplastificantes estuvieron en un rango de 0.4% a 0.7% y el contenido de cenizas estuvo en el rango de 0 a 35% en masa del cemento. Se obtuvo mejor resistencia a los 28 días para una dosificación de 35% de cenizas volantes.	Se hizo una comparativa entre las cenizas volantes y 4 tipos de superplastificantes diferentes: PCE, LS, SMF, SNF, su influencia sobre las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto.	Superplastificante PCE Resistencia a Compresión Durabilidad del concreto	Experimental	Solo se utilizó una relación agua cemento 0.37 y rangos determinados para las adiciones minerales y de los aditivos superplastificantes.	Se concluye que las adiciones minerales y superplastificantes aumentan la resistencia del concreto de alta resistencia. Teniendo como mejor combinación 0.7% de aditivo superplastificante con 35% de ceniza volante.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
15	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico	Erzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (2018). The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates. <i>Construction and Building Materials</i> , 166, 96-109.	Se sintetizaron superplastificantes de policarboxilatos a base de éster metacrílico con varias densidades de cadena lateral y longitud de cadena lateral y cómo influyen en la trabajabilidad, reología, tiempo de fraguado y propiedades mecánicas del concreto. Los resultados mostraron que los SP sintetizados cambian el comportamiento reológico de las suspensiones de cemento, con densidades de cadena lateral bajas aumentan la fluidez, la retención de fluidez y las resistencias de las muestras más altas que sus contrapartes. Se utilizaron relaciones agua/cemento desde 0.31 a 0.45. Teniendo como máximo una resistencia de 60MPa	Se sintetizó un superplastificante PCE a base de éster metacrílico con varias densidades de cadena lateral y longitud de cadena lateral y cómo influye en la trabajabilidad, reología, tiempo de fraguado y propiedades mecánicas del concreto.	Superplastificante PCE Trabajabilidad Reología Fraguado Propiedad es mecánicas del concreto.	Experimental	Solo se aplicaron para la investigación el aditivo superplastificante sintetizado a base de éster metacrílico con injerto de cadenas laterales.	El aditivo superplastificante sintetizados cambian el comportamiento reológico de las suspensiones de cemento, con densidades de cadena lateral bajas aumentan la fluidez y una mayor resistencia en comparación de otros aditivos superplastificantes PCE.
16	Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento	Antoni, Halim, J. G., Kusuma, O. C., & Hardjito, D. (2017). Optimizing Polycarboxylate Based Superplasticizer Dosage with Different Cement Type. <i>Procedia Engineering</i> , 171, 752-759. doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.442	El uso de los superplastificantes basados en PCE es cada vez más frecuente en la fabricación del concreto de alta resistencia. En este estudio se investigaron las dosis optimas de varias marcas de superplastificantes PCE en la fabricación del mortero. Se utilizaron dos tipos de cemento: Portland tipo I y Puzolanas. Se evaluó el efecto de PCE en la fluidez, el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión resultante. Los resultados muestran que hay un valor óptimo para cada marca de aditivo y para una determinada relación agua/cemento. Se utilizaron relaciones agua cemento de 0.25 a 0.30 y una dosificación de superplastificante en rango de 0% a 2% de peso de cemento. Resistencia máxima encontrada 80 MPa y 25 cm de Flow diámetro.	Se hizo un comparativo entre diferentes tipos de superplastificantes PCE para determinar las dosis optimas de cada uno y su influencia en la fluidez, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión resultante.	Superplastificante PCE Trabajabilidad Resistencia a la Compresión	Experimental	Solo se utilizaron Cemento Portland I y Puzolanas para reaccionar a los aditivos superplastificantes PCE.	Se concluye que hay un valor óptimo de aditivo superplastificante para una determinada relación agua-cemento. Se utilizo un rango para la relación agua cemento de 0.25 a 0.30 y dosificaciones en un rango de 0 a 2%. Obteniéndose una resistencia máxima encontrada de 80Mpa.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
17	Efecto de la adición de nanosílice sobre las propiedades frescas y contracción de morteros con cenizas volantes y superplastificante	Sonebi, M., García-Taengua, E., Hossain, K. M. A., Khatib, J., & Lachemi, M. (2015). Effect of nanosilica addition on the fresh properties and shrinkage of mortars with fly ash and superplasticizer. <i>Construction and Building Materials</i> , 84, 269–276. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.02.064	El uso de aditivos superplastificantes con las diversas adiciones minerales justifica la necesidad de realizar más investigaciones. Es necesario comprender y cuantificar sus efectos y las posibles sinergias sobre las propiedades frescas y endurecidas. Esta investigación busca una comparativa de las propiedades frescas y endurecidas del hormigón con la adición de nanosilice, cenizas volantes y dosis de aditivos superplastificantes. Se realizaron pruebas de cono de Marsh y Cono Lombardi para las propiedades en estado fresco. Para ello se tiene una relación agua cemento de 0.35, Un porcentaje de nanosilice en un rango de 0,5% a 3.5%, ceniza volante en un rango de 5 % a 20% y superplastificante en un rango de 0.3% a 0.9%. Se concluyo que a más nanosilice es necesario más aditivo superplastificante para mantener la fluidez. Los aditivos superplastificantes tienen mayor eficiencia en términos de lubricación y defloculación cuando hay partículas de nanosilice. El aumento de SP resulto una mayor densidad del mortero.	Se hizo un comparativo entre diferentes adiciones de nanosilice, cenizas volantes y dosis de aditivos superplastificantes PCE para determinar la influencia en las propiedades en estado fresco y endurecido.	Superplastificante PCE Nanosilice Cenizas Volantes agua/cemento Trabajabilidad	Experimental	Solo se utiliza la adición de nanosilice y cenizas volantes como adiciones naturales.	Se concluye que a más nanosilice es necesario más aditivo superplastificante para mantener la fluidez. Los aditivos superplastificantes tienen mayor eficiencia en términos de lubricación y defloculación cuando hay partículas de nanosilice. El aumento de SP resulto una mayor densidad del mortero.
18	Efectos del PCE en forma de peine y los copolímeros lineales sobre la trabajabilidad y la hidratación temprana de un cemento de belita de sulfoaluminato de calcio	Su, T., Kong, X., Tian, H., & Wang, D. (2019). Effects of comb-like PCE and linear copolymers on workability and early hydration of a calcium sulfoaluminate belite cement. <i>Cement and Concrete Research</i> , 123, 105801. doi: 10.1016/j.cemconres.2019.105801	El control de la fluidez y el ajuste de fraguado son dos cuestiones críticas para las aplicaciones prácticas del cemento. Para esta investigación se sintetizaron superplastificantes de policarboxilatos con estructura similar tipo peine PCE y copolímeros lineales (PAS), de ácido acrílico (AA) y ácido acrilamido metilpropano sulfónico (AMPS). Los resultados muestran que los polímeros PAS lineales tienen mejor dispersión de pastas de cemento en estado fresco ya que inhibe eficazmente la hidratación temprana de cemento. En comparación a los demás polímeros el PAS exhiben mejor retención de fluidez en comparación a los PCE convencionales.	Se sintetizaron superplastificantes PCE tipo peine, de ácido acrílico (AA) y ácido acrilamido metilpropano sulfónico (AMPS) para un comparativo sobre la fluidez y trabajabilidad.	Superplastificante PCE Acido acrílico (AA) Ácido acrilamido metilpropano sulfónico (AMPS) Fluidez Trabajabilidad	Experimental	Solo se estudia el superplastificante sintetizado con copolímeros lineales, ácido acrílico y ácido acrilamido metilpropano sulfónico.	Se concluye que los aditivos superplastificantes sintetizados con polímeros lineales PAS tienen mejor dispersión en la pasta de cemento en estado fresco ya que inhibe eficazmente la hidratación temprana del cemento. En comparación a los demás polímeros, el PAS exhibe mejor retención de fluidez en comparación de los superplastificantes convencionales.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
19	Comportamiento y mecanismo de adsorción de un copolímero utilizado como aditivo de pérdida de fluidos en cemento de pozo de petróleo	Chen, D., Guo, J., Xu, Y., Hu, M., Li, P., Jin, J., & Yu, Y. (2019). Adsorption behavior and mechanism of a copolymer used as fluid loss additive in oil well cement. <i>Construction and Building Materials</i> , 198, 650–661. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.11.184	El uso de aditivos superplastificantes a base de copolímeros sintetizados por radicales libres es usado frecuentemente en la cementación de pozos. El proceso de hidratación del cemento para pozos petroleros con una variedad de aditivos es complicado. En esta investigación se estudia mediante simulaciones computacionales la interacción del aditivo (FLA) y el cemento de pozo de petróleo. Se observó que el proceso de adsorción es monocapa sobre la superficie del cemento, la difusión de iones Na y copolímero con iones Ca ⁺ formando estructuras de quelato, haciendo que la pasta de cemento endurecido sea más compacta. La pérdida de fluidos FLA se controla por las estructuras de quelato, mientras que la inducción de la hidratación del cemento se retrasa.	Se estudia la interacción del aditivo superplastificante PCE en el proceso de cementación de pozos de petróleo donde se encuentra un retraso en la hidratación del cemento.	Superplastificante PCE Hidratación del Cemento	Experimental	Se estudia la reacción de los superplastificantes basados en copolímeros sintetizados por radicales libres sobre los pozos de petróleo como caso particular.	Los superplastificantes a base de copolímeros sintetizados por radicales libres tienen una absorción monocapa sobre la superficie del cemento, la difusión de iones Na y copolímero con iones Ca ⁺ formando estructuras de quelato retrasando la hidratación del cemento.
20	Efectos de la arquitectura molecular de los superplastificantes en forma de peine sobre su desempeño en sistemas cementosos	Winnefeld, F., Becker, S., Pakusch, J., & Götz, T. (2007). Effects of the molecular architecture of comb-shaped superplasticizers on their performance in cementitious systems. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 29(4), 251–262. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2006.12.006	Los aditivos superplastificantes basados en copolímeros con columna vertebral e injerto de cadenas laterales son usados frecuentemente en la industria del hormigón por sus propiedades dispersantes, bajas dosis, excelente reducción de agua, excelente trabajabilidad y menor contracción. El enlace de la columna vertebral y las cadenas laterales tienen una gran influencia en el comportamiento temprano de las suspensiones de cemento debido a los enlaces de copolímeros. En este estudio se utilizaron dos dispersantes de copolímeros con diferentes grupos de enlace (éster y éter) que fueron analizados por TOC, DSC-TG, dispositivo calorimétrico y microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM). Los resultados de la prueba mostraron que el copolímero de forma de peine con enlace éster tiene una menor cantidad de adsorbida inicial, acelerando la tasa de hidratación.	Se sintetizaron dos superplastificantes PCE con diferentes grupos de enlace (Ester y Éter) para estudiar su influencia en la suspensión de partículas.	Superplastificantes PCE Adsorción Suspensión de partículas	Experimental	Se estudia solo los aditivos superplastificantes en forma de peine y con injerto de cadenas laterales de éster y éter para las mezclas estudiadas.	Se concluye que el aditivo superplastificante sintetizado con una estructura principal en forma de peine y con injerto de cadenas laterales de éster tiene menor adsorción inicial acelerando así la tasa de hidratación de la mezcla en comparación del aditivo sintetizado con cadena lateral de éter.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
21	Superplastificante de copolímero anfótero similar a un peine de nueva generación y sus propiedades	Miao, C., Ran, Q., Liu, J., Mao, Y., Shang, Y., & Sha, J. (2011). New Generation Amphoteric Comb-like Copolymer Superplasticizer and Its Properties. <i>Polymers and Polymer Composites</i> , 19(1), 1-8. doi:10.1177/096739111101900101	La incorporación de aditivos superplastificantes de alto rendimiento en el hormigón es uno de los métodos más efectivos y económicos para lograr un desarrollo sostenible en la industria del hormigón. En esta presente investigación se sintetiza un superplastificante PCE con forma de peine (PACP) y su influencia en su mecanismo de adsorción y dispersión. Los efectos del PACP en la reducción de agua, fraguado, resistencia a la compresión, la hidratación y la estructura de los poros se investigaron sistemáticamente. Los resultados muestran que el PACP se puede dosificar en pequeñas cantidades para obtener una reducción de agua de hasta 45%. La adición de PACP tampoco retarda la hidratación del cemento y aumenta significativamente la resistencia a la compresión del concreto endurecido en las etapas iniciales y finales.	Se sintetizó un aditivo superplastificante basado en polycarboxilato en forma de peine para estudiar los mecanismos de adsorción-dispersión y su influencia en la hidratación, reducción de agua, fraguado, resistencia a la compresión y estructura de poros.	Aditivos Superplastificantes PCE. Copolímeros en forma de Peine. Fraguado del concreto. Resistencia a la compresión. Estructura de Poros.	Experimental	Se sintetiza solo un aditivo superplastificante basado en copolímero anfótero en forma de peine para el estudio de la investigación.	Se concluye que el aditivo superplastificante sintetizado PACP se puede dosificar en pequeñas cantidades para obtener una reducción de agua de hasta 45%. La adición de PACP tampoco retarda la hidratación del cemento y aumenta significativamente la resistencia a la compresión de concreto endurecido en etapas iniciales y finales.
22	Efecto de la estructura de reticulación de los superplastificantes de polycarboxilato puente sobre la capacidad de dispersión	Bi, Y., Lei, J., Du, X., & Zhang, A. (2013). Effect of crosslink structure of bridge polycarboxylate superplasticizers on dispersion ability. <i>Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.</i> , 28(2), 339-342. doi:10.1007/s11595-013-0690-9	Se sintetizaron superplastificantes de polycarboxilato PC con estructura de reticulación usando diacrilato de polietilenglicol. La estructura de los puentes PC se analizaron mediante cromatografía de permeación en gel y la capacidad de dispersión se evaluó mediante la variación de la dispersión de la pasta de cemento en el tiempo y la prueba de reología. Los puentes PC llevaron a una disminución de la dispersión inicial de la pasta de cemento y una mejor retención de la dispersión debido a la liberación lenta.	Se sintetizaron superplastificantes PCE con estructura de reticulación usando diacrilato de polietilenglicol y su influencia en la dispersión de la pasta de cemento y la reología del concreto	Superplastificante PCE. Dispersión de partículas. Reología del concreto	Experimental	Solo se sintetiza aditivos superplastificantes basados en diacrilato de polietilenglicol.	La estructura de reticulación de los aditivos superplastificantes de polycarboxilato tienen una disminución de la dispersión inicial de la pasta de cemento y una mejor retención de la dispersión debido a la liberación lenta en la superficie de la mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
23	Utilización de copolímero a base de poli (alcohol vinílico) y Acrilato de 2-etilhexilo como aditivo para pastas de cemento	Negim, E. S., Bekbayeva, L., Nabiyeva, A., Yeligbayeva, G., & Eshmaiel, G. (2019). Utilization of copolymer based on poly (vinyl alcohol) and 2-ethylhexyl acrylate as admixture for cement pastes. International Journal of Biology and Chemistry, 12(1), 189-200.	En este estudio se preparan tres relaciones de composición de alcohol PVA y acrilato de 2 etilhexilio mediante técnicas de polimerización por injertos de soluciones acuosas. Los copolímeros se mezclaron con cemento para estudiar las propiedades fisico-mecánicas de las pastas de cemento, incluidas las relaciones A/C, el tiempo de fraguado, la trabajabilidad, la absorción de agua y la resistencia a la compresión. Los resultados mostraron que la adición de los polímeros injertados a las pastas de cemento afectó las propiedades físico-mecánicas. A media que aumento el contenido de 2 EHA disminuyó la consistencia del agua, mientras que los tiempos de fraguado inicial y final se acortaron. La resistencia a la compresión de las pastas de cemento aumento en todas las edades de hidratación, mientras que la absorción de agua disminuyó con el aumento de 2 EHA. Se utilizó una relación agua cemento en un rango de 0.24 a 0.32 con compresión máxima de 80MPa a los 28 días.	Se hizo un comparativo de un aditivo superplastificante PCE sometido a diferentes mezclas químicas para estudiar las propiedades físico-mecánicas de la pasta de cemento a una determinada relación agua-cemento.	Superplastificante PCE Agua-Cemento Resistencia a la compresión	Experimental	Se sintetiza copolímeros de alcohol PVA, acrilato y 2 etilhexilio mediante la técnica de soluciones acuosas.	Se concluye que las adiciones de los polímeros injertados a las pastas de cemento afectan a las propiedades físico-mecánicas. A medida que aumenta el contenido de 2EHA disminuyó la consistencia del agua, mientras que los tiempos de fraguados inicial y final se acortaron. La resistencia a la compresión de la mezcla aumentó, aumenta la hidratación, pero disminuye la adsorción de agua si se aumenta el polímero 2 EHA.
24	Síntesis y propiedades de un óxido de grafeno modificado con silano y copolímero para su uso como agente reductor de agua en pastas de cemento	Wang, Q., Li, S. Y., Pan, S., & Guo, Z. W. (2018). Synthesis and properties of modified graphene oxide for use as a water-reducing agent in cement pastes. New Carbon Materials, 33(2), 131-139.	La adición de óxido de grafeno a la pasta de cemento aumenta significativamente su tenacidad, sin embargo, su fluidez se ve afectada negativamente. Para este se hizo reaccionar óxido de grafeno GO con ácido acrílico para sintetizar un nuevo agente reductor de agua S-GO y PS-GO estas fueron investigadas por FTIR, XRD y prueba de sedimentación. Se investigó la fluidez y reología de cementos con la adición de estos superplastificantes modificados PS-GO tiene una mejor dispersabilidad en agua de cal saturada en comparación al GO. La adición de PS-GO aumenta la fluidez y las propiedades reológicas, aumentando también su tenacidad en comparación al GO. Para el estudio de la fluidez se utilizaron dosis de 0.01% y 0.03%.	Se sintetizó un nuevo superplastificante PCE mediante una reacción de óxido de grafeno GO con ácido acrílico para determinar la influencia de este aditivo sobre la fluidez, reología y dispersión de partículas cuando reacciona a la pasta de cemento	Superplastificante PCE Oxido de Grafeno Fluidez Reología Dispersión de partículas	Experimental	Solo se sintetizó el aditivo superplastificante basado en la reacción del óxido de grafeno con el ácido acrílico teniendo solo dos variaciones como resultado.	Se concluye que los nuevos aditivos superplastificantes sintetizados por la reacción del óxido de grafeno S-GO y PS-GO aumentan la fluidez y las propiedades reológicas. El aditivo sintetizado PS-GO resultó tener una mejor dispersabilidad en la mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
25	La síntesis de un nuevo superplastificante a base de quitosano e investigación de sus efectos sobre las propiedades del hormigón	Arslan, H., Aytaç, U. S., Bilir, T., & Şen, Ş. (2019). The synthesis of a new chitosan-based superplasticizer and investigation of its effects on concrete properties. <i>Construction and Building Materials</i> , 204, 541–549. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.209	Para esta investigación se sintetizó un nuevo superplastificante a base de quitosano en comparación de un injerto sulfonado y se comparó con un concreto patrón para ver sus efectos sobre las propiedades del concreto. Se realizaron ensayos en probetas y se obtuvieron los siguientes resultados: Se observa que la reducción de agua de injerto sulfonado es de 6% y el de quitosano es de 5%. Los pesos unitarios del concreto de referencia son 2380 kg/m ³ , injerto sulfonado es de 2395 kg/m ³ y el de quitosano sulfonado es de 2388kg/m ³ . El contenido de aire de referencia es de 2%, injerto sulfonado es 1.5% y quitosano sulfonado es 1.6%. Los resultados de resistencia del concreto a 28 días se determinaron como 30.1MPa para el concreto de referencia, 34.7MPa para el injerto sulfonado y 33.8MPa para quitosano sulfonado.	Se sintetizó un nuevo superplastificante PCE que será comparado con superplastificantes sulfonados para ver la influencia de estos sobre las propiedades del concreto. Teniendo como base un concreto patrón (sin aditivos)	Superplastificante PCE Superplastificante Sulfonado P.U Contenido de Aire Resistencia a la compresión	Experimental	Para esta investigación solo se utiliza la síntesis de superplastificante a base de quitosano y de un injerto sulfonado para estudiar las propiedades del concreto.	Se concluye que: La reducción de agua gracias al injerto sulfonado es de 6% y de un 5% para el quitosano. Los pesos unitarios del concreto patrón es 2380kg/m ³ , el injerto sulfonado es de 2395kg/m ³ y el de quitosano sulfonado es 2388kg/m ³ . Para los ensayos de resistencia a 28 días se obtuvo 30.1MPa para el concreto patrón, 34.7Mpa para el injerto sulfonado y 33.8MPa para quitosano sulfonado.
26	Impacto del copolímero de estireno-butadieno-carboxilado en la cinética de hidratación de OPC y OPC / CAC / AH: el efecto del secuestro de Ca ²⁺ de la solución de los poros	Baueregger, S., Perello, M., & Plank, J. (2015). Impact of carboxylated styrene-butadiene copolymer on the hydration kinetics of OPC and OPC/CAC/AH: The effect of Ca ²⁺ sequestration from pore solution. <i>Cement and Concrete Research</i> , 73, 184–189. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.03.004	Para esta investigación se sintetizó un copolímero de látex de butadieno retarda la OPC y acelera un sistema aglutinante ternario en OPC/CAC/anhidrita. La razón detrás de esto es el secuestro de las partículas de Ca ²⁺ iones de la solución de los poros. En el caso de OPC dificulta la formación de los hidratos y por lo tanto retrasa la hidratación de OPC. Los resultados muestran que los polímeros de látex hechos a medida mejoran las propiedades conocidas del mortero fresco o endurecido, como la adhesión, cohesión o fuerza axial. Además, también pueden afectar positivamente el comportamiento de fraguado de los sistemas aglutinantes minerales de multicomponente.	Se sintetizó un superplastificante a base de látex butadieno para estudiar la reacción a la pasta de cemento OPC y cómo afecta al comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido	Superplastificante PCE LATEX BUTADIENO Adhesión de partículas Fraguado	Experimental	Se hace solo la síntesis del aditivo superplastificante a base de látex de butadieno y su interacción en el cemento y concretos autocompactantes	El superplastificante sintetizado a base de látex de butadieno retrasa la formación de hidratos, retrasando la hidratación para cementos portland ordinarios. Los polímeros de látex hechos a medida mejoran las propiedades del mortero en estado fresco y endurecido. Estos superplastificantes también afectan positivamente el comportamiento de fraguado.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
27	Síntesis de copolímeros en forma de peine fosfonados y evaluación de su eficiencia de dispersión en suspensiones de CaCO ₃ . Parte I: Efecto de un contenido creciente de ácido fosfónico	Tramaux, A., Azéma, N., David, G., Negrell, C., Poulesquen, A., Haas, J., & Remond, S. (2018). Synthesis of phosphonated comb-like copolymers and evaluation of their dispersion efficiency on CaCO ₃ suspensions. Part I: Effect of an increasing phosphonic acid content. Powder Technology, 333, 19–29. doi: 10.1016/j.powtec.2018.03.069	Los superplastificantes son aditivos muy utilizados para reducir el contenido de agua del concreto para tener una alta fluidez y trabajabilidad a corto plazo. Para mejorar la eficacia y la compatibilidad del policarboxilato con el uso de aditivos minerales. Este documento es la síntesis de varias arquitecturas macromoleculares de copolímeros en forma de peine con funciones de ácido fosfórico en lugar de ácido carboxílico clásico. Adsorción, dispersión y la eficiencia de la fluidificación de estos aditivos se evalúa en suspensiones de caída con el fin de simular el comportamiento del cemento en edades tempranas. Además, se estudian los comportamientos de asentamiento con el fin de caracterizar la capacidad de dispersión de polímeros sintetizados.	Se sintetizó un superplastificante PCE con copolímeros en forma de peine fosfonados para evaluar las funciones de adsorción, dispersión y eficiencia de la fluidificación del concreto.	Superplastificante PCE Estructura Peine Fosfados Adsorción Dispersión de partículas Asentamiento	Experimental	Para esta investigación se utiliza una buena dispersión en los superplastificantes en forma de peine de ácido fosfónico (3 tipos de macromoléculas). Para dosis bajas que reemplaza al ácido carboxílico clásico de los superplastificantes.	Se concluye que esta necesita una dosis de 0.2% para obtener una buena eficiencia de dispersión para todos los superplastificantes sintetizados (estructura en forma de peine de fosfonados). Para dosis bajas a 0.2% se muestra una buena correlación entre la dispersión de partículas más finas y la eficiencia de fluidificación.
28	La eficacia de los polímeros superabsorbentes y superplastificantes en la autocuración de materiales cementosos	Sidiq, A., Gravina, R., Setunge, S., & Giustozzi, F. (2020). The effectiveness of Super Absorbent polymers and superplasticizer in self-healing of cementitious materials. Construction and Building Materials, 253, 119175.	En este estudio, se utilizaron polímeros superabsorbentes con contenido variable de superplastificante para evaluar la eficiencia del concreto autocurativo. Se presenta un molde fabricado internamente que induce patrones de fisuras controlados en todo el volumen de la muestra. La eficacia de la autocuración se evalúa mediante la realización de pruebas mecánicas y no destructivas. Los resultados demostraron que el ancho de la grieta fue de 234mm con una adición de 2.2% de aditivo superplastificante.	Se utilizaron aditivos superplastificantes para estudiar las propiedades del concreto autocuración.	Superplastificante PCE Concreto de autocuración Resistencia a la compresión	Experimental	Se utiliza en un rango de 0 a 4.4% el superplastificante con polímero superabsorbente con una relación agua cemento 0.5.	Se concluye que la adición de este superplastificante sintetizado en materiales cementosos tiene efectos positivos sobre las propiedades reológicas de la mezcla como la dispersión de partículas. El proceso de hidratación del concreto incremento en un 64%.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	METODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
29	Efecto de dosificación del superplastificante sobre hormigón autocompactante: correlación entre reología y resistencia.	Benaicha, M., Hafidi Alaoui, A., Jalbaud, O., & Burtschell, Y. (2019). Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength. <i>Journal of Materials Research and Technology</i> . doi: 10.1016/j.jmrt.2019.01.015	Esta investigación estudia la influencia entre la reología y la resistencia a la compresión del hormigón SCC. Las mezclas de hormigón contienen 8 diferentes tipos de superplastificantes. Las medidas de reología utilizadas son el asentamiento, el embudo V, la caja L, el límite elástico y la viscosidad plástica. Las pruebas mecánicas utilizados son la resistencia a la compresión. El efecto superplastificante sobre estas propiedades reológicas y mecánicas se estudiará con más detalle.	Se utilizaron 8 superplastificantes para estudiar la relación entre reología y la resistencia a la compresión del concreto SCC.	Superplastificante PCE. Concreto SCC Resistencia a la compresión Asentamiento	Experimental	Se utilizaron dosis de dosificaciones en un rango de 0% a 1% para estudiar la relación entre el comportamiento reológico y la resistencia a la compresión.	Se concluye que la resistencia a la compresión disminuye con el aumento de la dosis de superplastificante. Además, los valores del diámetro de asentamiento y la relación hf/hi aumentan con el aumento de la cantidad de superplastificante. Por otro lado, el aumento de superplastificante disminuye el tiempo de flujo del embudo en V.
30	Determinación de la cantidad optima de aditivo superplastificante para concreto autocompactante	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. <i>Applied Sciences</i> , 10(9), 3096.	Esta investigación tiene como objetivo encontrar la cantidad optima de aditivo superplastificante para la mezcla de concreto. Se analizó la evolución de energía del concreto durante la adición de pequeñas cantidades de aditivo. Los resultados se compararon tanto con la caracterización de trabajabilidad típica para concreto autocompactante como con los resultados del punto de situación, determinados por el método de cono de Marsh. Tras esta comparación se obtuvo una buena correlación entre los resultados de las pruebas tradicionales y el método de hormigonera propuesta.	Se utilizó aditivo superplastificante para encontrar la dosificación óptima para concretos autocompactante mediante el método de la hormigonera.	Superplastificante PCE Concreto SCC Método de hormigonera	Experimental	Se utilizaron los hormigones con una dosificación de 3% gran de 1% a 3.5% para el estudio de las propiedades del concreto SCC	Se concluye que la cantidad óptima para este estudio es de 2%. Las pastas de cemento y los hormigones con una dosificación de 3% pueden mostrar en algunos casos mayor fluidez, pero la segregación en sus elementos es notable. En cuanto al método de la hormigonera se demuestra que es una metodología válida para encontrar la cantidad optima de aditivo.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
31	Influencia del superplastificante de policarboxilato en el comportamiento reológico en pasta de cemento	He, Y., Zhang, X., Kong, Y., Wang, X., Shui, L., & Wang, H. (2018). Influence of Polycarboxylate Superplasticizer on Rheological Behavior in Cement Paste. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 33(4), 932-937. doi:10.1007/s11595-018-1915-8	Los superplastificantes PCE afectan significativamente las propiedades reológicas de las pastas de cemento. Para esta investigación empleamos copolímeros PCE auto sintetizados con diferentes densidades carboxílicas para investigar la influencia en el comportamiento reológico. Se aplicaron los modelos de Ley de potencia, modelo Bingham y el modelo de Herschel-Buikley. Los resultados muestran que la densidad carboxílica de PCE influye en gran medida en el rendimiento de dispersión de los superplastificantes de PCE. A medida que aumenta la densidad carboxílica, mejora la capacidad de dispersión del PCE. Para esta investigación se utilizó una relación agua cemento de 0.29 y un 0.15% de superplastificante de PCE. A medida que aumenta la densidad carboxílica, la capacidad de dispersión es más fuerte, la muestra PEG1-AA6 muestra mejor dispersión. Para una relación molar de ácido carboxílico de 6, la pasta de cemento tiene la viscosidad más baja.	Se utilizaron aditivos superplastificantes PCE auto sintetizados con diferentes densidades carboxílicas para investigar su influencia en el comportamiento reológico en la pasta de cemento	Superplastificante PCE Reología Relación agua-cemento Dispersión de partículas Peso molecular	Experimental	Se utilizan superplastificantes PCE con diferentes densidades carboxílicas.	Se concluye que las densidades carboxílicas de PCE influyen en gran medida en el rendimiento de dispersión de los superplastificantes PCE. A medida que aumenta la densidad carboxílica, mejora la capacidad de dispersión del PCE.
32	Síntesis de superplastificante de policarboxilato de alto rendimiento a través del sistema de iniciación redox y su aplicación en hormigón	Liu, X., Guan, J. N., Zheng, Y. S., Wang, Z. M., & Ren, X. W. (2016). Synthesis of High Performance Polycarboxylate Superplasticizer through Redox Initiation System and its Application in Concrete. Key Engineering Materials, 723, 681-686. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.723.681	Para esta investigación se sintetizó un superplastificante de alto rendimiento PCE con ácido acrílico, anhídrido maleico MA e isopentenil polietilenglicol (IPEG). Se estudió el efecto de la temperatura de polimerización en la fluidez de la pasta de cemento de PCE. Los resultados mostraron que las pastas de cemento con PCE sintetizados a 10°C, 20°C, 30°C respectivamente exhibieron mejores rendimientos de fluidez que las mezclas con PCE común. Se utilizó el sistema de iniciación redox en morteros y hormigones. Los resultados mostraron que la tasa de reducción de agua en PCE sintetizados en el mortero y el rendimiento del asentamiento del PCE en el hormigón fueron mejores que los PCE comerciales comunes. Este método de síntesis presenta el gran valor de investigación. Se utilizó una relación agua cemento de 0.29, con una dosis de 0.20% empieza la reducción de agua considerable.	Se sintetizó un superplastificante de alto rendimiento PCE con ácido acrílico, anhídrido maleico MA e isopentenil polietilenglicol (IPEG) que serán sometidas a diferentes temperaturas para su polimerización para estudiar su influencia sobre la fluidez y la reducción de agua de la mezcla de concreto	Superplastificante PCE Acido Acrílico (AA) Anhídrido maleico MA Isopentenil polietilenglicol (IPEG) Fluidez Relación agua-cemento	Experimental	Se sintetizan superplastificantes de alto rendimiento PCE haciendo reaccionar el ácido acrílico, anhídrido maleico MA e isopentenil polietilenglicol (IPEG) mediante el sistema de iniciación Redox.	Se concluye que la tasa de reducción de agua de los aditivos superplastificantes PCE sintetizados el rendimiento del asentamiento fueron mejores que los superplastificantes PCE comunes.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
33	Comportamientos reológicos de pastas de cemento fresco con superplastificante de polycarboxilato	Zhang, Y., Kong, X., Gao, L., & Wang, J. (2016). Rheological behaviors of fresh cement pastes with polycarboxylate superplasticizer. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 31(2), 286-299. doi:10.1007/s11595-016-1366-z	Se investigaron la influencia de los aditivos superplastificantes de polycarboxilato sintetizados sobre las propiedades reológicas del cemento. Se probaron dosificaciones de 0 a 2% de aditivo superplastificante. Se realizaron pruebas de fluidez y reológicas en pastas de cemento. Los resultados experimentales indican que la fluidez inicial y la retención de fluidez durante el tiempo de almacenamiento aumentan con el crecimiento de las dosis de superplastificantes. El límite elástico y la viscosidad plástica muestran tendencias de variación. Se utilizaron relaciones agua cemento en un rango de 0.25 a 0.4.	Se investigó la influencia de los aditivos superplastificantes de polycarboxilato sintetizados sobre las propiedades reológicas del cemento determinadas dosificaciones.	Superplastificante PCE Fluidez Reología Relación agua-cemento	Experimental	Se utilizaron rangos para el uso del superplastificante PCE a ciertas relaciones agua cemento.	Los resultados experimentales indican que la fluidez inicial y la retención de la fluidez durante el tiempo de almacenamiento aumentan con el crecimiento de las dosis de superplastificante. En cuanto al límite elástico y la viscosidad plástica muestran tendencias de variación.
34	Efecto de los superplastificantes funcionales sobre la resistencia del hormigón y la estructura de los poros	Xun, W., Wu, C., Leng, X., Li, J., Xin, D., & Li, Y. (2020). Effect of Functional Superplasticizers on Concrete Strength and Pore Structure. Applied Sciences, 10(10), 3496. doi:10.3390/app10103496	La presente investigación investiga la fluidez y la pérdida de caudal de la pasta de cemento y el mortero a lo largo del tiempo, así como la estructura porosa y la resistencia a la compresión con la aplicación de aditivos reductores de agua de alto rendimiento. Para esto se analizaron diferentes superplastificantes PCE. Los resultados muestran que el reductor de agua Z mejora significativamente la estructura de poros del hormigón y compacta aún más la estructura del concreto y mortero, mejorando así la resistencia a la compresión. Además, las cadenas laterales más cortas del superplastificante H ralentizan la tasa de hidratación del cemento lo que reduce la resistencia inicial del mortero. Se utilizaron relaciones agua cemento de 0.27, 0.32, 0.34 y 0.42	Se analizaron diferentes superplastificantes PCE para estudiar su influencia en la fluidez, pérdida de caudal de la pasta de cemento, su estructura porosa y la compresión.	Superplastificantes PCE Fluidez Relación agua-cemento Contenido de aire Resistencia a la compresión	Experimental	Se comparo ciertos aditivos superplastificantes de diferentes marcas con algunas relaciones agua-cemento.	Se concluye que el reductor de agua Z mejora significativamente la estructura de poros y compacta aún más la estructura del concreto y mortero, mejorando así la resistencia a la compresión. Las cadenas laterales cortas del superplastificante H ralentizan la tasa de hidratación del cemento lo que reduce la resistencia inicial del mortero.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
35	Relaciones estructura-propiedad para policarboxilato éter superplastificantes mediante polimerización RAFT	Ezzat, M., Xu, X., Cheikh, K., Lesage, K., Hoogenboom, R., & De Schutter, G. (2019). Structure-property relationships for polycarboxylate ether superplasticizers by means of RAFT polymerization. <i>Journal of Colloid and Interface Science</i> , 553, 788–797. doi: 10.1016/j.jcis.2019.06.088	En este estudio se sintetizan copolímeros aleatorios en forma de peine mediante el tipo de polimerización RAFT. Se estudia el efecto de los tipos de carga y las longitudes de las cadenas laterales sobre la capacidad de adsorción, reología y dispersión de las pastas de cemento. Los experimentos mostraron que los copolímeros de PCE que contienen cadenas laterales cortas exhiben una mayor capacidad de dispersión. Se utilizó una relación agua cemento de 0.38 con dosificaciones de superplastificante del 0.1%. Para los ensayos de asentamiento se llega a la conclusión que a cadena lateral más corta se tiene un asentamiento relativo más alto.	Se sintetizaron aditivos superplastificantes PCE con estructura tipo peine mediante el tipo de polimerización RAFT para estudiar su capacidad de dispersión y como su estructura con cadena lateral corta influye en el asentamiento.	Superplastificante PCE RAFT Dispersión de partículas Cadena lateral Asentamiento	Experimental	Se sintetizaron aditivos superplastificantes mediante el método RAFT como medio de polimerización.	Se concluye que los copolímeros de PCE sintetizados por el método RAFT contienen cadenas laterales más cortas lo que hace que exhiban una mayor capacidad de dispersión en las partículas de la mezcla. Para los ensayos de asentamiento se llega a la conclusión que a cadena lateral más corta se tiene un asentamiento relativo más alto
36	Síntesis de un macrómero, MPEGAA, utilizado para preparar un superplastificante de ácido poliacrílico modificado con AMPS	Chen, B. (2013). Synthesis of a macromer, MPEGAA, used to prepare an AMPS-modified polyacrylic acid superplasticizer. <i>Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.</i> , 28(6), 1186–1190. doi:10.1007/s11595-013-0842-y	Se sintetizó un aditivo superplastificante PCE basado en un macrómero, acrilato de metoxipoliétilenglicol (MPEGAA), mediante esterificación directa utilizando metoxipoliétilenglicol (MPEG-1200) y ácido acrílico (AA) como materiales principales. Los resultados experimentales mostraron que las condiciones óptimas de esterificación fueron 3.5 de hidroquinona como inhibidor, 1.2% de ácido acrílico para catalizador, una temperatura de 95°C y con un tiempo de reacción de 6h. El aditivo superplastificante sintetizado en una dosis de 0.15% nos dio un asentamiento inicial de 300mm.	Se sintetizó un aditivo superplastificante basado en un macrómero a ciertas condiciones para estudiar su influencia sobre el asentamiento del concreto.	Superplastificante PCE Macrómero Acido Acrilato Asentamiento	Experimental	Se utiliza para sintetizar el aditivo metoxipoliétilenglicol y ácido acrílico como materias primas para la sinterización del aditivo superplastificante PCE basado en el macrómero.	Se concluye que las condiciones óptimas para sintetizar el aditivo superplastificante fueron 3.5 de hidroquinona como inhibidor, 1.2% de ácido acrílico para catalizar y una temperatura de 95°C y con un tiempo de reacción de 6h. El aditivo superplastificante sintetizado en una dosis de 0.15% da un asentamiento inicial de 300mm.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
37	Diseño de proporción de mezcla de copolímero polycarboxílico (AA-co-MA) / PEG y concreto de alto rendimiento con aditivo compuesto	Chen, B. F. (2012). Mix Proportion Design of P (AA-co-MA) /PEG Polycarboxylic Copolymer and High-Performance Concrete with Composite Admixture. Applied Mechanics and Materials, 246-247, 1085-1090. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.246-247.1085	Este trabajo parte del análisis del efecto de las materias primas del hormigón y todo tipo de pruebas de rendimiento. Se sintetizó una superplastificante basado en copolímero de polycarboxílico para un concreto de alto rendimiento. Se estudio la influencia del aditivo sintetizado sobre la fluidez, el fraguado, la resistencia y calidad del concreto. Los resultados muestran que 1.46% de copolímero de polycarboxílico de P con adición de aditivos minerales mejoran el rendimiento del hormigón.	Se sintetizó un superplastificante basado en copolímero de polycarboxílico para concretos de alto rendimiento y estudiar su influencia en la fluidez, fraguado, resistencia y calidad del concreto.	Superplastificante en PCE Fluidez Asentamiento Resistencia a la compresión Fraguado	Experimental	Se utiliza aditivos superplastificantes PCE basados en ácido acrílico y 2 copolímeros anhídrido maleico.	Se concluye que el superplastificante de alta eficiencia reacciona de manera positiva a adiciones minerales de alta calidad. La integración del copolímero P y los aditivos minerales mejora enormemente la función física y el rendimiento mecánico, así como la durabilidad del hormigón.
38	Investigación de síntesis y rendimiento del superplastificante de polycarboxilato de éster	Chen, X. L., Fang, Y. H., Lan, Z. D., Jiang, Z. J., Ke, Y. L., & Guan, M. Q. (2012). Synthesis and Performance Research of Ester Polycarboxylate Superplasticizer. Applied Mechanics and Materials, 204-208, 4147-4150. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.204-208.4147	Se sintetizó un aditivo superplastificante PCE utilizando metacrilato de metoxipoliétilenglicol (MPEGMA), acrilato de butilo (BA), sulfonato de metil alilo (SMAS) como materias primas. El nuevo superplastificante se sintetizó a una temperatura de 30 grados. Cuando el volumen de superplastificante es de 0.42%, la relación agua-cemento es 0.30; la fluidez inicial de la pasta de cemento puede llegar a 230mm hasta 1 hora sin pérdida alguna.	Se sintetizó un aditivo superplastificante PCE para estudiar su influencia sobre el asentamiento.	Superplastificante en PCE Acido metacrilato Acrilato Butilo Sentamiento	Experimental	Solo se sintetiza aditivos superplastificantes basados en la reacción del metacrilato de metoxipoliétilenglicol, acrilato de butilo, sulfonato de metil alilo como materias primas.	Se concluye que la síntesis de estos aditivos superplastificantes se hace a una temperatura de 30°C. Para una adición de 0.42% de superplastificante a una mezcla de cemento de relación 0.30 da como resultado de un asentamiento inicial de 230mm, teniendo este mismo asentamiento por 1h.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
39	Coatex; Patente emitida para copolímero como agente reductor de agua en una composición hidráulica y uso de copolímeros para mejorar la resistencia mecánica inicial de una composición hidráulica (USPTO 10,501,371)	Platel, D., Magny, B., Suau, J. M., & Champagne, C. (2019). U.S. Patent No. 10,501,371. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.	En su investigación afirma que: Nuevos copolímeros obtenidos por polimerización de una mezcla de monómeros que comprenden: al menos un monómero aniónico (a) que comprende una función insaturada polimerizable y un grupo carboxílico; y al menos un monómero, representa una cadena polialcoxilada constituida por unidades etoxiladas EO y unidades propoxiladas PO, distribuidas en bloques, alternos o estadísticos, siendo la proporción molar de las unidades etoxiladas en la cadena polialcoxilada (n) / (m + n) mayor o igual a 70 % y estrictamente menos del 90%.	Síntesis de un nuevo aditivo superplastificante a base de monómero aniónico.	Superplastificante PCE Monómeros	Experimental	Se utiliza monómero aniónico y un grupo carboxílico como materia de polimerización	Se puede concluir que teniendo una correcta estructura atómica basada en monómeros aniónicos con función insaturada polimerizable y un grupo carboxílico se puede sintetizar un aditivo superplastificante PCE reductor de agua en composiciones hidráulicas.
40	Optimización del hormigón autocompactante de alto rendimiento	Raymond A. Y., Januarti Jaya, E., & Triwulan. (2017). Optimizing High Performance Self Compacting Concrete. MATEC Web of Conferences, 97, 01027. doi:10.1051/mateconf/20179701027	Los objetivos de este artículo son conocer el efecto de polvo de vidrio, el humo de sílice, el éter de policarboxilato y la grava para optimizar la composición de cada factor en la fabricación de superplastificantes de alto rendimiento. Se hicieron 80 variaciones. Se analizó la trabajabilidad del hormigón mediante el asentamiento, la prueba del embudo en V y la prueba de la caja en L. Se analizaron pruebas de compresión y porosidad para el estado endurecido. Las probetas fueron ensayadas en 3,7,14,21,28 días.	Se hizo un comparativo entre el polvo de vidrio, humo de sílice, el éter de policarboxilato y la grava para la composición de los aditivos superplastificantes para ver su influencia en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.	Superplastificante PCE Asentamiento Resistencia a la Compresión	Experimental	Se utilizan adiciones minerales como polvo de vidrio, humo de sílice y grava para reaccionar con el aditivo superplastificante PCE a base de éter.	Después de estudiar 80 variaciones de adiciones se concluye que: Se recomienda aplicar el 1% de éter de policarboxilato para lograr una mejor trabajabilidad. Además, para obtener un hormigón menos poroso, se recomienda utilizar superplastificante hasta 1.2% porque puede producir un hormigón más denso.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
41	Propiedades mecánicas del hormigón de gran caída hecho por el procedimiento de mezcla de agregados gruesos post-llenado	Jia, J., Cao, Q., Luan, L., Wang, Z., & Zhang, L. (2020). Mechanical Properties of Large Slump Concrete Made by Post-Filling Coarse Aggregate Mixing Procedure. <i>Materials</i> , 13(12), 2761. doi:10.3390/ma13122761	El concreto bombeable de alto rendimiento se ha utilizado ampliamente en la construcción de edificaciones de gran altura debido a sus cualidades superiores. Sin embargo, pueden ocurrir problemas tempranos de agrietamiento en el bombeo de hormigón in situ, lo que se debe al uso excesivo de cemento. En esta presente investigación se utiliza el método de agregado grueso post-llenado (PFCC). Se investigó la influencia de la relación de agregado grueso posterior al llenado (PFA) sobre las propiedades del concreto de gran asentamiento. Se realizaron 3 concretos de diferentes resistencias con determinadas proporciones de agregados y aditivos.	La presente investigación utiliza el procedimiento de mezcla de agregados-post llenados para determinar la influencia que tiene en el asentamiento y propiedades mecánicas del concreto.	Asentamiento Resistencia a la compresión Resistencia a la Flexión Resistencia a la tracción	Experimental	Se utiliza el procedimiento de agregados post-llenados para analizar los resultados.	Se concluye que la relación entre la fase de post-llenado del agregado grueso guarda una relación directa con las propiedades mecánicas. Con el aumento de la proporción de los agregados grueso post-llenado el asentamiento del agregado disminuye. Para un asentamiento 140mm se tuvo una proporción de 15% de agregado grueso post-llenado.
42	Efecto de la finura del cemento y la dosificación del policarboxilato en el comportamiento reológico y mecánico de un mortero	Zahia, D., & Karim, E. (2018). Effect of cement fineness and polycarboxylate dosage on the rheological and mechanical behavior of a mortar. <i>MATEC Web of Conferences</i> , 149, 01037. doi:10.1051/mateconf/201814901037	El uso de ciertos aditivos orgánicos en la producción de morteros y hormigones influye en la trabajabilidad y la cinética de hidratación del mortero. Esto da como resultado una modificación de algunas propiedades, a saber, el comportamiento reológico y la resistencia mecánica. El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento reológico y mecánico de un mortero variando la finura del cemento y utilizando el superplastificante de Policarboxilato. Se utilizó una relación agua-cemento de 0.5 y una proporción de aditivo superplastificante en un rango de 0 a 0.8%	Se hizo un comparativo entre diferentes módulos de finura del cemento para estudiar su influencia en la reología del concreto y sus propiedades mecánicas.	Superplastificante PCE Módulo de finura del cemento Reología Resistencia a la compresión	Experimental	Se estudia diferentes módulos de finuras del cemento portland compuesto. (CEM II)	Se modifica que existe una modificación en las propiedades del concreto, en su comportamiento reológico y la resistencia mecánica. El aumento de la finura mejora la resistencia mecánica de los morteros probados. La adición del policarboxilato es un efecto beneficioso en el desarrollo de las resistencias mecánicas para dosis inferiores al 0.8%.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicados)	METODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
43	Síntesis de un nuevo policarboxilato a temperatura ambiente y su influencia en las propiedades de las pastas de cemento con diferentes materiales cementantes suplementarios	Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). Synthesis of a New Polycarboxylate at Room Temperature and Its Influence on the Properties of Cement Pastes with Different Supplementary Cementitious Materials. <i>Advances in Civil Engineering</i> , 2020, 1–10. doi:10.1155/2020/8854422	Se sintetizaron policarboxilatos con diferentes estructuras de peine (mismo grado de polimerización en las cadenas laterales pero diferentes cadenas principales) mediante una reacción de polimerización por ambiente. Se determinó el efecto de los policarboxilatos sobre la tensión superficial y la fluidez en pastas de cemento. Se seleccionó el mejor producto para estudiar sus efectos sobre el calor de hidratación, la resistencia a la compresión, la contracción autógena y la contracción por secado de las patas de cemento con diferentes tipos de materiales cementosos suplementarios. Se sintetizaron 3 superplastificantes, se utilizaron dosis en un rango de 0 a 0.5%.	Se sintetizaron 3 superplastificantes para estudiar su influencia en la hidratación, dispersión de partículas y resistencia a compresión.	Superplastificante PCE Hidratación del Cemento Dispersión y partículas Resistencia a la compresión	Experimental	Se sintetiza un aditivo superplastificante con estructura de peine a mismo grado de polimerización en cadenas laterales pero diferente en cadenas principales.	Se concluye que el aumento de la proporción molar del ácido acrílico en los superplastificantes aumenta la tensión superficial, la fluidez de la pasta de cemento. La proporción óptima fue 6:1. Con el aumento de dosis de policarboxilato ralentiza la hidratación de la mezcla. Las adiciones minerales aumentan la resistencia a la compresión en 24% promedio que los superplastificantes convencionales.
44	La influencia de los superplastificantes basados en polímero acrílico modificado y éster de policarboxilato sobre el efecto plastificante de la pasta de cemento	Macijauskas, M., & Skripkiūnas, G. (2017). The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste. <i>Materials Science Forum</i> , 904, 167–173. doi:10.4028/www.scientific.net/msf.904.167	Esta presente investigación tiene como objetivo estudiar el impacto de la dosificación y eficacia de los aditivos superplastificantes basados en polímero acrílico modificado y éster policarboxilato en un rango de 0 a 1.2% sobre las propiedades reológicas de las pastas de cemento.	Se sintetizaron aditivos superplastificantes PCE a base de polímeros acrílicos modificados éster de policarboxilato para estudiar su influencia en las propiedades reológicas del concreto.	Superplastificante PCE Acido Acrílico Ester Policarboxilato Reología	Experimental	Se utilizó un aditivo superplastificante en un rango de 0 a 1.2% porque superando esta dosificación se nota segregación en el concreto.	Se concluye que la dosificación óptima para esta investigación es 0.8% con una relación agua cemento de 0.30 y con una buena resistencia al corte por cizallamiento.

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
45	Síntesis de poliuretano pectiniforme modificado El policarboxilato y su aplicación preliminar en Hormigón de ultra alto rendimiento	Xiang, S., & Gao, Y. (2020). Synthesis of Pectiniform Polyurethane-Modified Polycarboxylate and Its Preliminary Application in Ultrahigh-Performance Concrete. Advances in Civil Engineering, 2020.	En este artículo se sintetizaron superplastificantes PCE modificados con poliuretano pectiniforme mediante el método de síntesis segmentaria utilizando fisocianato de soforona (IPDI). Se hizo un comparativo con un aditivo Sika comercial para determinar su influencia en los concretos de alto desempeño. Se estudio la fluidez, la resistencia, la contracción por secado y contracción autógena. Los resultados mostraron que, debido a la estructura molecular modificada, el superplastificante sintetizado podría dispersarse mejor.	Se sintetizaron superplastificantes PCE modificados con poliuretano pectiniforme para estudiar su influencia en la fluidez y resistencia en comparación a un aditivo superplastificante PCE Sika.	Superplastificante PCE Fluidez Asentamiento Resistencia a la compresión	Experimental	Solo nos limitamos a utilizar la muestra N1 ya que no contiene adiciones minerales.	Se concluye que el superplastificante Sika comercial tiene mejor fluidez y resistencia en comparación al superplastificante sintetizado. MPCE obtuvo una resistencia de 107.4MPa a los 28 días de ensayado. Sika obtuvo una resistencia de 108.8 MPa a los 28 días de ensayado
46	Análisis de compatibilidad entre el cemento Pórtland tipo I y el micro/nano-SiO2 en presencia de superplastificantes de tipo policarboxilato	Zapata Orduz, L. E., Portela, G., Suárez, O. M., & Cáceres, A. D. (2016). Compatibility analysis between Portland cement type I and micro/nano-SiO2 in the presence of polycarboxylate-type superplasticizers. Cogent Engineering, 3(1). doi:10.1080/23311916.2016.1260952	Este estudio evaluó la interacción entre el cemento Portland tipo I y los superplastificantes de policarboxilato. Se analizaron cinco sistemas para estudiar el comportamiento reológico mediante la prueba de cono de Marsh. Adicionalmente se hicieron adiciones simples y minerales como humo de sílice y nanosilice. Los resultados mostraron que la adición de sílice amorfa en diferentes tamaños de partículas tiene resultados reológicos muy diferentes. Los hormigones con humo de sílice muestran susceptibilidad al sangrado y segregación a dosis mayores. Para el nanosilice tiene menor susceptibilidad al sangrado y mayor cohesión en las partículas por lo cual se puede aplicar considerables dosis de superplastificante.	Se estudio la interacción de los superplastificantes PCE sobre el cemento portland y algunas adiciones minerales como el sílice humo de sílice y el nanosilice. Se midió la resistencia a la compresión, la reología y la fluidez.	Superplastificante PCE Nanosilice Humo de sílice Reología Resistencia a la compresión	Experimental	Solo tomaremos la muestra CO porque no contiene adiciones minerales como humo de sílice o cenizas volantes.	Se concluye que aumenta la resistencia a la tracción y compresión significativamente para una dosificación de 1.35% de aditivo. Se obtuvo una resistencia a la compresión de 50.3MPa. Se obtuvo una resistencia a la tracción de 5.2MPa

Fuente: Elaboración Propia

#	TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES
47	Efecto de la adición del éter de policarboxilato en la retención del asentamiento y la resistencia a la compresión del hormigón de alto rendimiento	Jonbi, J., Arini, R. N., Anwar, B., & Ali Fulazzaky, M. (2018). Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete. MATEC Web of Conferences, 195, 01020. doi:10.1051/mateconf/201819501020	Se sabe que la trabajabilidad del hormigón de alto rendimiento (HPC) depende del valor de asentamiento de la mezcla de hormigón. Para esta investigación se utilizó éter de policarboxilato (PCE) para aumentar el valor de asentamiento de la mezcla de concreto, retención de asentamiento y resistencia a la compresión de diferentes hormigones de alto desempeño. Se agregaron aditivos superplastificantes PCE en un rango de 0% a 2% para una resistencia a la compresión mínima de f_c 50Mpa. Los resultados mostraron que se puede lograr el desempeño óptimo del concreto agregando 2% del PCE para un valor de retención de asentamiento de 45 minutos y con una resistencia de 53.84Mpa	Se utilizaron aditivos superplastificantes PCE para aumentar el asentamiento de la mezcla de concreto de alto desempeño HPC	Superplastificante PCE Asentamiento Resistencia a la Compresión Fluidez	Experimental	Se utilizó un aditivo superplastificante en un rango de 0 a 2% porque superando esta dosificación se nota segregación en el concreto.	Se concluye que para la muestra BK2 y BK3 tienen una resistencia a la compresión similar para los días ensayados: Teniendo ambos 55MPa a los 28 días de ensayo. El que presenta mejor fluidez y un mayor asentamiento inicial es BK3 con 290mm

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 3 -MATRIZ – M2 SUBTEMAS – JUSTIFICACIÓN – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

SUBTEMAS (INDICADORES)	DEFINICIÓN / JUSTIFICACIÓN DEL SUBTEMA/ DELIMITACIÓN TEMPORAL (SI APLICA)	OBJETIVO
Porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero	Componente que, sin modificar la consistencia del concreto, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asentamiento/ Con la incorporación de aditivo en porcentajes basados en copolímero se puede mejorar el asentamiento del concreto	Determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero para mejorar el asentamiento del concreto de alta resistencia según ASTM C1611.
Asentamiento	Es la medida de consistencia del concreto fresco, para determinar la fluidez de la mezcla. / la incorporación de aditivo superplastificante basado en copolímero, para llevar un correcto control de calidad	Determinar el porcentaje de aditivo superplastificante basado en copolímero para mejorar el asentamiento del concreto de alta resistencia según ASTM C1611.
Relación agua-cemento	Es el valor característico más importante de la tecnología del concreto, de ella depende la resistencia y la durabilidad / Los diferentes aditivos basados en copolímeros, aplicando estos aditivos se podrá mejorar las propiedades mecánicas del concreto	Determinar la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas según norma ASTM C318
Resistencia a la compresión	Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto en probetas cilíndricas / Aplicando los diferentes aditivos superplastificantes con copolímero para mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura	Determinar la relación agua/cemento para concretos de alta resistencia aplicando aditivos superplastificantes basado en copolímeros para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas según norma ASTM C318

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 4 -MATRIZ M3 IDENTIFICACIÓN DE SUBTEMAS EN ARTÍCULOS SELECCIONADOS

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA- CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	Ilg, M., & Plank, J. (2016). A novel kind of concrete superplasticizer based on lignite graft copolymers. <i>Cement and Concrete Research</i> , 79, 123–130. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.09.004	Un nuevo tipo de superplastificante de hormigón basado en copolímeros de injerto de lignito	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	Relación agua-cemento	-
2	Łażniewska-Piekarczyk, B. (2018). Influence of temperature on the properties of non-air-entrained and air-entrained cement mortars modified with different plasticisers and superplasticisers types. In <i>MATEC Web of Conferences</i> (Vol. 163, p. 04004). EDP Sciences	Influencia de la temperatura en las propiedades de los morteros de cemento no incorporados o incorporados por aire modificados con diferentes tipos de plastificantes y superplastificantes	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	Relación agua-cemento	-
3	Esen, Y., & Orhan, E. (2016). Investigation of the effect on the physical and mechanical properties of the dosage of additive in self-consolidating concrete. <i>KSCE Journal of Civil Engineering</i> , 20(7), 2849-2858.	Investigación del efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de Dosificación de aditivo en hormigón auto consolidable	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
5	Liu, X., Wang, Z. M., Zhu, J., Zhao, M., & Zheng, Y. S. (2015). Synthesis, Characterization and Performance of Superplasticizer with a Multi-Arm Structure. <i>Materials Science Forum</i> , 815, 594–600. doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.815.594	Síntesis, caracterización y rendimiento de superplastificantes con estructura de brazos múltiples	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	-	Resistencia a la compresión
6	Jun, Y., Jeong, Y., Oh, J. E., Park, J., Ha, J., & Sohn, S. G. (2014). Influence of the structural modification of polycarboxylate copolymer with a low dispersing ability on the set-retarding of Portland cement. <i>KSCE Journal of Civil Engineering</i> , 19(6), 1787–1794. doi:10.1007/s12205-014-1189-4	Influencia de la modificación estructural de un copolímero de policarboxilato con baja capacidad de dispersión sobre el fraguado retardante del cemento Portland	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	-	Resistencia a la compresión
9	Ibragimov, R., & Fediuk, R. (2019). Improving the early strength of concrete: Effect of mechanochemical activation of the cementitious suspension and using of various superplasticizers. <i>Construction and Building Materials</i> , 226, 839–848. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.313	Mejorando la resistencia inicial del hormigón: Efecto de la mecánica química la activación de la suspensión de cemento y el uso de diversos superplastificantes	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	Relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
10	Stecher, J., & Plank, J. (2019). Novel concrete superplasticizers based on phosphate esters. <i>Cement and Concrete Research</i> , 119, 36–43. doi: 10.1016/j.cemconres.2019.01.006	Nuevos superplastificantes de hormigón basados en ésteres de fosfato	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
11	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. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 93, 323–330. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2018.06.017	Preparar superplastificantes de policarboxilato hiperbrancado que posean excelente rendimiento en la reducción de la viscosidad mediante el redox in situ inicializado método de polimerización	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-
12	Al-Shamiri, A. K., Kim, J. H., Yuan, T. F., & Yoon, Y. S. (2019). Modeling the compressive strength of high-strength concrete: An extreme learning approach. <i>Construction and Building Materials</i> , 208, 204-219.	Modelando la resistencia a la compresión del hormigón de alta resistencia: Un enfoque de aprendizaje extremo	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
13	Ma, B., Qi, H., 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. <i>Construction and Building Materials</i> , 233, 117181. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117181	Efecto del superplastificante de base alifática en el rendimiento reológico de la pasta de cemento plastificada por el superplastificante de policarboxilato	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-
14	Manomi, N., Sathyan, D., & Anand, K. (2018). Coupled effect of superplasticizer dosage and fly ash content on strength and durability of concrete. <i>Materials Today: Proceedings</i> , 5(11), 24033-24042. doi: 10.1016/j.matpr.2018.10.196	Efecto acoplado de la dosis de superplastificante y el contenido de cenizas volantes sobre la resistencia y durabilidad del hormigón	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
15	Erzengin, S. G., Kaya, K., Özkorucuklu, S. P., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (2018). The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates. <i>Construction and Building Materials</i> , 166, 96-109.	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con policarboxilatos a base de éster metacrílico	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
16	Antoni, Halim, J. G., Kusuma, O. C., & Hardjito, D. (2017). Optimizing Polycarboxylate Based Superplasticizer Dosage with Different Cement Type. <i>Procedia Engineering</i> , 171, 752–759. doi:10.1016/j.proeng.2017.01.442	Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
20	Winnefeld, F., Becker, S., Pakusch, J., & Götz, T. (2007). Effects of the molecular architecture of comb-shaped superplasticizers on their performance in cementitious systems. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 29(4), 251–262. doi:10.1016/j.cemconcomp.2006.12.006	Efectos de la arquitectura molecular de los superplastificantes en forma de peine sobre su desempeño en sistemas cementosos	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
21	Miao, C., Ran, Q., Liu, J., Mao, Y., Shang, Y., & Sha, J. (2011). New Generation Amphoteric Comb-like Copolymer Superplasticizer and Its Properties. <i>Polymers and Polymer Composites</i> , 19(1), 1–8. doi:10.1177/0967391111101900101	Superplastificante de copolímero anfótero similar a un peine de nueva generación y sus propiedades	Porcentaje de aditivo (%)	-	-	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
23	Negim, E. S., Bekbayeva, L., Nabiyeva, A., Yeligbayeva, G., & Eshmaiel, G. (2019). Utilization of copolymer based on poly (vinyl alcohol) and 2-ethylhexyl acrylate as admixture for cement pastes. <i>International Journal of Biology and Chemistry</i> , 12(1), 189-200.	Utilización de copolímero a base de poli (alcohol vinílico) y Acrilato de 2-etilhexilo como aditivo para pastas de cemento	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
25	Arslan, H., Aytaç, U. S., Bilir, T., & Şen, Ş. (2019). The synthesis of a new chitosan-based superplasticizer and investigation of its effects on concrete properties. <i>Construction and Building Materials</i> , 204, 541–549. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.209	La síntesis de un nuevo superplastificante a base de quitosano e investigación de sus efectos sobre las propiedades del hormigón	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
31	He, Y., Zhang, X., Kong, Y., Wang, X., Shui, L., & Wang, H. (2018). Influence of Polycarboxylate Superplasticizer on Rheological Behavior in Cement Paste. <i>Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.</i> , 33(4), 932–937. doi:10.1007/s11595-018-1915-8	Influencia del superplastificante de policarboxilato en el comportamiento reológico en pasta de cemento	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
32	Liu, X., Guan, J. N., Zheng, Y. S., Wang, Z. M., & Ren, X. W. (2016). Synthesis of High Performance Polycarboxylate Superplasticizer through Redox Initiation System and its Application in Concrete. <i>Key Engineering Materials</i> , 723, 681–686. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.723.681	Síntesis de superplastificante de polycarboxilato de alto rendimiento a través del sistema de iniciación redox y su aplicación en hormigón	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento		-
33	Zhang, Y., Kong, X., Gao, L., & Wang, J. (2016). Rheological behaviors of fresh cement pastes with polycarboxylate superplasticizer. <i>Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.</i> , 31(2), 286–299. doi:10.1007/s11595-016-1366-z	Comportamientos reológicos de pastas de cemento fresco con superplastificante de polycarboxilato	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-
34	Xun, W., Wu, C., Leng, X., Li, J., Xin, D., & Li, Y. (2020). Effect of Functional Superplasticizers on Concrete Strength and Pore Structure. <i>Applied Sciences</i> , 10(10), 3496. doi:10.3390/app10103496	Efecto de los superplastificantes funcionales sobre la resistencia del hormigón y la estructura de los poros	Porcentaje de aditivo (%)		relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
36	Chen, B. (2013). Synthesis of a macromer, MPEGAA, used to prepare an AMPS-modified polyacrylic acid superplasticizer. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 28(6), 1186-1190. doi:10.1007/s11595-013-0842-y	Síntesis de un macrómero, MPEGAA, utilizado para preparar un superplastificante de ácido poliacrílico modificado con AMPS	-	Asentamiento	-	-
37	Chen, B. F. (2012). Mix Proportion Design of P (AA-co-MA)/PEG Polycarboxylic Copolymer and High-Performance Concrete with Composite Admixture. Applied Mechanics and Materials, 246-247, 1085-1090. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.246-247.1085	Diseño de proporción de mezcla de copolímero policarboxílico P (AA-co-MA) / PEG y concreto de alto rendimiento con aditivo compuesto Chen, Bao Fan.	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
38	Chen, X. L., Fang, Y. H., Lan, Z. D., Jiang, Z. J., Ke, Y. L., & Guan, M. Q. (2012). Synthesis and Performance Research of Ester Polycarboxylate Superplasticizer. Applied Mechanics and Materials, 204-208, 4147-4150. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.204-208.4147	Investigación de síntesis y rendimiento del superplastificante de policarboxilato de éster	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
40	Raymond A, Y., Januarti Jaya, E., & Triwulan. (2017). Optimizing High Performance Self Compacting Concrete. MATEC Web of Conferences, 97, 01027. doi:10.1051/mateconf/20179701027	Optimización del hormigón autocompactante de alto rendimiento	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
41	Jia, J., Cao, Q., Luan, L., Wang, Z., & Zhang, L. (2020). Mechanical Properties of Large Slump Concrete Made by Post-Filling Coarse Aggregate Mixing Procedure. Materials, 13(12), 2761. doi:10.3390/ma13122761	Propiedades mecánicas del hormigón de gran caída hecho por el procedimiento de mezcla de agregados gruesos post-llenado	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
42	Zahia, D., & Karim, E. (2018). Effect of cement fineness and polycarboxylate dosage on the rheological and mechanical behavior of a mortar. MATEC Web of Conferences, 149, 01037. doi:10.1051/mateconf/201814901037	Efecto de la finura del cemento y la dosificación del policarboxilato en el comportamiento reológico y mecánico de un mortero	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
43	Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). Synthesis of a New Polycarboxylate at Room Temperature and Its Influence on the Properties of Cement Pastes with Different Supplementary Cementitious Materials. <i>Advances in Civil Engineering</i> , 2020, 1–10. doi:10.1155/2020/8854422	Síntesis de un nuevo policarboxilato a temperatura ambiente y su influencia en las propiedades de las pastas de cemento con diferentes materiales cementantes suplementarios	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	-	Resistencia a la compresión
44	Macijauskas, M., & Skripkiūnas, G. (2017). The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste. <i>Materials Science Forum</i> , 904, 167–173. doi:10.4028/www.scientific.net/msf.904.167	La influencia de los superplastificantes basados en polímero acrílico modificado y éster de policarboxilato sobre el efecto plastificante de la pasta de cemento	Porcentaje de aditivo (%)	-	relación agua-cemento	-
45	Xiang, S., & Gao, Y. (2020). Synthesis of Pectiniform Polyurethane-Modified Polycarboxylate and Its Preliminary Application in Ultrahigh-Performance Concrete. <i>Advances in Civil Engineering</i> , 2020.	Síntesis de poliuretano pectiniforme modificado El policarboxilato y su aplicación preliminar en Hormigón de ultra alto rendimiento	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
46	Zapata Orduz, L. E., Portela, G., Suárez, O. M., & Cáceres, A. D. (2016). Compatibility analysis between Portland cement type I and micro/nano-SiO ₂ in the presence of polycarboxylate-type superplasticizers. <i>Cogent Engineering</i> , 3(1). doi:10.1080/23311916.2016.1260952	Análisis de compatibilidad entre el cemento Pórtland tipo I y el micro/nano-SiO ₂ en presencia de superplastificantes de tipo policarboxilato	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
47	Jonbi, J., Arini, R. N., Anwar, B., & Ali Fulazzaky, M. (2018). Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete. <i>MATEC Web of Conferences</i> , 195, 01020. doi:10.1051/mateconf/201819501020	Efecto de la adición del éter de policarboxilato en la retención del asentamiento y la resistencia a la compresión del hormigón de alto rendimiento	Porcentaje de aditivo (%)		relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
28	Sidiq, A., Gravina, R., Setunge, S., & Giustozzi, F. (2020). The effectiveness of Super Absorbent polymers and superplasticizer in self-healing of cementitious materials. <i>Construction and Building Materials</i> , 253, 119175.	La eficacia de los polímeros superabsorbentes y superplastificantes en la autocuración de materiales cementosos	Porcentaje de aditivo (%)		relación agua-cemento	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

FUENTE	AUTOR(ES)	TÍTULO	SUBTEMAS (INDICADORES) 1 PORCENTAJE DE ADITIVO (%)	SUBTEMAS (INDICADORES) 2 ASENTAMIENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 3 RELACIÓN AGUA-CEMENTO	SUBTEMAS (INDICADORES) 4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
29	Benaicha, M., Hafidi Alaoui, A., Jalbaud, O., & Burtschell, Y. (2019). Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength. <i>Journal of Materials Research and Technology</i> . doi: 10.1016/j.jmrt.2019.01.015	Efecto de dosificación del superplastificante sobre hormigón autocompactante: correlación entre reología y resistencia.	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	Resistencia a la compresión
30	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. <i>Applied Sciences</i> , 10(9), 3096.	Determinación de la cantidad optima de aditivo superplastificante para concreto autocompactante	Porcentaje de aditivo (%)	Asentamiento	relación agua-cemento	-

Fuente: Elaboración Propia