

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES A BASE DE  
POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES  
FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO FLUIDO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CHUMÁN CHÁVEZ, KEVIN ANDRÉS**

**Bach. RIVAS OCHOA, YULIANA**

**ASESOR: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET**

**LIMA - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres que me guiaron, educaron y forjaron mi educación a base de valores y buenos hábitos; a mis hermanos, que apoyaron en constantes momentos de dificultad; a mis amigos y compañeros, con los que aprendimos muchas cosas y salimos adelante de las adversidades en todo momento; finalmente a mis maestros y mentores, quienes con su gran sabiduría y conocimiento lograron que salgamos adelante.

Chumán Chávez Kevin Andrés

Dedico esta tesis a mis padres, hermana y toda mi familia, quienes con su apoyo y motivación me inspiran a salir adelante; a mis asesores de tesis, quienes con su amplio conocimiento nos guiaron para hacerlo posible.

Rivas Ochoa Yuliana

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por la salud y sabiduría impartida en nosotros para la realización de esta tesis; a nuestros padres, quienes siempre confiaron y creyeron en nosotros; a nuestros hermanos, que con firmes consejos y motivación siempre nos apoyaron; a nuestros asesores Liliana J. Chavarría Reyes y Carlos M. Chavarry Vallejos que compartieron con nosotros lo más valioso que poseen, el conocimiento.

Kevin A. Chumán y Yuliana Rivas

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción y formulación del problema	3
1.1.1. Problema general	5
1.1.2. Problemas específicos	5
1.2. Objetivos de la investigación	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.3.1. Geográfica	6
1.3.2. Temporal	6
1.3.3. Temática	6
1.3.4. Muestral	6
1.4. Justificación del estudio	6
1.4.1. Conveniencia	7
1.4.2. Relevancia social	7
1.4.3. Aplicaciones prácticas	8
1.4.4. Utilidad metodológica	8
1.4.5. Valor teórico	8
1.5. Importancia del estudio	8
1.6. Limitaciones del estudio	8
1.7. Alcance	9
1.8. Viabilidad del estudio	9
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Marco histórico	10
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	14
2.2.1. Investigaciones internacionales	14
2.2.2. Investigaciones nacionales	16
2.2.3. Artículos relacionados con el tema	20
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	55

2.3.1. Policarboxilatos	55
2.3.2. Ensayos en estado fresco	60
2.3.3. Ensayos en estado endurecido	67
2.4. Definición de términos básicos	69
3. CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	72
3.1. Hipótesis o supuestos teóricos	72
3.1.1. Hipótesis general	72
3.1.2. Hipótesis específicas	72
3.2. Variables	72
3.2.1. Definición conceptual	72
3.2.2. Definición operacional	73
3.2.3. Operacionalización de variables	74
4. CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	77
4.1. Método de la investigación	77
4.2. Tipo de la investigación	77
4.3. Nivel de investigación	78
4.4. Diseño de la investigación	78
4.5. Población y muestra	78
4.5.1. Población	78
4.5.2. Muestra	78
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	79
4.7. Descripción de procesamientos de análisis	79
5. CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	80
5.1. Resultados de la investigación	80
5.2. Análisis e interpretación de los resultados	128
5.3. Contrastación de hipótesis.	143
6. CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
6.1. Discusión	147
6.2. Conclusiones	148
6.3. Recomendaciones	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
ANEXOS	158

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	159
ANEXO 2 MATRIZ DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
ANEXO 3 RELACIÓN ENTRE SUBTEMAS Y OBJETIVOS	168
ANEXO 4 RELACIÓN ENTRE LOS SUBTEMAS Y LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Efecto estérico	56
<b>Figura 2</b> Viscosidad plástica vs Relación agua/finos	57
<b>Figura 3</b> Tiempo de descarga en embudo según la estructura del PCE	58
<b>Figura 4</b> Viscosidad plástica relativa vs dosificación de PCE	58
<b>Figura 5</b> Efecto estérico entre granos de cemento	60
<b>Figura 6</b> Lectura del tiempo de escurrimiento	61
<b>Figura 7</b> Medición final de la extensión de flujo	62
<b>Figura 8</b> Ensayo del embudo V	63
<b>Figura 9</b> Lectura del tiempo a 20 cm	64
<b>Figura 10</b> Lectura del tiempo a 40 cm	64
<b>Figura 11</b> Inicio del ensayo anillo J	65
<b>Figura 12</b> Medición a finalizar ensayo anillo J	66
<b>Figura 13</b> Caja en U de base circular	67
<b>Figura 14</b> Ensayo de resistencia a la compresión	68
<b>Figura 15</b> Ensayo de resistencia a la flexión	69
<b>Figura 16</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 0%	81
<b>Figura 17</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 2%	82
<b>Figura 18</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 10%	83
<b>Figura 19</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 30%	84
<b>Figura 20</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (CC) con cemento Portland y cemento Puzolánico	86
<b>Figura 21</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (SV) con cemento Portland y cemento Puzolánico	88
<b>Figura 22</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (AS) con cemento Portland y cemento Puzolánico	89
<b>Figura 23</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (BA) con cemento Portland y cemento Puzolánico	91
<b>Figura 24</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (BS) con cemento Portland y cemento Puzolánico	92

<b>Figura 25</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 0%	94
<b>Figura 26</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 5%	95
<b>Figura 27</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 10%	96
<b>Figura 28</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 20%	97
<b>Figura 29</b> Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 30%	98
<b>Figura 30</b> Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato	99
<b>Figura 31</b> Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 22% de sólidos	101
<b>Figura 32</b> Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 36% de sólidos	102
<b>Figura 33</b> Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 53% de sólidos	103
<b>Figura 34</b> Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato CC	104
<b>Figura 35</b> Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato SV	105
<b>Figura 36</b> Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato AS	106
<b>Figura 37</b> Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BA	107
<b>Figura 38</b> Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BS	108
<b>Figura 39</b> Resistencia a la compresión (MPa) para mezclas con aditivo superplastificante con nanosílice, dosis PCE 0.15%.	110
<b>Figura 40</b> Resistencia a la flexión (MPa) para mezclas con aditivo superplastificante con nanosílice, dosis PCE 0.15%.	111
<b>Figura 41</b> Resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato.	112

<b>Figura 42</b> Resistencia a la compresión (MPa) vs Dosis PCE con nanotubos de carbono (%)	115
<b>Figura 43</b> Resistencia a la flexión (MPa) vs Dosis PCE con nanotubos de carbono (%)	116
<b>Figura 44</b> Asentamiento (mm) a 5 min según dosis de policarboxilato en mezcla que contiene cemento de fosfato de magnesio (MPC).	118
<b>Figura 45</b> Asentamiento (mm) a 30 min según dosis de Policarboxilato en mezcla que contiene cemento de fosfato de magnesio (MPC).	119
<b>Figura 46</b> Asentamiento (mm) para mezclas sin presencia de arcillas y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	120
<b>Figura 47</b> Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (0%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	123
<b>Figura 48</b> Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (2%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	124
<b>Figura 49</b> Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (6%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	125
<b>Figura 50</b> Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (10%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	126
<b>Figura 51</b> Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas calcinada – piedra caliza y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	127
<b>Figura 52</b> Resultados de Asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con ligninas	128
<b>Figura 53</b> Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos con cemento Portland y de Puzolana	129
<b>Figura 54</b> Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos sintetizados con nanosílice	130
<b>Figura 55</b> Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificantes a base de policarboxilato	131
<b>Figura 56</b> Resultados de asentamiento ante mezclas de concreto con diferentes porcentajes de sólidos y dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato	132

<b>Figura 57</b> Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante (BA) y relación a/c	133
<b>Figura 58</b> Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante (SV) y relación a/c	134
<b>Figura 59</b> esultado de resistencia a la compresión con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato	135
<b>Figura 60</b> Resultados de resistencia a la compresión para una mezcla de concreto autocompactante con una relación a/c = 0.4	136
<b>Figura 61</b> Resultados de resistencia a la compresión para una mezcla de concreto con aditivo superplastificante y nanotubos de carbono con una relación a/c = 0.4	137
<b>Figura 62</b> Resultados de resistencia a la flexión en mezcla con nanotubos de carbono con diferentes dosis de aditivo PCE (MPa) a/c 0.4	138
<b>Figura 63</b> Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos y diferentes duraciones	139
<b>Figura 64</b> Resultados de asentamiento para diferentes dosis en mezclas de concreto con arcillas	140
<b>Figura 65</b> Resultados de asentamiento para mezclas de pasta de cemento con diferentes dosis de aditivo y cantidades de arcillas	141
<b>Figura 66</b> Resultados de asentamiento para una mezcla con arcilla calcinada y piedra caliza con diferentes dosis de aditivos superplastificante a base de policarboxilato	142
<b>Figura 67</b> Resultado de asentamiento para diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos.	143
<b>Figura 68</b> Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato y a/c	144
<b>Figura 69</b> Resultados de resistencia a la flexión en mezcla con nanotubos de carbono con diferentes dosis de aditivos PCE (MPa) a/c 0.4	145
<b>Figura 70</b> Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos y adiciones.	146

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Análisis de costo de los concretos con relación $a/c = 0.55$	20
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de la variable dependiente	74
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de la variable independiente	75
<b>Tabla 4</b> Relación entre variables	76
<b>Tabla 5</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 0%	81
<b>Tabla 6</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 2%	82
<b>Tabla 7</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 10%	83
<b>Tabla 8</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 30%	84
<b>Tabla 9</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (CC) con cemento Portland	85
<b>Tabla 10</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (CC) con cemento Puzolánico	86
<b>Tabla 11</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (SV) con cemento Puzolánico	87
<b>Tabla 12</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (SV) con cemento Puzolánico	87
<b>Tabla 13</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (AS) con cemento Portland	88
<b>Tabla 14</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (AS) con cemento Puzolánico	89
<b>Tabla 15</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BA) con cemento Portland	90
<b>Tabla 16</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BA) con cemento Puzolánico	90
<b>Tabla 17</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BS) con cemento Portland	91
<b>Tabla 18</b> Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BS) con cemento Puzolánico	92

<b>Tabla 19</b> Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 0%	93
<b>Tabla 20</b> Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 5%	94
<b>Tabla 21</b> Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 10%	95
<b>Tabla 22</b> Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 20%	96
<b>Tabla 23</b> Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 30%	97
<b>Tabla 24</b> Resultado de ensayo de escurrimiento (slump flow) para mezclas de concreto con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos	99
<b>Tabla 25</b> Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 22% de sólidos	100
<b>Tabla 26</b> Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 36% de sólidos	101
<b>Tabla 27</b> Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 53% de sólidos	102
<b>Tabla 28</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato CC	104
<b>Tabla 29</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato SV	105

<b>Tabla 30</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato AS	106
<b>Tabla 31</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BA	107
<b>Tabla 32</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BS	108
<b>Tabla 33</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato sintetizado con diferentes porcentajes de nanosílices	109
<b>Tabla 34</b> Resultados de ensayo de resistencia a la flexión en mezclas de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato sintetizado con diferentes porcentajes de nanosílices	110
<b>Tabla 35</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato. ( $a/c=0.37$ )	112
<b>Tabla 36</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto con aditivo superplastificante a base de policarboxilato con relación ( $a/c = 0.4$ )	113
<b>Tabla 37</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato más nanotubos. ( $a/c = 0.4$ )	115
<b>Tabla 38</b> Resultados de ensayo de resistencia a la flexión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato más nanotubos. ( $a/c = 0.4$ )	116
<b>Tabla 39</b> Resultados de ensayo de mini asentamiento a los 5 min de haber realizado la mezcla, para diferentes dosis de policarboxilatos en mezclas que contienen cemento de fosfato de magnesio (MPC)	117
<b>Tabla 40</b> Resultados de ensayo de mini asentamiento a los 30 min de haber realizado la mezcla, para diferentes dosis de policarboxilatos en mezclas que contienen cemento de fosfato de magnesio (MPC)	118

<b>Tabla 41</b> Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (0%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	122
<b>Tabla 42</b> Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (2%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	123
<b>Tabla 43</b> Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (6%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	124
<b>Tabla 44</b> Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (10%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	125
<b>Tabla 45</b> Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas calcinada – piedra caliza y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos	127

## RESUMEN

La investigación hizo referencia a diversos ensayos de asentamiento y resistencia del concreto recolectados de diversas investigaciones nacionales e internacionales con el objetivo de evaluar la mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, estos aportaron información teórica y experimental sobre dosis óptimas, la influencia de la pérdida de agua en la relación a/c, mejora de las propiedades mecánicas, y el incremento de la trabajabilidad debido a la compleja estructura química del policarboxilato. 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 fue experimental, longitudinal, retrospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto). Los resultados mostraron una mejora en las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido, el asentamiento mejoró hasta un 92%, alcanzando un asentamiento máximo de 250 mm, con dosis de 0.6% de policarboxilato. La resistencia a la compresión mejoró un 42% con dosis de 0.30% de policarboxilato (a/c 0.37), siendo la resistencia final 72 MPa. La resistencia a la flexión se incrementó en un 54% con una dosis de 0.4% (a/c 0.4), la mejor resistencia a flexión fue 12.03 MPa. Finalmente, el aditivo superplastificante a base de policarboxilato funciona como un fluidificante y reductor de agua brindando una mejora en las propiedades físico-mecánicas del concreto, debido a que, el efecto estérico genera mayor trabajabilidad y su buena capacidad plastificante permite una alta reducción de agua generando un incremento de la resistencia a compresión.

Palabras claves: Concreto fluido, aditivo superplastificante, policarboxilatos, trabajabilidad del concreto, propiedades físico-mecánicas.

## ABSTRACT

The research made reference to various concrete slump and resistance tests collected from various national and international investigations with the aim of evaluating the improvement of the physical-mechanical properties of fluid concrete with the incorporation of superplasticizer additives based on polycarboxylates, these provided information theoretical and experimental on optimal doses, the influence of water loss in the w / c ratio, improvement of mechanical properties, and increased workability due to the complex chemical structure of polycarboxylate. The research was documentary / bibliographic, where the reviewed studies used the deductive method, quantitative approach and applied orientation, descriptive, correlational and explanatory type descriptive level. The design was experimental, longitudinal, retrospective and a cohort study (cause-effect). The results showed an improvement in the physico-mechanical properties of the fluid concrete, the settlement improved up to 92%, reaching a maximum settlement of 250 mm, with a dose of 0.6% of polycarboxylate. The compressive strength improved by 42% with a dose of 0.30% of polycarboxylate (a / c 0.37), the final strength being 72 MPa. The flexural strength increased by 54% with a dose of 0.4% (a / c 0.4), the best flexural strength was 12.03 MPa. Finally, the polycarboxylate-based superplasticizer additive functions as a fluidizer and water reducer, providing an improvement in the physical-mechanical properties of concrete, because the steric effect generates greater workability and its good plasticizing capacity allows a high reduction of water. generating an increase in compressive strength.

Keywords: Flowable concrete, superplasticizer admixture, polycarboxylates, concrete workability, physical-mechanical properties.

## INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más importantes e indispensables en el rubro de la construcción, debido a la gran demanda y requerimientos cada vez más especializados se encuentra en continuo avance tecnológico. Hoy en día no solo se puede hablar de la mezcla de concreto convencional, sino también en la mayoría de los diseños se incluye un cierto porcentaje de aditivos, estos con la finalidad de modificar las propiedades en estado fresco del concreto y permitir un mejor rendimiento con menos recursos.

La presente tesis permite ampliar el conocimiento de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos en mezclas de concreto, logrando conocer la utilización de este aditivo en proyectos de construcción, puesto que se desarrolla una opción diferente a la convencional, optimizando la mano de obra, rendimientos y costos, introduciendo las nuevas tecnologías aportando mejoras en la industria de la construcción.

Las propiedades físico-mecánicas del concreto son indispensables para lograr un concreto funcional y de calidad en obras civiles, lo cual motiva este estudio para obtener construcciones basadas en resistencia y durabilidad, protegiendo los intereses de los constructores, clientes, y usuarios finales.

Se analiza la mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, estudiando las dosis óptimas de diferentes investigaciones, considerando relaciones a/c, policarboxilatos sintetizados y mezclas con aditivo más adiciones.

Esta investigación consta de seis capítulos. El primero, presenta el problema de la investigación, objetivos y delimitaciones; el segundo, describe el marco teórico el cual está basado en amplia información bibliográfica recopilada y estudiada con fines de procesar los resultados de ensayos realizados por diversos autores; el tercero, consta del planteamiento de las hipótesis y la operacionalización de variables; el cuarto, de la metodología empleada durante el desarrollo de la tesis; el quinto, presenta los resultados y sus

análisis. Finalmente, el sexto, presenta la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones logradas en este trabajo.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### 1.1. Descripción y formulación del problema

El concreto es el material más usado en la industria de la construcción, muy importante para lograr hacer realidad proyectos tales como casas, edificios, colegios, hospitales, estructuras viales, entre otros. Su gran versatilidad y trabajabilidad al momento de su uso lo convierte en la mejor opción a emplear, sus características más representativas como la resistencia, durabilidad y bajo mantenimiento hacen que sin lugar a duda hoy y a través de los años se mantenga como un material imprescindible en la construcción. “El concreto es el material fabricado por el hombre más utilizado de la historia. Solo el agua lo supera como el recurso más consumido en el planeta” (BBC, 2018)

El concreto está compuesto por distintos componentes tales como cemento, agua, agregados finos y agregados gruesos; sin embargo, particularmente la fabricación del cemento ocasiona considerables impactos negativos en el medio ambiente debido a las más grandes emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que esta industria genera en el mundo, agravando la contaminación ambiental con daños irreversibles, siendo nada sostenible para el planeta.

En el Perú, en el ámbito de la construcción existe mucha informalidad; “solo en Lima, el 70% de las viviendas son informales,” (MAESTRO, 2018), estos siendo de mala calidad debido a las autoconstrucciones, a la falta de supervisión al momento de la ejecución de las obras, construcciones sin el detalle pertinente o el estudio adecuado. Dentro del sector formal lo más usado suele ser el concreto premezclado para medianas y grandes edificaciones utilizándolo en elementos estructurales y en cantidades inferiores para albañilería.

Los avances tecnológicos del concreto en los últimos años se han visto muy innovadores en cuanto a nuevas formas de emplearlo, procesos constructivos, consistencias y resultados que se logran obtener, este interés surge debido a que los proyectos de construcción atraviesan por

un proceso de industrialización, que conlleva a obtener mayor productividad buscando máximas eficiencias, en consecuencia cumpliendo los cronogramas y plazos de ejecución adjudicados, por lo que la demanda del uso de nuevas tecnologías resulta ser necesaria y oportuna.

La trabajabilidad del concreto es un factor que está ligado a la fluidez o consistencia de este, por tal motivo, el interés de las nuevas tecnologías del concreto busca que este factor de trabajabilidad sea más usado y aporte mayor valor a esta industria, disminuyendo así algunos recursos utilizados convencionalmente como la mano de obra para el vaciado y vibrado del concreto por capas, así como también el tiempo demandado en la partida; esta optimización de recursos se visualiza en el análisis de precios unitarios de la partida antes mencionada.

Hoy en día, es imposible hablar de dosificaciones de concreto que no incluyan aditivos, estos conformados por distintos químicos que se aplican a la hora de realizar la mezcla para lograr obtener el resultado deseado, los mismos han ido evolucionando, pasando por diversas generaciones y todos únicamente para mejorar la producción y calidad del concreto bajo un cierto requerimiento. Actualmente existen una serie de aditivos clasificados de acuerdo con su función que ejercen, tales como: incorporadores de aire, reductores de agua, retardadores de fraguado, reductores de permeabilidad, modificadores de las propiedades reológicas del concreto, entre otros.

En países desarrollados como Estados Unidos y Japón el empleo del concreto premezclado no suele ser el más resaltante puesto que con el avance tecnológico que presentan empezaron con la aplicación del concreto fluido alrededor de los años 80, siendo estos una mejor opción para estructuras esbeltas, obras de arte con gran densidad de refuerzo ya que al presentar los aditivos superplastificantes la mezcla de concreto se vuelve más trabajable, no necesita ser vibrado, los agregados no sufren segregación y en consecuencia se elimina radicalmente los vacíos.

Esta investigación estudia al concreto fluido producto de la incorporación de aditivos superplastificantes, basados en polycarboxilatos, centrandose en cómo estos aditivos de distintos tipos y generaciones mejoran las propiedades físico-mecánicas del concreto, ya que los superplastificantes logran una mayor trabajabilidad en estado fresco, convirtiendo a la mezcla en una consistencia más fluida capaz de utilizarse en cualquier tipo de estructuras, sobre todo en las que presentan gran densidad de refuerzo, de baja relación agua cemento (a/c), de importantes resistencias y de alta durabilidad, cabe resaltar que actualmente los diseños de mezcla se basan en obtener mayor durabilidad.

#### 1.1.1. Problema general

¿En qué medida los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos influyen en las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido?

#### 1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la dosis de los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos influyen en el asentamiento del concreto fluido?
- b) ¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la resistencia del concreto fluido?
- c) ¿Cómo influyen los distintos tipos de polycarboxilatos con diversas adiciones (tipos de cementos, arcillas, piedra caliza) en la mezcla de concreto fluido?

### 1.2. Objetivos de la investigación

#### 1.2.1. Objetivo general

Analizar los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la dosis de los aditivos superplastificantes, a base de polycarboxilatos, que se emplean en las mezclas de concreto fluido para mejorar el asentamiento.
- b) Analizar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del concreto fluido a base de polycarboxilato.
- c) Analizar el comportamiento de los distintos tipos de polycarboxilatos con diversas adiciones (tipos de cementos, arcillas, piedra caliza) en la mezcla de concreto fluido.

### 1.3. Delimitación de la investigación

#### 1.3.1. Geográfica:

La investigación se realiza en Lima – Perú.

#### 1.3.2. Temporal:

La investigación se realiza en el año 2020.

#### 1.3.3. Temática:

La investigación planteada presenta como temática central al estudio de la variable independiente que son los aditivos superplastificantes, para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido.

#### 1.3.4. Muestral:

La muestra de estudio en la presente investigación son los ensayos de asentamiento, compresión y flexión realizados en los artículos de referencia.

### 1.4. Justificación del estudio

La presente tesis nos permite ampliar el conocimiento de los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos en mezclas de concreto,

modificando sus propiedades físico-mecánicas. A partir de la investigación se podrá conocer y valorar la utilización de este aditivo en obras de pequeña, mediana y gran envergadura, puesto que se desarrolla una opción diferente a la usada convencionalmente, la cual permitirá optimizar diversos recursos como la mano de obra, rendimiento y parte del costo; introduciendo poco a poco las nuevas tecnologías y aportando mejoras en la industria de la construcción.

"Los superplastificantes representan el avance más significativo en la tecnología del concreto en los últimos años. Entre todas las clases de superplastificantes, los policarboxilatos son los más investigados, impulsados por una demanda comercial de la industria." (Aicha, 2020, p. 8)

#### 1.4.1. Conveniencia

La investigación resulta ser conveniente para el sector de la construcción, ya que, al hablar del concreto, se habla de un material indispensable el cual debe estar sujeto a continuas investigaciones para ofrecer mejoras en cuanto a la tecnología del mismo.

#### 1.4.2. Relevancia social

La investigación trasciende y sobresale para la sociedad porque el propósito es de mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto para en consecuencia obtener construcciones de calidad, basados en resistencia y durabilidad, protegiendo los intereses de los constructores, clientes, y usuarios finales.

Adicionalmente, de acuerdo con el artículo 16 de la norma GE. 030 se precisa que para la selección del Constructor se deberá basarse en criterios técnicos y de calidad: "Propuesta para mejorar la calidad del producto de la construcción" (NORMA GE.030, 2006)

#### 1.4.3. Aplicaciones prácticas

Esta investigación ayudará, sirviendo de referencia para posteriores investigaciones experimentales y documentales las cuales se traten de concreto fluido, en las cuales se deba utilizar la información estudiada.

#### 1.4.4. Utilidad metodológica

La investigación consta de estudios relevantes a cerca del concreto fluido, por tal motivo esta servirá para crear nuevas investigaciones y con ellas hacer una completa recolección de datos.

#### 1.4.5. Valor teórico

El presente trabajo aportará conocimiento acerca del concreto fluido y posibles ideas para futuras investigaciones como por ejemplo el análisis exhaustivo de los costos optimizados, por el empleo del concreto fluido.

### 1.5. Importancia del estudio

La presente investigación es de gran interés porque se caracteriza por mejorar y ampliar el conocimiento, relacionado a las propiedades físicas y mecánicas del concreto fluido gracias a la incorporación de aditivos superplastificantes, siendo de forma sistemática ya que se reúne información de diversas fuentes las cuales son estudiadas, interpretadas y contrastadas; con la finalidad de crear conocimientos.

### 1.6. Limitaciones del estudio

El estudio está limitado al tema del concreto fluido por la incorporación únicamente de aditivos superplastificantes, y no así a la serie de aditivos que presentan otras características y están sujetos a otros requerimientos.

No se realiza ensayos de laboratorio, visitas a campo, visitas a plantas de concreto porque al ser una investigación documental o bibliográfica, se encuentra limitada por fuentes bibliográficas obtenidas en su mayoría virtualmente; tales como, libros, documentos científicos, especificaciones técnicas, normas, entre otros.

#### 1.7. Alcance

El alcance de la investigación llega hasta obtener suficiente estudio de los aditivos superplastificantes con referencia a las propiedades físicas y mecánicas en la fase endurecida del concreto fluido, además se hacen recomendaciones sobre los rangos de aditivo a emplear bajo un cierto requerimiento.

#### 1.8. Viabilidad del estudio

La investigación es viable porque existe basta información, principalmente en el ámbito internacional, información a la cual se tiene acceso gracias a los, medios digitales, entre otros que nos permitirá realizar una tesis documental de información provechosa para nuestro país.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco histórico

El concreto ha sido por varios años el material más usado para la industria de la construcción por las propiedades que contiene, desde la trabajabilidad en su estado fresco hasta la resistencia y durabilidad en su estado endurecido, no obstante, su composición ha ido variando con el pasar de las generaciones, buscando nuevos materiales adicionales, alguno de ellos nuevos áridos inertes finos y otros de gran composición química que pueden provocar diferentes reacciones en la mezcla, como fluidificarla, retardar su fraguado, aumentar su capacidad de impermeabilización al endurecer, acelerar el tiempo en el proceso del fraguado, disminuir estrictamente la exudación, entre otros.

Se sabe que nuestros antepasados desde los primeros tiempos las únicas formas de construir y lograr la forma de un elemento estructural eran mediante el tallado de grandes piedras en la geometría deseada, numerosas culturas jóvenes utilizaban este método de construcción.

Existen estudios en la historia sobre los primeros usos de materiales combinados, para lograr una mezcla semejante a lo que hoy se conoce como hormigón:

Ya en la época del Paleolítico y del Neolítico la técnica de la construcción mejoró y el hombre comenzó a unir piedras por el método llamado de los muros de “mampostería en seco”, que consiste en la colocación de piedras en hileras horizontales procurando que su unión sea lo más homogénea posible, siempre y cuando lo permita la morfología de las propias piedras, conformando muros sin el uso de ningún tipo de conglomerante, lo cual multiplica la aparición de gran cantidad de tensiones en las uniones entre piedras y provoca en muchos casos la rotura de las mismas. (Nistal et al., 2012, p. 4)

Posteriormente a lo mencionado, se comenzó a utilizar un material a base de arcilla apisonada como mortero, la cual, junto con canto rodado,

servía para dispersar toda la carga uniformemente a través de la estructura.

Nistal y col. (2012) informan sobre la historia que:

Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros). Este mortero poseía unas propiedades físicas y mecánicas prácticamente idénticas a las que posee el hormigón utilizado en las construcciones erigidas en la actualidad, y era utilizado en la construcción de estructuras enormes que han probado ser muy duraderas con el paso de los siglos.

Posteriormente y antes de la aparición del concreto armado, se designó a John Smeaton uno de los padres de la ingeniería moderna, la construcción del faro de Eddystone, la cual tuvo varios intentos que fallaron para la construcción de este. Fue entonces que Smeaton: “observó que la puzolana tenía todavía unas cualidades hidráulicas superiores a las de la cal gris gracias a la combinación de sus componentes mayoritarios; óxido de calcio (cal) y silicato de aluminio (arcilla)”. (pág. 5)

Este descubrimiento dio inicio al concreto moderno, y sobre el cual ya comienzan a experimentarse nuevos tipos de adiciones, denominados aditivos para desarrollar diferentes comportamientos en el concreto haciéndolo más fluido, mejorando su trabajabilidad, otras mejorando su resistencia, incluso también el tiempo de fraguado, entre otros.

En cuanto al concreto fluido el aditivo de mayor interés son los plastificantes, el cual ha pasado a través del tiempo por evoluciones marcadas por generaciones y por cierto porcentajes en la reducción del

agua necesaria para la dosificación de una mezcla de concreto, por ellos son bastante conocidos también como reductores de agua. En la actualidad a este tipo de aditivos se le conoce como superplastificantes desarrollados a base de policarboxilatos con una estructura química de cadena lateral alargada en la columna vertebral del componente químico.

Basándonos en la historia de los plastificantes:

En los años 30 se desarrolló la primera generación de aditivos para el mundo del hormigón a base de lignosulfonatos. Los lignosulfonatos se obtienen del proceso secundario de la extracción de la celulosa de la madera. Generalmente tienen que ser tratados con el fin de reducir su contenido en azúcares para contrarrestar su efecto retardador. (Valverde et al., 2016)

Este aditivo permitía una reducción de agua del 10% en la mezcla de concreto, de la misma forma podía tener mayor fluidez utilizando la misma relación agua cemento que un concreto convencional, lo que mejoraba su trabajabilidad.

Seguidamente en los años 60, muy próximo, se desarrolló una nueva generación denominados Naftalenos Sulfonatos, la cual nace en Japón, producto del refinado del carbón, este aditivo ya lograba mejorar la fluidez sin variar si quiera la relación agua/cemento, tiene una capacidad de reducción de agua de 20% y la resistencia mejora considerablemente.

Además de los naftalenos sulfonatos aparecieron los condensados de melamina “están basados en polímeros sintéticos. Confieren una reducción similar de agua a la de los aditivos basados en Naftalenos y su característica fundamental es que las resistencias a edades tempranas son más elevadas.” (Valverde et al., 2016).

En la tercera generación nace una tecnología desarrollada con polímeros sintéticos, tales como el copolímero de vinilo, llegando a proporcionar una plasticidad mucho mayor y una reducción de agua de 30% en la mezcla, la trabajabilidad que logra es muy buena, este tipo de aditivo ya

son considerados superplastificantes, su combinación con otros aditivos no altera la función de estos aditivos.

Finalmente, en la actualidad se cuenta con una tecnología de aditivos superplastificante a base de polycarboxilatos:

Valverde y col. (2016) describen que:

Estos aditivos son los primeros que permiten confeccionar Hormigones Autocompactantes. En general las moléculas de aditivos acrílicos le confieren al hormigón, a modo de resumen, las siguientes características:

- Elevada reducción de agua
- Gran cohesión
- Tiempo de manejabilidad muy superior a la de los superplastificantes convencionales
- Gran impermeabilidad
- Excelentes acabados superficiales

(pág. 7)

En la actualidad, el estudio de los polycarboxilatos se ha ido profundizando según el objetivo esperado por este, ya sea en la reducción de agua requerida, el asentamiento inicial o tiempo de mezclado. Esto se refiere a un diseño más especializado del concreto logrando resistencias muy tempranas, trabajabilidades más duraderas sin la necesidad de un aditivo retardante y otros beneficios como mayor capacidad de bombeo de la mezcla de concreto, mejores acabados, entre otros beneficios.

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1. Investigaciones internacionales

El concreto fluido es una tecnología que se viene utilizando internacionalmente, comprende estudios e investigaciones de gran valor a la industria y que afirman la gran conveniencia del empleo de aditivos superplastificantes al momento de diseñar un concreto fluido.

Los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos, permiten la reducción de agua de mezcla de hasta un 40%, manteniendo la trabajabilidad y resistencia.

Vasconcelos Cavalcanti (2013) indica lo siguiente, respecto a los aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos:

Estos aditivos aportan también un aumento considerable de la fluidez de los hormigones, por lo que permite su uso en hormigones fluidos-autocompactantes y permite reducir una gran cantidad de agua en las mezclas, posibilitando el uso de hormigones de alta resistencia, buena trabajabilidad y durabilidad. Los polycarboxilatos actúan por repulsión estérica, ya que por su ionización no es suficiente para promover una repulsión eléctrica considerable. Tienen moléculas más largas, más robustas y con ramificaciones que contribuyen a la dispersión de las partículas de cemento, entendiéndose que cuanto mayor es el tamaño de la cadena, más fluida es la mezcla.

“Los polycarboxilatos se basan químicamente en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico, que poseen largas cadenas laterales a diferencia de los plastificantes tradicionales. La capacidad reductora de agua o poder plastificante, es incrementado drásticamente (hasta 40 % de reducción en el agua de mezclado).” (García Rojas y Guerrero Contreras, 2009, p. 145).

Para las mezclas de concreto fluido de alta resistencia, los agregados gruesos cumplen con ciertas especificaciones.

Reina Cardoza, Sanchez Blanco y Solano Quintanilla (2010) indica lo siguiente:

Los agregados gruesos deben ser triturados y deben estar en un rango de tamaño máximo nominal de (3/8 a 1/2) pulg, para lograr resistencias elevadas; las rocas duras y densas trituradas como la caliza, dolomita y rocas ígneas de tipo plutónico (granito, sienita, diorita, gabro, etc.), han sido utilizadas con éxito como agregado grueso en aplicaciones de concreto de alta resistencia. La forma del agregado cumple un papel importante, eligiendo primordialmente rocas trituradas de forma cúbica, puesto que las planas o alargadas son débiles y tienden a producir mezclas duras que requieren más agua o aditivo superplastificante para lograr la trabajabilidad requerida.

También se debe considerar la compatibilidad del cemento con el aditivo superplastificante, si bien el aditivo es muy ventajoso para obtener un concreto fluido, también se puede dar el caso de que este sea incompatible con el cemento, ocasionando pérdida de fluidez, retrasos en el fraguado, segregación en el mortero, entre otros.

Puertas Maroto y Palacios Arévalo (2011) indica lo siguiente:

Pese a los beneficios de la utilización de los aditivos de tipo PCE en las mezclas de concreto, en la práctica, la utilización de estos aditivos causan en ocasiones efectos anómalos e indeseables, como: la pérdida rápida de la trabajabilidad, la segregación de la pasta, o excesivos retrasos en el fraguado; siendo considerado incompatible aditivo-cemento, siendo los factores causales los siguientes: Factor asociado a los aditivos, factor asociados al cemento, factores asociados a las condiciones de ensayo.

En una investigación realizada en España, se realizó un estudio de concreto fluido con la incorporación de diversas adiciones entre ellas predominaban los nanosílices, una tecnología muy avanzada de hiperplastificantes, esto

permite una reducción de agua muy alta; sin embargo, la necesidad del agua para hidratar el cemento siempre será indispensable. “El contenido óptimo de superplastificante varió para cada una de las mezclas realizadas, siendo este en el cual se encontró la trabajabilidad adecuada para cada mezcla.” (Rogontino, 2018, p. 56).

Nos damos cuenta que con el más mínimo cambio de sustancia en la mezcla de concreto como diferentes tipos de nanosilices, la cantidad óptima de superplastificante también cambia, por ello la importancia de los ensayos y un estudio especializado en cuanto a la dosificación de este tipo de concretos.

### 2.2.2. Investigaciones nacionales

En el ámbito nacional el concreto fluido con la incorporación de fluidificantes se limita mucho a los concretos autocompactantes, una tecnología que fue desarrollada en Japón a finales de los años 80, desde entonces su utilización no ha sido constante, su baja demanda podría deberse a la complejidad de su diseño, sin embargo, ha tenido mayor cantidad de estudio a lo que concreto fluido se refiere.

A primera instancia se puede dar a conocer a base de las investigaciones nacionales que en el Perú el concreto fluido no es muy tradicional, puesto que esta tecnología demanda de un diseño cuidadoso y de alta especialización, por lo tanto, requiere de su distribución de manera industrial para asegurar la calidad del concreto al cliente que lo solicite.

El uso de superplastificantes es una opción de ahorro económico, puesto que al reducir la cantidad de agua necesaria para la mezcla, se reduce también la cantidad de cemento (relación agua-cemento), este precio se ve equilibrado con los costes del aditivos superplastificantes de última generación, de la misma forma este es un concreto que mejora el rendimiento de la mano de obra, requiriendo menor cantidad de personal y equipos como vibradores

para la compactación y eliminación de vacíos del mismo. Ahora es fundamental mencionar también que el concreto fluido al no requerir vibradora o la necesidad de que se eliminen los vacíos por un agente tercero (vibradora), este, obtiene una mejora acabado al momento de desencofrado, lo que puede reducir trabajos post vaciados dependiendo del acabado que se requiera en la estructura.

Garay y Quispe (2016) hablan sobre la informalidad en la construcción en el país, realizaron un estudio del concreto producido en los lugares populares de Lima:

Este presenta problemas de control de calidad, en donde demuestra que la calidad de estos concretos está por debajo de lo requerido por las normas vigentes; esto se debe a las malas prácticas que se tiene en el procedimiento y elaboración del concreto hecho en obra. Los materiales que utilizan en las obras informales no se cuantifican ni califican; en la producción del concreto lo único que es constante es la cantidad de cemento (una bolsa por cada tanda). El mismo proceso se repite en muchas construcciones de Lima.

En promedio, la cantidad de agua en la mezcla fue 38.3 litros por bolsa de cemento; sin embargo, al realizar los diseños de mezcla teóricos por el método del ACI, la cantidad de agua necesaria corresponde a un promedio de 31 litros de agua por bolsa de cemento. Este exceso de agua en la mezcla afecta considerablemente la calidad del concreto; si bien es cierto, aumenta su manejabilidad, pero disminuye su resistencia. (pág. 87)

El aditivo superplastificante, también llamado reductor de agua, tiene la posibilidad de aumentar la manejabilidad del concreto de una manera impresionante sin afectar la resistencia del mismo, incluso si el diseño es adecuado y debidamente optimizado entre relación mezcla/aditivo, esto podría incluso reducir el coste del

concreto, en Puno se obtuvo como resultado la comparación de precios que se puede obtener con el uso de los superplastificantes:

Coapaza y Cahui (2018) describieron:

Respecto al costo unitario de materiales, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la adición del aditivo superplastificante en el concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  incrementa considerablemente el costo unitario de materiales (desde un 8.71% hasta un 17.45%, según la cantidad de aditivo superplastificante).

De la misma forma, en aquella investigación se determinó que, a los 28 días de edad la adición del aditivo superplastificante en el concreto producido en techos de viviendas autoconstruidos aumenta la resistencia a la compresión en (71.92%, 80.10% y 58.10%, para las dosis de 0.70%, 1.05% y 1.40% del peso del cemento), y por ende mejora su resistencia a la compresión. (pág. 149)

De esta manera podemos darnos cuenta de que los aditivos superplastificantes, no solamente dan mayor trabajabilidad, sino que también dan mayor resistencia y por ende durabilidad al elemento que se vaya a formar con dicha mezcla de concreto.

Al mencionar durabilidad en el concreto, aparece en contexto el factor climático, debido a que depende mucho las condiciones y el contexto en la cual se va a utilizar la mezcla, habiendo comparado la resistencia anteriormente con un clima frío como el de Puno, tenemos también otro dato en un clima más cálido y seco como lo es en Cajamarca:

Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, el mayor incremento de resistencia a compresión se logró combinando aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con

Cemento Pacasmayo tipo I, mayor en 11.00% que su respectivo grupo de control y mayor en 24.80 % respecto a la resistencia a la compresión especificada. El costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue mayor en 14.03% que el costo de la mezcla de los grupos experimentales, con aditivo superplastificante. (Bernal, 2017, p. 99)

De la misma forma evidenciamos nuevamente que el concreto fluido con la incorporación de superplastificante nos da un beneficio tanto en la resistencia, como en la durabilidad, incluso en reducir los costos de la mezcla.

Esta reducción de costo considerable se refleja en la cantidad de cemento que se utiliza, siendo el cemento uno de los materiales más costosos en una mezcla de concreto. Lo que el superplastificante permite es reducir la relación agua/cemento, al reducir el agua, se requiere también una menor cantidad de cemento, los resultados dependen mucho de las proporciones de los materiales y es debido a esto a que se puede optimizar las proporciones para lograr los objetivos de interés por parte del concreto. (Ver tabla N°1).

**Tabla 1** Análisis de costo de los concretos con relación a/c = 0.55

Insumo	Und.	Precio Unitario	Concreto sin aditivo superplastificantes		Concreto con aditivo superplastificante	
			Cantidad	Parcial	Cantidad	Parcial
Cemento Sol Tipo I	kg	0.459	441	202.42	391	179.47
Agua	L	0.002	244	0.49	215	0.43
Arena SM quebrada rio seco	kg	0.024	783	18.78	839	20.13
Piedra huso 67 Jicamarca	kg	0.034	809	27.52	867	29.49
Aditivo Superplastificante (Rheobuild 1000)	L	5.932	0	0	2.35	13.92
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 249.21</b>		<b>S/ 243.43</b>

Fuente: Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales, por Gutierrez (2018, p. 63)

En la ciudad de Ayacucho se realizó un estudio sobre el concreto autocompactante empleando los aditivos superplastificantes:

Con el uso del aditivo superplastificante se pudo obtener un concreto autocompactante de alta resistencia llegando hasta una resistencia de  $F'c=466.50\text{kg/cm}^2$  con un diseño plasmado para un  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  y con mejores características. El concreto autocompactante en comparación económica con un concreto convencional con un diseño para una resistencia de  $F'c=400\text{kg/cm}^2$ , es mucho más factible ya que se tiene S/. 85.00 soles menos por  $\text{m}^3$  que el concreto convencional. (Huamaní Huarancca, 2018, p. 117)

### 2.2.3. Artículos relacionados con el tema

Un tema muy importante para las mezclas de concreto consiste en el diseño óptimo de agregados, cemento, agua y aditivo, este último es el compuesto químico capaz de lograr grandes cambios a las propiedades de la mezcla en estado fresco y endurecido.

La función de los aditivos superplastificantes, básicamente son para reducir el agua de mezcla, aportar mayor trabajabilidad, aumentar la resistencia en estado endurecido, a pesar de tener una relación a/c reducida en comparación a otros diseños que alcanzan la misma resistencia.

Young Yoon y Hong Kim, (2018) en un artículo afirma que:

La adición de aditivos a base de policarboxilato provoca la dispersión de partículas en materiales cementosos y mejora su fluidez. Las estructuras poliméricas de los policarboxilatos logran la reducción del agua y el mantenimiento de la consistencia. Existe una tendencia en la relación entre las estructuras poliméricas y el rendimiento resultante, pero su diseño óptimo apenas se obtiene debido a la incertidumbre en las estructuras poliméricas, así como en las composiciones de cemento. (p.1)

Huang y col. (2017) en su artículo menciona lo siguiente:

Comparado con el reductor de agua tradicional, el agente reductor de agua policarboxílico exhibe las ventajas de alta tasa de reducción de agua, fluidez de la pasta de cemento, etc. La estructura del agente reductor de agua policarboxilatos molecular es de tipo peine. El agente reductor de agua se puede usar en el diseño molecular porque tiene una alta tasa de reducción de agua, baja dosificación, buena estabilidad al asentamiento y tiene un gran potencial para aumentar la resistencia. En los últimos años, ha atraído la atención de muchos investigadores. El agente reductor de agua puede bloquear o destruir la estructura de floculación granular del cemento, a través de la función de superficie, la complejación, la fuerza de repulsión electrostática y la fuerza de repulsión estereo. En la actualidad, el agente reductor de agua de policarboxilato contribuye a mejorar la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y el mantenimiento del rendimiento y el precio de coste. Con el desarrollo del agente reductor de agua policarboxilato y la investigación de la relación

entre estructuras y actividades, la aplicación del agente reductor de agua policarboxilato será más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. El agente reductor de agua de policarboxilato debe desarrollarse para satisfacer las necesidades del desarrollo de concreto de alto rendimiento, como alta retención de dispersión, alta retención de asentamiento y alta resistencia inicial, etc. (p.1)

Líneas abajo el autor mencionado nos amplía y detalla cómo debemos aprovechar los beneficios de los aditivos superplastificantes, en su artículo también nos indica sobre la dosis máxima a emplear y que es lo que podría ocurrir con la mezcla si utilizamos más de la dosis indicada.

Ben Aicha, (2020) nos informa lo siguiente:

Los aditivos superplastificantes se pueden aprovechar de 2 maneras: 1. Para reducir la cantidad de agua, aumentar la resistencia mecánica, reducir la permeabilidad y mejorar la durabilidad. 2. Dispersar las partículas de cemento con el mismo volumen de agua para aumentar la consistencia y trabajabilidad. Las interacciones entre los superplastificantes y el cemento se fueron estudiando durante muchos años, indicando que la cinética de adsorción de los superplastificantes en la superficie de las partículas de cemento es la base de la defloculación y dispersión de los granos de cemento. La amplitud de los efectos estéricos y electrostáticos varían según el tipo y las masas molares de los superplastificantes. La amplitud e importancia varía según las características de adsorción del polímero, ejemplo: Su estructura molecular, carga inducida o masa molecular. La dosis crítica correspondiente al punto de saturación es del orden del 1% y el grado de fluidez para esta dosis crítica es del orden de 22s. Más allá del punto de saturación, la adición de superplastificantes no mejora la fluidez de la lechada, pero aumenta el riesgo de sedimentación y retrasa el tiempo de fraguado del cemento. La mejora de las propiedades

mecánicas del concreto se debe a la liberación del agua entre las partículas de cemento y el aumento de las películas de agua que recubren las partículas de la mezcla. (p.1)

Lee (2018) en un artículo menciona que:

Los policarboxilatos de las mezclas químicas se adsorben en la superficie de la partícula de cemento y el grado de adsorción está relacionado con el rendimiento del hormigón. Al medir el carbono orgánico total (COT), demostramos que la cantidad de carbono consumido es constante independientemente de la existencia de agregados. Este resultado nos permite considerar el efecto de la inclusión de agregados en una pasta de cemento superplastificado. En un enfoque multiescala, el hormigón o mortero se considera una suspensión de agregados en pasta de cemento. El exceso de capa de pasta que cubre los agregados en materiales a base de cemento se considera que toma una propiedad del material del espesor de la capa además de la fracción de volumen de los agregados. Finalmente, el límite elástico del mortero u hormigón se puede predecir asumiendo que el espesor de la capa es constante independientemente de la fracción de volumen agregado. Las variables para el modelo propuesto fueron la fracción de volumen y el espesor de la capa de pasta de los agregados en mortero u hormigón. Sus efectos sobre el límite elástico se consideraron evaluando la fracción de volumen efectivo. Una pasta más delgada trajo un espesor de capa más bajo y luego una fracción de volumen efectivo más bajo, lo que resultó en un límite elástico más bajo del concreto. Posiblemente se desarrolló una relación entre la dosis de PCE y el espesor de la capa para el modelo de ley de potencia que predice el límite elástico del hormigón. (p.1)

Podemos notar que el estudio de los policarboxilatos, van desde su estudio en el concreto, con diferentes adiciones y contenidos, involucrando la estructura química del aditivo, considerando

temperaturas, densidad de cargas, considerando los agregados y como afectan, sintetizando el aditivo, modificando su estructura química y un sinnúmero de estudios para predecir el comportamiento, propiedades y mejorar las bondades de este aditivo superplastificante de última generación.

Tregger y col. (2012):

Las características clave del hormigón autocompactante son fluidez, resistencia a la segregación y habilidad de pase. El control de calidad de la fluidez se predice típicamente por el diámetro final. En este estudio se correlaciona el tiempo necesario para alcanzar el diámetro final de la prueba de asentamiento con la segregación dinámica y la relación de agregado a aglutinante. Se demostró que la prueba de asentamiento es capaz de indicar resistencias de segregación dinámica además de la fluidez. Esto refuerza la prueba de asentamiento como una prueba de control de calidad más completa para el SCC.

Kismi y col. (2012)

La trabajabilidad de la mezcla de concreto asegura su correcta colocación evitando la segregación de áridos, se desarrolló un método basado en el análisis de los resultados de las pruebas de mini-cono y cono de Abrams, para optimizar el volumen de ligante y minimizar la fracción de agua de la mezcla. Los resultados experimentales obtenidos a través de este estudio permitieron determinar una relación analítica entre el contenido mínimo de agua requerido por la mezcla y cuantificar la influencia del relleno de piedra caliza y el contenido de superplastificantes.

Benaicha y col. (2019) realizaron un estudio a cerca de la reología y la resistencia a la compresión del hormigón autocompactante.

Se estudió la relación entre la reología y la resistencia a la compresión del hormigón autocompactante (SCC). Las mezclas de hormigón contenían 8 dosis diferentes de superplastificantes. La reología se mide mediante el asentamiento, el embudo en V, la caja en L, el límite elástico y la viscosidad plástica. La relación a/ligante (cemento+relleno piedra caliza) = 0.37, resistencia máx 28 días 73.48 MPa

La tecnología del concreto está en continua investigación y uno de los temas principales a estudiar son a cerca de los distintos aditivos, que en este caso nos referimos a los aditivos superplastificantes, donde ofrecen novedosas opciones para resolver el problema de la alta viscosidad en el concreto.

Janowska Renkas, (2015) nos informa lo siguiente:

Numerosos autores han demostrado que las diferentes eficiencias de los superplastificantes policarboxílicos están relacionadas con sus estructuras químicas y particularmente con el tipo, longitud y disposición del esqueleto y cadenas laterales, así como con la presencia de grupos funcionales.

La tecnología del hormigón de alto rendimiento, con la creciente demanda de mayor durabilidad, fue posible gracias a la inclusión de superplastificantes de nueva generación por la industria japonesa en los años 90. Estos superplastificantes son derivados policarboxílicos (PC) adecuados, en particular derivados poliacrílicos (PA) polimaleicos (PM), poliéteres (PE), copolímeros de ácido acrílico, éster acrílico (CAE) y éter poliacrílico (PAE).

En el artículo, se analiza la eficacia de los superplastificantes policarboxílicos (derivados de los ácidos acrílico (SP-A, SP-B) y maleico (SP-C, SP-D)) después de la esterificación con polioxietilenglicoles (PEG) en pastas de cemento. La estructura química de los superplastificantes es definida mediante cromatografía de permeación en gel (GPC) y espectroscopía

infrarroja transformada de Fourier (FTIR). Según los resultados experimentales los superplastificantes derivados del ácido maleico presentan mayor masa molar y se construyen a partir de cadenas polimaleicas de columna vertebral y cadenas de polioxietileno laterales muy largas. Se muestra que los superplastificantes acrílicos presentan una masa molar más baja y se construyen a partir de cadenas de esqueleto poliacrílico y un mayor número de cadenas laterales de polioxietileno más cortas. Se demuestra que los superplastificantes basados en derivados del anhídrido maleico (SP-C y SP-D) son más eficientes que los superplastificantes derivados del ácido. (p. 2)

Macijauskas y Skripkiūnas (2017) estudiaron que:

Se investigó 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, se utilizó 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 ( $W / C = 0.30$ ) 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 amasado hasta el margen de 90 min, el mejor efecto plastificante y su retención lo consigue el superplastificante SP2. Dosis recomendada de SP2: de 0,6 a 0,8%. (p.1)

Existen diferentes estructuras químicas para los policarboxilatos, tanto en carga molecular, cadena principal y cadenas laterales más largas o más corta, con diferente densidad de carga, etc. Logrando diferentes efectos en el concreto.

Sha y col. (2020) presentan que:

El policarboxilato con baja densidad de carga tiene una dispersión inicial pobre pero una buena retención de asentamiento, mientras que el policarboxilato con alta densidad de carga exhibe una mayor adherencia por adsorción en la superficie de las partículas de cemento, por lo que muestra una buena dispersión inicial pero una mala retención del asentamiento en materiales a base de cemento. El efecto de retardo del policarboxilato sobre la hidratación del cemento aumentó con el aumento de la longitud de la cadena principal. El policarboxilato con cadenas laterales largas muestra una mayor retención de asentamiento; El policarboxilato con gran peso molecular produce hormigones muy fluidos. De hecho, la densidad de carga, la longitud de la cadena lateral y la longitud de la cadena principal de policarboxilato pueden presentar un efecto sinérgico, restringir, cruzar o colisionar en el rendimiento de la pasta de cemento. El policarboxilato con cadenas principales cortas, cadenas laterales largas y alta densidad de carga exhibe una capacidad de súper dispersión. El policarboxilato con grupos amida / imida en la cadena lateral puede reducir significativamente la tensión superficial de la solución, mejorar la capacidad de incorporación de aire, la retención de burbujas y la resistencia a las heladas del hormigón. (p.1)

Antoni y Halim (2017) en un artículo afirman que:

En un estudio para evaluar el efecto de superplastificante sobre la fluidez, el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión

resultante, se utilizaron cinco marcas de superplastificantes a base de policarboxilatos diferentes y dos tipos de cemento, cemento Portland ordinario y cemento puzolana Portland. La adición de superplastificante mejora la fluidez de la mezcla de mortero. Sin embargo, existe una dosis óptima para cada contenido de agua. El uso excesivo de superplastificante provoca sangrado y segregación. El aumento de la fluidez aumenta la resistencia a la compresión hasta cierto punto. La dosis óptima depende del superplastificante y del tipo de cemento. La resistencia a la compresión se reducirá con el uso excesivo de superplastificante. La diferencia en fluidez y ganancia de resistencia también se ve afectada por el tipo de cemento utilizado. El mortero de cemento Portland con Puzolana tiene mayor fluidez en comparación con el de cemento Portland ordinario, pero tiene menor resistencia a la compresión para la misma relación agua-cemento. (p. 1)

Abile y col. (2018) en su artículo:

Se preparó tres conjuntos de tres polímeros cada uno por esterificación de tres ácidos poliacrílicos de tamaño similar, pero de constitución diferente. Dentro de cada conjunto, las condiciones de reacción se han ajustado para promover una pérdida de función ácida más o menos acentuada. Los PCE resultantes tienen todos la misma estructura y conformación, pero difieren sustancialmente en la densidad de carga. La característica molecular así aislada se ha estudiado a través de su impacto en el grado y la velocidad de adsorción, la estabilidad química, las características calorimétricas y reológicas de la pasta de cemento. La densidad de carga de los éteres de policarboxilato (PCE) es el impulsor de la adsorción de estos polímeros en la superficie del cemento Portland hidratante, que es el paso necesario para que el PCE disperse y plastifique los materiales a base de Portland. Los PCE estables con estructura de peine comparable y alta densidad de carga, como PC-28.155,

dan como resultado una adsorción rápida y sustancial, una fuerte reducción de agua y un impacto macroscópico en la calorimetría de hidratación del cemento, es decir, cambio de forma, retardo más prolongado y exotermicidad comparable a pasta desprovista de plastificante. Los polímeros estables de menor carga experimentan una adsorción moderada, tanto en velocidad como en extensión, tienen un rendimiento significativamente menor en la reducción de agua y retardan menos la hidratación del cemento. (p. 1)

La información que nos proporciona Antoni y Abile en los párrafos anteriores nos abre un nuevo campo de estudio, que es la dosificación en la cantidad de aditivo a utilizar en los diseños de concreto. Notaremos que la dosificación de superplastificantes en mezclas de concreto tiene mucha variación y dependencia de los agentes extras que puede incluir el concreto en conjunto. Para lograr una predicción y objetivo de la mezcla del concreto su diseño se acompleja día a día por no solo buscar un concreto fluido y manejable, sino también acelerado o retardado en fraguar, con mayor impermeabilidad, incorporadores de aire, entre otros.

Lin y col. (2019) en su artículo nos informa que:

Los superplastificantes de policarboxilato de liberación sostenida (SP) reticulados son una alternativa superior a los SP de policarboxilato de tipo peine debido a que ofrecen una alta fluidez y un buen efecto de retención para la lechada de concreto. En este contexto, se sintetizaron una serie de superplastificantes de policarboxilato reticulados utilizando ácido acrílico, metilalil polioxietilén éter y cuatro reticulantes diferentes que contienen grupos éster, respectivamente. La diferencia clave entre estos cuatro reticuladores es su peso molecular porque cada uno posee un contenido de etoxi diferente. Las pruebas de fluidez y retención de fluidez, el rendimiento de adsorción y las pruebas de microscopio electrónico de barrido mostraron que los

superplastificantes reticulados ofrecían buenos efectos de dispersión y un excelente rendimiento de asentamiento. Curiosamente, el flujo máximo alcanzó hasta 394 mm con una relación agua-cemento de 0,35 y esta alta fluidez se pudo mantener simultáneamente durante 2 h, lo que facilitó el transporte del hormigón a largas distancias, mejorando así la trabajabilidad práctica del hormigón. Además, se encontró que los superplastificantes derivados de reticulantes con mayor contenido de grupos etoxi proporcionaron muestras de pasta de cemento con fluidez, efectos de dispersión y retención mejoradas. (p.1)

Wang X y col. (2018) en un estudio afirma que:

Aunque se han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación sobre el tema de las interacciones entre la estructura de secuencia de los superplastificantes de policarboxilato (PC) y el cemento, quedan muchas cuestiones sin resolver, como la influencia del PC en el desarrollo microestructural en edades tempranas y el comportamiento de adsorción del PC. En primer lugar, el estudio sintetizó con éxito un bloque de PC bien definido con diferentes longitudes de cadenas laterales y densidad de cadenas laterales mediante polimerización reversible de transferencia de cadena por adición-fragmentación. La influencia de las cadenas laterales en el bloque PC sobre las propiedades de la pasta de cemento en la edad temprana se estudió sistemáticamente mediante varios métodos de caracterización como el flujo de la pasta, las propiedades de adsorción, las mediciones calorimétricas y la cantidad de productos de hidratación. Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto, una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a cadenas laterales. Además, la cantidad de adsorción disminuye con el

aumento de la longitud de las cadenas laterales para una longitud fija de la cadena principal, así como la densidad de las cadenas laterales. Sin embargo, hay un mejor flujo de pasta inicial y una mayor capacidad de retención de flujo de pasta debido a cadenas laterales más largas. Vale la pena señalar que el PC con cadenas laterales más largas promueve el proceso de hidratación del cemento aumentando así los productos de hidratación debido a una mayor cobertura superficial. (p.1)

Erzengin & Öcal (2019) informa que:

Se prepararon nuevas mezclas de acuerdo con los criterios de hormigón autocompactante EFNARC con superplastificantes sintetizados tipo policarboxilato. Para este propósito, se produjeron superplastificantes que poseen diferentes longitudes de cadena lateral y enlaces cruzados para superar los problemas de trabajabilidad y retención de trabajabilidad en el hormigón autocompactante (SCC) en el tiempo. No solo se mejoraron las propiedades frescas sino también las propiedades endurecidas de los SCC. Con este estudio se determinó que el superplastificante tipo policarboxilato reticulado muestra un mejor desempeño en SCC en comparación con sus contrapartes y el policarboxilato comercial. Los SP a base de policarboxilato se sintetizaron mediante polimerización por radicales libres. Las reacciones de polimerización se llevaron a cabo a 75°C a reflujo y con purga de N<sub>2</sub>. Todos los polímeros sintetizados se utilizaron en la producción de SCC sin purificación adicional. La longitud de la cadena lateral y la densidad de la cadena lateral varían en los PC sintetizados, a saber, NPC500 y NPC950 tienen la misma densidad de cadena lateral (relación molar de MAA / mPEGMA: 15/1) con diferentes longitudes de cadena lateral (mPEGMA = 500 o 950 g / mol). Además, CPC es el policarboxilato reticulado que posee una densidad de cadena lateral de (MAA / mPEGA) 10/1 y una densidad de reticulación de (PPGDMA / mPEGA) 1/4. En los SP diseñados, las cadenas laterales en ciertas longitudes y reticulaciones en un porcentaje moderado proporcionaron una mejor capacidad de superplastificación (capacidad de reducción de agua) y retención de fluidos a las mezclas de concreto. Tienen los efectos de la

fuerza repulsiva electrostática y el impedimento estérico; se pueden utilizar para producir hormigón de alto flujo incorporándolos con aditivos minerales. La relación agua-polvo y la dosis de SP son parámetros importantes para el SCC. Por último, a la dosis de 0,56 de SP y el rango de 0,33 a 0,28 w/p, se produjeron SCC deseados con SP sintetizados. Son SP muy eficaces y, como sugerencia futura, se pueden lograr nuevas formulaciones de SCC cambiando las cantidades de componentes de SCC y modificando las estructuras moleculares de SP. (p.1)

Tan, y otros, (2015) presentan que:

El tripolifosfato de sodio es un retardador común que se usa para retrasar la hidratación y prolongar el tiempo de fraguado de la pasta de cemento. A veces también se emplea para mejorar la dispersión del superplastificante para mejorar la fluidez y trabajabilidad del cemento y el hormigón, pero la razón de este efecto no está clara. Se investigó el proceso de hidratación temprano de la pasta de cemento y la adsorción de tripolifosfato de sodio y superplastificante de policarboxilato (PCS). Los resultados muestran que existe una adsorción competitiva entre el PCS y el tripolifosfato de sodio, el tripolifosfato de sodio inhibe que el PCS se adsorba en la superficie de las partículas de cemento y el PCS también reduce la adsorción de tripolifosfato de sodio. Cuando ambos se reducen, hay un aumento significativo en el espesor de la capa de adsorción y el potencial zeta, que se muestra como la razón principal de la mejora en la fluidez. Esto indica que algunas sales pueden usarse para ajustar el proceso de adsorción de PCS con el fin de mejorar la fluidez y trabajabilidad de la pasta de cemento y el hormigón fresco. Debido a la adsorción competitiva, el consumo y la cantidad de adsorción de PCS se reducen, lo que genera una capa de adsorción más gruesa, lo que significa que el PCS puede funcionar de manera más eficiente. Los resultados sugieren que se deberían utilizar sales inorgánicas con una fuerte capacidad de adsorción para mejorar la dispersión del PCS y así mejorar la trabajabilidad de la pasta de cemento y el hormigón fresco. (p.1)

Zheng y col (2019) aporta que:

En los experimentos con pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina (PCE-L) mostraron que con 2% y 30% tenían una dispersabilidad similar al policarboxilato convencional, mientras que los experimentos con concreto mostraron que PCE-L2% y PCE-L30% tenían una mejor dispersabilidad. La prueba de comportamiento reológico mostró que la pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina tenía menor límite elástico, menor viscosidad plástica y mejor estabilidad que la de policarboxilato convencional. Se infirió que después de la adsorción sobre las partículas de cemento, las cadenas laterales de éter de polioxietileno ejercen un impedimento estérico para evitar que las partículas se aglomeren. La dispersabilidad de los policarboxilato a base de lignina fue favorable debido al impedimento estérico más fuerte, el "efecto bola", el arrastre de aire y la actividad superficial. Las cadenas laterales de éter de polioxietileno ejercen un impedimento estérico para evitar que las partículas se aglomeren. La dispersabilidad de los policarboxilato a base de lignina fue favorable debido al efecto estérico más fuerte, el "efecto bola", el arrastre de aire y la actividad superficial. (p. 1-9)

Qualit y col. (2018) en un estudio afirma:

La dosis de superplastificante se determina primero en mezclas de mortero y luego se ajusta en ensayos de mezcla de hormigón. Otros métodos de dosificación de mezcla de hormigón autocompactante (SCC) se basan en la definición de la dosis de saturación de superplastificante en las pastas. Estos enfoques para el diseño de mezclas tienen ventajas sobre los que se basan exclusivamente en la dosificación de concreto porque es menos costoso y exige material para realizar pruebas en mortero y pasta que en concreto. Este artículo presenta los resultados de una investigación experimental llevada a cabo para investigar el uso

de ensayos realizados en pasta para definir la dosificación óptima de superplastificante para hormigón autocompactante. Los materiales empleados fueron cemento Portland, puzolana y tres tipos de superplastificantes: polinaftaleno sulfonato (PNS), polimelamina sulfonato (PMS) y un policarboxilato. El punto de saturación de cada superplastificante se determinó en pastas mediante pruebas reológicas utilizando un reómetro de cilindro coaxial AR2000. Los hormigones autocompactantes se prepararon utilizando los contenidos de superplastificantes encontrados. Los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que en los métodos de dosificación de mezclas de SCC, la determinación del contenido de superplastificante en la fase de pasta es primordial. Sin embargo, siempre fue necesario un ajuste final de la relación  $a / c + f$  para producir SCC. A partir de los resultados obtenidos del estudio reológico, es posible estimar aproximadamente el intervalo de puntos de saturación (porcentaje relativo a la masa de cemento) siendo del Policarboxilato  $\approx 0,75$  a 1%. (p.1)

Existen diferentes marcas y tipos de superplastificantes basados en policarboxilatos de diferentes contenidos químicos, los cuales muestran resultados diferentes.

Burhan Abdalla y col. (2019) en un artículo manifiesta que:

Bajo un estudio de tres tipos de polímero de policarboxilato con diferentes características (Ph, contenido sólido, contenido de aire, etc) agregado a mezcla de hormigón, evaluando el tiempo de fraguado del cemento, trabajabilidad, densidad y resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado, se añadió un rango de 0 a 25% de este aditivo (en peso seco de cemento). La relación  $a/c$  fue inicialmente de 0.60 y disminuyó gradualmente a una relación de 0.46 en función de los tipos y la cantidad de polímeros. La trabajabilidad que midió el asentamiento del concreto mejoró en promedio un 25%

realizando ensayos de slump, sin embargo, también incrementó levemente la viscosidad. La resistencia a la compresión con solamente un rango de 0.05% a 0.25% de aditivo aumento entre 24% y 97% a los 3 días de curado, esta tasa de crecimiento fue mayor a corto plazo que a largo plazo. (p. 1-9)

Se puede evidenciar cómo diferentes policarboxilatos brindan diferentes rendimientos con las mismas cantidades de dosis en las mezclas de concreto.

Ghafoori (2018) en una investigación explica que:

Se estudió la efectividad de la técnica de remediación por sobredosificación, es decir, usando una dosis de aditivo suficiente durante el mezclado, para mitigar los efectos adversos de una combinación de tiempo de acarreo y temperaturas en hormigones autocompactantes (SCC) recién mezclados. Se utilizaron temperaturas de 43, 36, 28, 21, 14, 7 y 0.5 C y tiempo de acarreo de 10, 20, 40, 60 y 80 min para determinar los efectos de la temperatura y los tiempos de transporte, respectivamente. La condición de control que se adoptó consistió en mezclar el hormigón a una temperatura ambiente de laboratorio de 21 C y transportar el hormigón con un tiempo de acarreo de 10 min. Se utilizó un aditivo reductor de agua de alto rango a base de policarboxilato (HRWRA) y un aditivo modificador de la viscosidad (VMA) para producir los SCC con un asentamiento de  $635 \pm 25$  mm o  $711 \pm 25$  mm, un VSI de 0 (hormigón altamente estable) y T50 de 2-5 s. Los resultados de la prueba revelaron que los SCC plásticos con una trabajabilidad ilimitada adecuada, tasas de flujo adecuadas, alta estabilidad dinámica y capacidad de paso adecuada podrían lograrse una vez que fueron remediados por la técnica de sobredosificación. Los SCC evaluados en este estudio experimentaron mayores pérdidas en el asentamiento durante temperaturas altas y tiempos de acarreo prolongados en comparación con los hormigones producidos

bajo una temperatura de control de 21 C y un tiempo de acarreo de 10 min. Por otro lado, no se observaron cambios importantes en las propiedades frescas de los SCC durante las temperaturas frías y los tiempos de transporte prolongados. (p.1)

Xiang y col. (2020) explica que:

Las modificaciones estructurales en la escala molecular del superplastificante de policarboxilato (PCE) conducirían a cambios en las propiedades de dispersión y retención de agua, así como a una mejora en la compatibilidad del cemento Portland, etc. Se revisó los desarrollos recientes de métodos sintéticos de macromonómeros como el paso inicial de producción de PCE, PCE a temperatura ambiente y temperaturas elevadas, y las relaciones entre la estructura y las propiedades de PCE. En términos generales del análisis de referencias, se encontró que el PCE sintetizado a temperatura ambiente tenía el mismo rendimiento que el PCE sintetizado a temperatura elevada en términos de tasa de conversión y dispersión inicial en cemento, pero con una distribución de peso molecular más amplia. En conclusión, la dispersión de PCE en el cemento podría explicarse por múltiples teorías en lugar de una sola basada en las tendencias de desarrollo. Para poder controlar el peso molecular de PCE y ajustar la proporción de grupos hidrófilos-lipófilos, se deben preparar macromonómeros con una estructura razonable y un rendimiento estable. Se deben tomar medidas de bloqueo e injerto para modificar los poliéteres y poliésteres existentes. (p.1)

Zhang y col. (2016) en un estudio afirma que:

Se investigaron sistemáticamente los comportamientos reológicos de la pasta de cemento fresca con superplastificante de policarboxilato. Se discutieron los factores influyentes que incluyen la proporción de superplastificante a cemento (Sp/C),

proporción de agua a cemento (a/c), temperatura y 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  $w / c$ , 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. (p.1)

Por otra parte, los policarboxilatos con componentes químicos extras también tienen diferentes tipos de reacción.

Schmid y col. (2020) en su artículo aporta que:

Este estudio investiga la eficacia de dispersión de superplastificantes de policarboxilato (PCE) a base de éster de metacrilato (MPEG), éter isoprenol (IPEG) y éter de metalilo (HPEG) seleccionados a propósito de diferentes estructuras moleculares en cementos mezclados con 0-50% en peso de una arcilla calcinada (CC) rico en meta ilita-esmectita. Se estudia a la arcilla calcinada puesto que es un material muy común y disponible en todo el mundo y se puede usar como parte de una

mezcla cementosa, si bien es cierto no es la mejor, se busca analizar su viabilidad y funcionalidad. Entre los policarboxilatos, los polímeros HPEG demostraron ser más eficaces y robustos ante la relación de cemento/arcilla calcinada, mientras que los PCE MPEG y especialmente IPEG requerían dosis más altas para lograr mismos resultados en cuanto a dispersión de los minerales. (p. 1-9)

Básicamente los aditivos superplastificantes a base de policarboxilato pueden presentar diferentes estructuras químicas y se sigue experimentando con nuevas adiciones para la mejora de la tecnología del concreto, incluso la tecnología comienza a hacerse presente.

Chen y col. (2020) nos informa que:

Se denomina core -shell a los nanocristales semiconductores de núcleo y cubierta, son una clase de materiales que tienen propiedades intermedias entre las de las moléculas pequeñas e individuales y las de los semiconductores cristalinos a granel, en comparación con los PCE de peine, la pasta de cemento que contiene este componente mostró una mejor retención de fluidez de tres horas mediante mediciones de minislump, menor calor de hidratación y una evolución más tardía del calor de hidratación mediante pruebas de calorimetría isotérmica. Este superplastificante coloidal posee una estructura de nano núcleos novedosa de cadenas de PHEA poly (hydroxyethyl acrylate) cubiertas con segmentos de PS hidrófobos. Esta nanoestructura característica otorga a los nano-PCE un excelente rendimiento general, que incluye un buen rendimiento de dispersión, buena retención de fluidez y prolonga el proceso de hidratación. Una dosis de 0,19% –0,21% bwoc ( $w / c = 0,35$ ) está optimizada para lograr el mantenimiento del flujo en 3 h. Se encuentra que un nano-núcleo más grande de nano-PCE (<30 nm) es bueno para reducir la pérdida de flujo de la pasta y obtener un mejor

comportamiento de retención de la trabajabilidad en comparación con peine-PCE (3 h vs 2 h) en la misma dosis. (p. 1-9)

Ren y col. (2020) nos afirma en su artículo que:

Se espera que la combinación de nanopartículas y superplastificantes de policarboxilato (PCE) mejore sincrónicamente la trabajabilidad, las propiedades mecánicas y la durabilidad de los morteros y hormigones. En este estudio, la nanosílice (NS) se introdujo e injertó en cadenas moleculares de PCE mediante polimerización por radicales. Se obtuvo así superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice (NS / PCE) y se utilizó como reductor de agua modificado en pastas y morteros de cemento. También se ha investigado el efecto de NS / PCE sobre la adsorción, la dispersión y las propiedades mecánicas de las pastas o morteros de cemento. Los resultados mostraron que PCE se había unido químicamente para anclar sobre la superficie de NS por Si-O-. NS se dispersó uniformemente en PCE debido a la resistencia estérica y la fuerza de repulsión electrostática. El NS / PCE obtenido tenía una mejor dispersión y un rendimiento de adsorción mejorado en comparación con el PCE sin dopar. NS / PCE puede reducir eficazmente la cantidad y el coeficiente de orientación de los cristales de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en materiales a base de cemento, lo que es beneficioso para el refinamiento de la microestructura y la mejora de las propiedades mecánicas de la matriz del cemento. (p.1)

El aditivo superplastificante a base de policarboxilato se puede emplear en diversos tipos de cementos, de diferentes materiales de procedencias y químicos adicionales.

Tan y col. (2018) realizó un estudio manifestando que:

El fosfato de magnesio en el cemento genera una baja fluidez al momento de realizar una mezcla de concreto con este material, se investigó el efecto del superplastificante de polycarboxilato sobre la fluidez de la pasta de cemento de fosfato de magnesio (MPC). Los resultados muestran que PCE casi no tiene ningún efecto sobre la plastificación de la pasta de MPC, pero obviamente puede aumentar la fluidez a los 30 minutos. La ineficacia de la dispersión de PCE se debe a que el bórax en el cemento de fosfato de magnesio puede obstruir significativamente la adsorción del polycarboxilato, así como el polycarboxilato no válido adsorbido en la superficie de las partículas de MgO. La mejora en la fluidez de 30 min se debe al efecto retardador de PCE sobre la hidratación del cemento de fosfato de magnesio. (p. 1-9)

Svetlana (2019) en su estudio realizado informa que:

Para conocer la estabilización de suspensiones de escoria preparada a base de escoria finamente molida y la estabilización con polycarboxilato. Se estableció experimentalmente que la introducción de polycarboxilato en el medio de dispersión acuosa aumenta la estabilidad de agregación y sedimentación de las suspensiones de escoria. Se estableció que el proceso de sedimentación de escoria finamente molida se divide en 3 períodos y las partículas se asientan más rápidamente en el primer período de sedimentación en el primer período de sedimentación de partículas, en promedio, la estabilidad de las suspensiones de escoria aumenta 36 veces, en el segundo período, 19 veces, en el tercer período, 4 veces. (p. 1-9)

El polycarboxilato permite retardar la mejora de la fluidez en este tipo de cementos, pudiendo lograr un concreto para una industria de concretos tales como el premezclado, pero no solamente existen este tipo de reacciones con el cemento de fosfato de magnesio.

Ma y col (2020) nos informa que:

Las arcillas calcinadas se utilizan a menudo como materiales cementosos suplementarios. Las propiedades de las arcillas están determinadas por su estructura entre capas y las características de hidratación de los cationes entre capas. El exceso de electrones caracteriza la red cristalina de la mayoría de las arcillas debido a la sustitución isomorfa de cationes en la red, pueden distorsionar los electrones de par solitario de los átomos de oxígeno en la superficie de la arcilla, afectando el efecto estérico proporcionado por los aditivos superplastificante a base de polycarboxilatos reduciendo su capacidad de dispersión y reducción de agua, lo que puede afectar seriamente el desempeño del concreto. Los agentes de sacrificio son aquellos compuestos que pueden adsorberse preferentemente en arcillas y ocupan sitios activos para reducir o eliminar las interacciones entre los PCE y las arcillas, la introducción del grupo funcional es un enfoque factible para mejorar la reología del sistema cementoso que contiene arcillas. (p. 1-9)

Wang y Wang (2015) en un estudio menciona también sobre las arcillas que:

Se estudió la ley de influencia de la arcilla sobre la fluidez del mortero mezclado con superplastificante de polycarboxilato. Se discutieron varios métodos para inhibir la adsorción de arcilla del superplastificante de polycarboxilato. Los resultados experimentales muestran que la arcilla tiene un efecto significativo sobre la dispersión del superplastificante polycarboxilato y la arcilla de montmorillonita tiene un impacto más significativo en la fluidez del mortero que otras arcillas. El valor del pH y las sales de la solución pueden afectar la adsorción de la arcilla al superplastificante polycarboxilato. La incorporación de una pequeña cantidad de solución de hidróxido de sodio, silicato de sodio o tensioactivos catiónicos puede

mejorar el efecto de la arcilla sobre la dispersión del superplastificante de policarboxilato. La adición de agente sacrificante orgánico, como tensioactivo catiónico, etc. juega un gran papel de mejora en la fluidez del mortero con arcilla y superplastificante policarboxilato. (p.1)

Gao et al. (2017) nos explica además de las anteriores investigaciones sobre la adición de arcillas lo siguiente:

Está ampliamente aceptado que los superplastificantes a base de policarboxilato (PCE) son sensibles a la presencia de arcilla en el cemento y el hormigón. Se investigó el impacto del contenido de arcilla en el comportamiento de adsorción del PCE en las superficies de los granos de cemento, determinándose la adsorción de PCE en los granos de arcilla y cemento mediante análisis de carbono orgánico total. Los resultados indicaron que la adición de arcilla redujo la adsorción de PCE en las superficies de los granos de cemento. En consecuencia, la trabajabilidad de la pasta de cemento mezclada con PCE también se modificó con la adición de arcilla. En presencia de arcilla, aunque se incrementó el consumo total de PCE, la fluidez de la pasta disminuyó. Los resultados de diferentes secuencias de mezcla revelaron que, en presencia de arcilla, la cantidad de adsorción de PCE en las superficies de los granos de cemento se redujo mucho, lo que provocó una mala dispersión de las partículas de cemento. En comparación con la DM (agregando PCE antes de la arcilla), se observaron distribuciones de flujo de asentamiento más bajas para PM (agregando arcilla antes de PCE) y SM (agregando arcilla y PCE juntas), con un flujo de asentamiento más bajo para PM que para SM. De las tres secuencias de mezcla, la DM produjo la mejor retención de trabajabilidad. (p.1)

Múltiples usos pueden realizarse con el policarboxilato, incluso en los agregados se han comenzado a experimentar con este tipo de aditivos.

Tareq (2020) realizó un estudio sobre lo antes mencionados en el cual:

Se realizó un estudio para la mejora de propiedades de los agregados finos (arena) utilizados en mortero de cemento, recubriendo arena de río natural con policarboxilato-éter para producir arenar recubiertas modificadas, se hizo una adición de 7,5%, 15% y 22,5% en peso de arena, luego se prepararon mezclas con arena modificada al 10%, 30% y 50% en peso. Se observó una mejora de la resistencia a la compresión a las edades de prueba de 7 y 28 días. El superplastificante PCE actuó como una capa de revestimiento, que se verificó mediante microscopía electrónica de barrido para indicar las propiedades superiores de ingeniería del mortero de cemento, el superplastificante, como capa de revestimiento, mejoró la resistencia a la compresión de diferentes mezclas cementosas. (p. 1-9)

No obstante, el continuo avance de la tecnología del concreto con los policarboxilatos sigue en constante desarrollo para mejorar aquellos factores en los que este aditivo podría perjudicar a la mezcla de concreto.

Borralleras (2018) afirma que:

La viscosidad de un hormigón depende de varios factores, pero el tipo de aditivo superplastificante empleado y la Rvol A/F (relación agua/finos totales en volumen) son dos de los que ejercen una mayor influencia. Con los elevados niveles de fluidez aportados, para que la masa en estado fresco permanezca estable y no presente síntomas de disgregación en todo momento, es necesario emplear un elevado volumen de finos combinado con una baja cantidad de agua. (p. 1-9)

La dosis de superplastificante son un tema inexacto en los diferentes diseños que se pueden realizar con este tipo de aditivos,

demanda de una alta especialización, ensayos y conocer el objetivo que se busca lograr en la mezcla de cemento.

Los superplastificantes pueden lograr ese efecto de trabajabilidad en la mezcla debido a diferentes efectos de repulsión de las partículas de cemento, en el caso del naftaleno sulfonatos y el policarboxilato son dos tipos de aditivo superplastificante de diferente avance tecnológico y diferente comportamiento para mejorar la trabajabilidad del concreto.

Peng (2015) en un artículo informa que:

Los policarboxilatos y los naftalenos sulfonatos tienen una fuerte adsorción competitiva con las gotas de asfalto sobre las partículas de cemento. El policarboxilato es más eficaz para disminuir el límite elástico y la viscosidad aparente de la pasta de cemento asfáltico que el naftaleno sulfonatos, lo que puede atribuirse a que el policarboxilato y el naftaleno sulfonatos actúan sobre las partículas de cemento por efecto estérico y efectos electrostáticos, respectivamente, se liberan más gotas de asfalto que mejoran el comportamiento reológico de la pasta de cemento asfáltico. (p. 1-9)

De esta manera se puede apreciar que el efecto estérico que proporciona los policarboxilatos frente al efecto electrostático que realiza el naftaleno sulfonato puede ser más beneficioso en emplearse en diferentes mezclas con diferentes componentes, incluso para proyectos viales.

Qian, y col, (2018) señalan:

Para resolver el problema de la alta viscosidad para el hormigón fresco de alta calidad, se sintetizó un nuevo tipo de superplastificante de policarboxilato (PCE) reductor de la viscosidad basado en un diseño innovador de estructura molecular, y también se caracterizó para confirmar la estructura

molecular diseñada. Se sondearon los comportamientos reológicos de la pasta de cemento y del hormigón fresco que contiene PCE sintetizado, los cuales se analizaron mediante tensión superficial, comportamiento de adsorción y potencial zeta. La viscosidad plástica mostró una buena correlación con T50 y el tiempo del embudo en V según. Además, la investigación del mecanismo de trabajo mostró de manera interesante que la reducción del peso molecular y la longitud de la cadena lateral y la introducción de grupos hidrófobos pueden lograr una capacidad de dispersión mejorada y una eficacia de reducción de la viscosidad. El objetivo de este estudio es proporcionar una vía prometedora para sintetizar PCE con una trabajabilidad superior y un rendimiento reductor de la viscosidad en hormigón fresco.

"Se diseñó un nuevo superplastificante de policarboxilato sintetizado con la finalidad de mejorar la fluidez de la mezcla, obteniendo 1.2 % de dosis a emplear sin ocasionar segregación " (p. 4).

Erzengin y col. (2018) mencionan lo siguiente:

Se sintetizaron superplastificantes de policarboxilato a base de éster metacrílico del ácido metacrilato con varias densidades y longitudes de cadenas laterales. Caracterizan sus impactos en la trabajabilidad, reología, tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del cemento.

Los resultados que obtuvieron es que los copolímeros sintetizados cambian el comportamiento reológico de las suspensiones de cemento al engrosamiento por cizallamiento y los policarboxilatos con densidades de cadena lateral bajas aumentan la fluidez, y la resistencia. Los policarboxilatos tienen excelente capacidad de dispersión y estabilidad en la pasta de cemento.

Ezzat y col. (2019) manifiesta que:

Los copolímeros de peine de éter policarboxilato (PCE) se utilizan ampliamente como agentes reductores de agua en la industria del hormigón manteniendo una alta fluidez a través de la adsorción del polímero a las partículas de cemento. Los copolímeros PCE con una amplia gama de estructuras están bien establecidos por polimerización de radicales libres, sin embargo, comprender la relación estructura-propiedad es todavía complejo debido a la alta polidispersidad de los copolímeros de PCE preparados mediante polimerización convencional. Los parámetros que utilizan estructuras poliméricas bien definidas aún no se han explorado.

Huang y col. (2018) presentan un nuevo modelo de policarboxilato sintetizado:

Proponen una estrategia llamada método de polimerización redox in situ para sintetizar superplastificantes de policarboxilatos hiperramificados. El policarboxilato en forma de peine, la estructura hiperramificada reduce la viscosidad de la solución de poros y alivia el espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento, conduciendo a una reducción del 30% en la viscosidad de la mezcla. Los copolímeros obtenidos se caracterizaron intensamente mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), resonancia magnética nuclear  $^1\text{H}$  ( $^1\text{H NMR}$ ) espectroscopía y cromatografía de exclusión de tamaño (SEC / GPC). Las influencias de los PCE hiperramificados y convencionales en forma de peine sobre la capacidad de dispersión, la conformación de adsorción y el comportamiento reológico de la pasta de cemento se investigaron mediante el minislump, el espesor de la capa de adsorción. El peso molecular se determina mediante cromatografía en gel. Se midió el rendimiento de los PCE, se hizo la prueba de mini embudo en V, prueba de reología, prueba de adsorción. Los PCE

hiperramificados evidentemente exhibieron una capacidad más débil de dispersión pero una excelente capacidad para reducir la viscosidad y aliviar el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. La capacidad más débil de dispersión puede atribuirse principalmente a una mayor cantidad de adsorción necesaria para cubrir la misma área superficial resultante de un área de ocupación molecular más pequeña cuando se adsorbe sobre las partículas de cemento. Mientras tanto, la reducción de la viscosidad y el alivio del comportamiento de espesamiento por cizallamiento provienen de una viscosidad baja y casi invariable de la solución de poros.

Los PCE hiperramificados evidentemente exhibieron una capacidad más débil de dispersión pero una excelente capacidad para reducir la viscosidad y aliviar el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. La capacidad más débil de dispersión puede atribuirse principalmente a una mayor cantidad de adsorción necesaria para cubrir la misma área superficial resultante de un área de ocupación molecular más pequeña cuando se adsorbe sobre las partículas de cemento. Mientras tanto, la reducción de la viscosidad y el alivio del comportamiento de espesamiento por cizallamiento provienen de una viscosidad baja y casi invariable de la solución de poros.

Gökhan Altun y col. (2020) estudiaron la importancia de la longitud de las cadenas laterales, peso molecular y cantidad de adsorción:

El efecto de la longitud de la cadena lateral, los cambios de peso molecular y la cantidad de adsorción de aditivos reductores de agua de alto rango a base de policarboxilato de éter que tienen una longitud de cadena principal constante, libre cantidad no iónica y relación aniónica / no iónica en propiedades frescas, compresión de edad temprana y avanzada resistencia, capacidad de absorción de agua y valor de velocidad de pulso ultrasónico

de hormigones autocompactantes (SCC) fueron investigados. FTIR (infrarrojo por transformada de Fourier) y GPC (cromatografía de permeación en gel) Si la longitud de la cadena lateral del aditivo es mayor o más corto que un cierto valor, el requisito de mezcla aumenta para proporcionar el objetivo deseado valor de asentamiento-flujo en mezclas de SCC. Se cree que este efecto negativo se debe a la debilidad del estérico.

Los aditivos reductores de agua que tienen diferentes longitudes de cadenas laterales mostraron un comportamiento de adsorción diferente. La mezcla con la longitud de cadena lateral más corta exhibió la mayor cantidad de adsorción mientras que la cantidad de adsorción disminuyó al aumentar la longitud de la cadena lateral.

Tian y col. (2019) estudiaron a 3 superplastificantes de policarboxilatos sintetizados:

Tres superplastificantes de policarboxilato con estructura molecular variada, denominados PCE4, PCE22 y Los PCE25 se sintetizaron mediante la copolimerización de radicales de ácido acrílico (AA) y  $\alpha$ -metalil-x-hidroxi poli (etilenglicol) con una proporción de monómeros de 4, 22 y 25 respectivamente. Se usó ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico para reemplazar parcialmente AA en base a PCE22 para la preparación de PCE18S4. Prueba de flujo y La medición de la adsorción revela que los PCE22 y PCE18S4 con mayor carga exhiben una adsorción más fuerte capacidad en superficies minerales y por lo tanto un mejor efecto fluidificante que el PCE4 de menor carga. A pesar de que PCE25 exhibe suficiente adsorción, su capacidad de dispersión es inferior debido a la cadena lateral inferior densidad que conduce al polímero propenso a reticularse por los iones  $Ca^{2+}$  presentes en la solución de los poros. Como se muestra en las mediciones por XRD, BET y calorimetría, los polímeros con mayor contenido de carboxilato muestran un

efecto supresor más fuerte sobre la formación de etringita y la hidratación del cemento y, por lo tanto, funcionan mejor en retención de fluidez.

Özen y col. (2020)

Se estudió el efecto del aditivo reductor de agua (WRA) a base de éter de policarboxilato, se analizaron las propiedades en estado fresco, la resistencia a la compresión, la velocidad de pulso ultrasónico (UPV) y la capacidad de absorción de agua, para ello se sintetizaron 3 WRA(10 kg/mol, 21 kg/mol, 31 kg/mol), de óxido de polietileno estabilizado con diferentes longitudes de cadena principal. Se llevo a cabo el análisis infrarrojo por transformada de Fourier FTIR y GPC (cromatografía de permeación en gel), ambos para caracterizar la mezcla. A mayor longitud de cadenas laterales y principales es más fluido, si la cadena lateral es más larga reduce el tiempo de fraguado, si la cadena principal es más larga aumenta ligeramente el tiempo de fraguado.

Se realizó ensayos: embudo en V, caja en L y caja en U. Estructura de WRA a base de policarboxilato: cadena principal de polietileno, cadenas laterales de polietilenglicol y grupos funcionales de carboxilatos. De los resultados: Mediante el análisis de FTIR mostraron un comportamiento similar los 3 aditivos, mientras más se aumente la cadena principal del aditivos, corre el riesgo de adsorberse simultaneamente en las partículas de cemento, ocasionando aglomeración. La relación  $a/c = 0.35$  constante para los aditivos. Resistencia a compresión: 14.7 - 58.8 MPa para 1 - 28 días, asentamiento = 600+3mm

Lin y col. (2021)

Sintetizaron dos tipos de superplastificantes de policarboxilato incorporando diferentes cadenas de carbono, codificandolos como SPT y SPD respectivamente. El rendimiento de dispersión

de los polímeros reticulados se evaluó mediante pruebas de fluidez de lechada de cemento y caracterización por microscopía electrónica de barrido.

Las mezclas cementosas que incorporaron SPT tuvieron una mejor capacidad de dispersión que aquellos policarboxilatos de tipo peine y SPD convencionales, ya que proporcionó muestras de pasta de cemento con un mejor efecto de dispersión, una mayor tasa de reducción de agua y un mayor efecto retardador que los proporcionados por el superplastificante SPD. Además, las muestras de cemento mezcladas con SPT tenían microestructuras más compactas y porosidades más bajas, lo que finalmente condujo a una mayor resistencia a la compresión.

Tang y col. (2020) indican una opción más de policarboxilatos sintetizados.

Se sintetizaron mediante polimerización de radicales libres. Los grupos funcionales, pesos moleculares y distribuciones de peso molecular de estos superplásticos se caracterizaron por espectros de infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR) y cromatografía de permeación en gel (GPC). El rendimiento de dispersión del policarboxilato anfótero (APC) preparado se evaluó mediante la fluidez de la pasta de cemento y el mortero de cemento. Los resultados mostraron que la fluidez de las muestras mezcladas con APC eran más altas que las de los superplastificantes de éter de policarboxilato convencionales (PCE), lo que indica un excelente rendimiento de dispersión y retención de la dispersión. Las resistencias del hormigón con APC o PCE mejoraron enormemente en comparación con las del hormigón estándar, y las resistencias de las muestras con APC fueron superiores a las de PCE. Al sustituir el cemento con bentonita sódica al 1% en peso, la fluidez de las pastas de cemento con APC fue mayor que con PCE1, lo que puede atribuirse a la mayor tolerancia a la arcilla de APC.

Menga y col. (2019), nos indican sobre el dispersante a base de policarboxilato y humo de sílice sobre el desarrollo de propiedades de la pasta de cemento Portland.

El efecto de humo de sílice, dispersante de éter de policarboxilato que retiene el asentamiento (PCE), sobre las propiedades frescas y endurecida de la pasta de cemento Portland. Las propiedades investigadas incluyen a las propiedades reológicas (viscosidad plástica y límite elástico). El cemento fue reemplazado por SF a niveles de masa de 0, 10, 20, 30 %. Las dosis de PCE incluían 0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4%.

Ma y col. (2020)

El superplastificante de policarboxilato (PCE) y el superplastificante alifático (AS) son reductores de agua ampliamente utilizados agente en hormigón. En la práctica real, la adición de AS se ha desarrollado como una forma común de aliviar el sangrado y segregación del hormigón plastificado por PCE, mientras que la principal razón de este fenómeno es no es claro. En esta investigación, se investigó el efecto de AS sobre la dispersión de PCE. Comportamiento de adsorción de AS y PCE y conformación de estos polímeros en fase líquida se analizaron con carbono orgánico total (TOC), conductividad y dispersión dinámica de luz (DLS). Finalmente, se verificaron los resultados experimentales mediante simulación de dinámica molecular, y se propuso el modelo de dispersión para comprender mejor la mecanismo detrás. Los resultados mostraron que los efectos de AS sobre el comportamiento reológico del cemento La pasta que contiene PCE estaba estrechamente relacionada con la dosis agregada, y se observó que tres etapas fueron dividido según la dosis de AS. La razón principal se debió a la adsorción competitiva entre AS y PCE. Además, las moléculas de PCE, que existían en la fase líquida debido a la adsorción competitiva, serían reticulados a través de

iones de calcio en la solución de los poros, lo que lleva al aumento de la viscosidad plástica del cemento pegar a pesar de la disminución del límite elástico. Estos resultados explican por qué la adición de AS en el sistema PCE podría mejorar la resistencia al sangrado y la segregación. Estos resultados ofrecerían una experiencia útil para la aplicación de múltiples sistemas superplastificantes en la ingeniería práctica.

Akhlaghi y col. (2017) manifiestan:

Los materiales suplementarios que se utilizan para reemplazar el cemento Portland ordinario (OPC) disminuyen la trabajabilidad de las mezclas, por tanto se informa sobre el desempeño de una serie de un superplastificantes modificados, a base de poli (carboxilato éter). Se ensayó la retención de fluidez en la pasta de cemento mezclada. Este copolímero exhibió adsorción controlada sobre la superficie de las partículas, no se agotó de la solución de los poros y, por lo tanto, indujo fl retención de fluidez durante períodos prolongados de tiempo.

Fares (2015):

Se han desarrollado muchos métodos de prueba para caracterizar sus propiedades frescas; sin embargo, la ASTM solo ha estandarizado algunas de estas pruebas. La prueba de asentamiento, estandarizada como ASTM C1611, es la prueba más simple y más ampliamente utilizada para pruebas de laboratorio y de campo de SCC. En ASTM C1611, se permiten dos procedimientos de llenado (A y B) pertenecientes a dos orientaciones diferentes del cono de asentamiento. Aunque los dos flujos de asentamiento tienen valores similares independientemente del procedimiento de llenado, se espera que los tiempos de asentamiento (T50) medidos usando los dos procedimientos sean diferentes. La ASTM considera la determinación de T50 como una prueba no obligatoria que se

utilizará como una medida relativa de la velocidad de flujo, la viscosidad y la estabilidad. En el trabajo actual, Se ha establecido una relación entre los valores T50 de los dos procedimientos de llenado permitidos. Se presentan y discuten los antecedentes teóricos de esta relación. Se encontró que un factor de conversión de aproximadamente 1,9 cambia del período de tiempo utilizado en el procedimiento A al B.

Liebscher y col. (2020) indican lo siguiente:

Se investigó el comportamiento de dispersión de diferentes nanocargas a base de carbono en agua desionizada (DI) utilizando policarboxilatos como tensioactivos. Los nanotubos de carbono (CNT), el negro de humo (CB) y el grafito expandido (EG) se caracterizaron por primera vez con respecto a su morfología. Posteriormente, se dispersaron en agua DI utilizando dos copolímeros tipo peine de policarboxilato (PCE) que diferían en la longitud de sus cadenas principales químicas. Las partículas pequeñas de CB mostraron una excelente dispersión en agua DI incluso sin tensioactivo. El CNT se dispersó significativamente mejor que el EG, por lo que el PCE con la columna vertebral más larga produjo una mejor dispersión del relleno en ambos casos. Después de incorporar las nanocargas de carbono en una matriz cementosa, curiosamente, se midieron las mayores resistencias a la compresión y la flexión a una edad temprana para las muestras de CNT con peor dispersión de la carga. Este efecto se explica por el papel del PCE y la relación de aspecto del nanocarbón de carbono, los cuales determinan la microestructura en la matriz de cemento endurecido de manera colaborativa.

Lei y Chan, (2020)

En el estudio se utilizó una serie de polímeros HPEG PCE con diferente densidad de carga aniónica y longitudes de cadena

lateral. sintetizado mediante copolimerización de radicales libres a partir de ácido acrílico y éter de  $\alpha$ -metalil poli como macromonómero. Los polímeros PCE resultantes se caracterizaron mediante cromatografía de exclusión por tamaño. (SEC) y valoración de carga aniónica. A partir de entonces, una correlación entre sus estructuras moleculares y la dispersión Se estableció la eficacia para la escoria activada por álcalis. Se encontró que una amplia variedad de polímeros HPEG PCE funcionan en el sistema de escoria activada por álcalis (AAS). Finalmente, el mecanismo de trabajo para el polímero de mejor rendimiento fue investigado mediante mediciones de adsorción. Se concluyó que HPEG PCE de alta anionicidad, alto Mw y la longitud de la cadena lateral corta adsorbe particularidad en grandes cantidades en la escoria, proporcionando así una mayor capacidad de dispersión en comparación con otros polímeros HPEG.

Jae y col. (2020)

Se pueden bombear varios tipos de hormigón, incluido el hormigón de alta resistencia y el hormigón autocompactante, pero aún tenemos una falta de comprensión del comportamiento reológico y su cambio durante el proceso de bombeo. Este estudio evalúa el efecto de la presión de bombeo sobre las curvas de viscosidad de materiales a base de cemento que incorporan un policarboxilato específico. La viscosidad de las muestras de mortero aumenta con la presión de bombeo. El aumento de la viscosidad depende de la velocidad de deformación por cizallamiento y de la estructura polimérica del policarboxilato. El efecto de la presión de bombeo se generaliza luego con un modelo de Sisko. Se discute un modelo mecanicista para el fenómeno junto con el potencial de estabilidad formulado en la teoría de la migración de partículas inducida por cizallamiento.

Zhu y col. (2020)

Sintetizó una serie de nuevos dispersantes de policarboxilato en bloque (PCD), con cadenas laterales híbridas que emplean cadenas laterales compuestas largas y cortas para hacer una suspensión de agua y carbón (CWS), además investigó la estructura de las cadenas laterales y las propiedades del CWS.

El nuevo dispersante híbrido de policarboxilato que contiene cadenas laterales largas y cortas compuestas fue sintetizado con éxito. Demostrando que la propiedades de estabilidad y reducción de la viscosidad del CWS aumenta de acuerdo a la cantidad de adsorción de PCD en el carbón. Las propiedades reológicas de la lechada de agua de carbón con el híbrido son más consistentes, El CWS se comporta como un pseudoplástico fluido que es bueno para ser bombeado.

### 2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

#### 2.3.1. Policarboxilatos

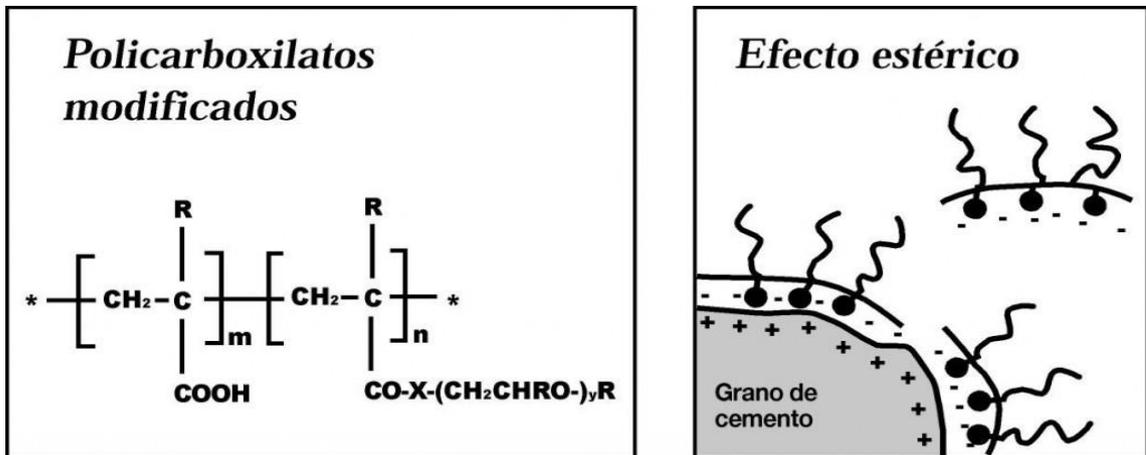
El concreto fluido se logra con una importante participación del aditivo superplastificante o reductor de agua de alto rango, este aditivo, como pudimos apreciar en el marco histórico, evolucionó a través del tiempo, por ello, en esta investigación documental, estaremos abarcando las últimas generaciones de este aditivo, basado en policarboxilato.

En la actualidad se sigue estudiando la estructura química del policarboxilato, y como el cambio de su estructura (columna vertebral y cadenas laterales) permiten diferentes capacidades de plasticidad, reducción de agua y trabajabilidad. Las cadenas laterales en el policarboxilato son las responsables del efecto estérico (ver Figura 1), este logra una reacción dispersante mediante repulsión electrostática y que con el pasar del tiempo, otra molécula se active y se logre una actividad duradera de

dispersión entre todos los componentes de la mezcla de concreto, a esto se debe la trabajabilidad lograda.

**Figura 1**

Efecto estérico



Fuente: “Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (reductor de agua de alto rango)” por Garay y Quispe (2016)

Así, a través del tiempo, los aditivos plastificantes fueron evolucionando y por ende mejorando, solucionando problemas de las antiguas generaciones como lograr poca reducción de agua, pérdida rápida de trabajabilidad en un corto tiempo y retraso en el tiempo de fraguado.

Sin embargo, muchas veces las dosificaciones de concreto con superplastificantes requieren de un aditivo adicional que regule y mantenga una baja viscosidad en la mezcla del concreto fluido:

“El efecto sobre la viscosidad plástica del HAC (concreto autocompactante) generado por un polímero de PCE (policarboxilatos) no es igual en todas las estructuras poliméricas”. (Borralleras, 2018, p. 159).

El uso excesivo de dosis de policarboxilatos puede provocar una reacción en la mezcla con consecuencias negativas, tales como segregación y viscosidad, esto se da mayormente en policarboxilatos de cadenas laterales largas y sobre dosificadas, estos al cubrir excesivamente los granos de cemento, provocan una alta reacción de efecto estérico entre ellos, desordenando la

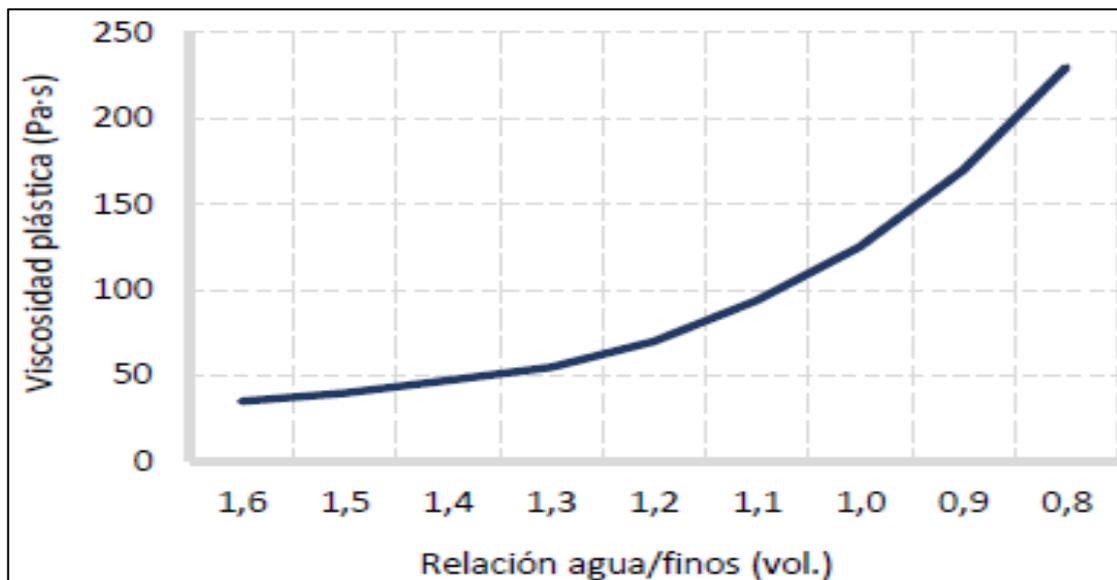
homogeneidad de la mezcla, dando como consecuencia una viscosidad plástica mucho mayor, una capacidad de bombeo menor (presiones más altas de lo normal en la bomba de concreto) y problemas en su puesta en obra para llenar encofrados con elevada densidad de armaduras.

A medida que decrece la relación entre el volumen de agua y el volumen de finos totales (cemento, adiciones, fillers, finos de la arena) se reduce el agua efectiva para plastificar la masa. Esto conlleva a la reducción de la Rvol A/F e implica que el hormigón muestre una apariencia menos dócil y pegajosa, con mucha inercia al movimiento, que complica la puesta en obra y puede ocasionar acabados deficientes y mermas en la autocompactabilidad. (Borralleras, 2018, p. 2)

En la Figura 2 se puede apreciar cómo esta relación agua/finos al ser menor, provoca que la mezcla de concreto gane viscosidad plástica.

**Figura 2**

Viscosidad plástica vs Relación agua/finos

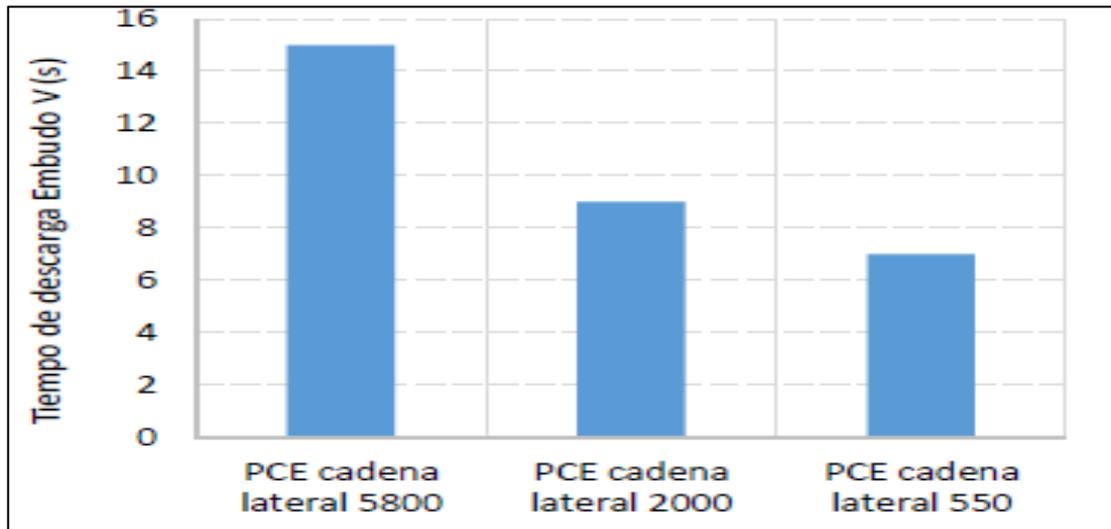


Fuente: Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón por Borralleras (2018, p. 2)

Así mismo en la Figura 3: Se muestra los resultados de viscosidad plástica y de tiempo de descarga en el embudo V en función de la dosis y del tipo de aditivo superplastificante empleado en una dosificación de HAC.

**Figura 3**

Tiempo de descarga en embudo según la estructura del PCE

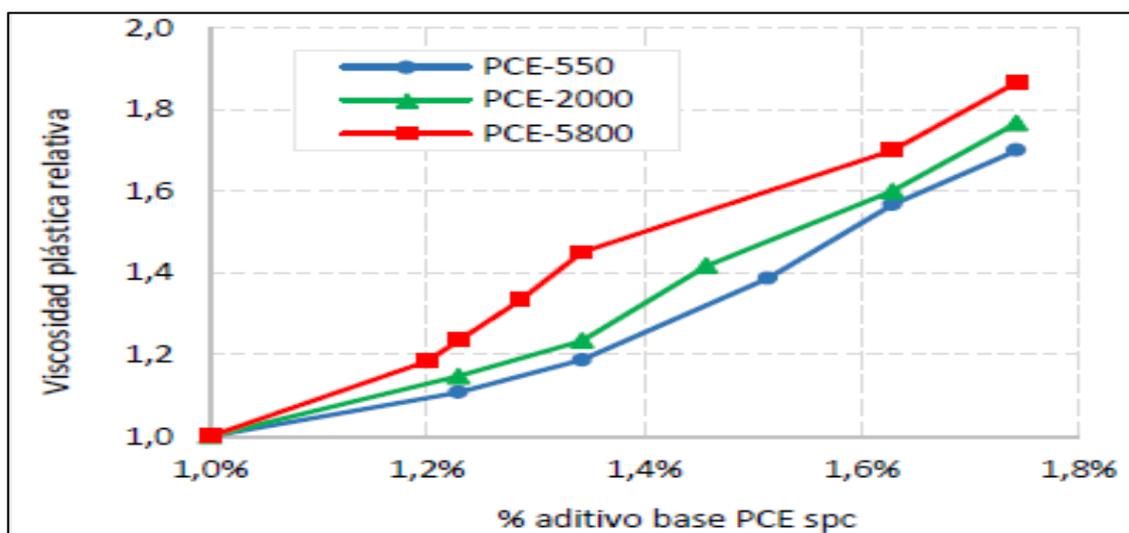


Fuente: Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón por Borralleras (2018, p. 3)

En la Figura 4 podemos apreciar como la viscosidad plástica relativa es mayor en un policarboxilato de cadena lateral más larga, en conclusión, los superplastificantes otorgan esa trabajabilidad y fluidez a la mezcla del concreto, sin embargo, un factor negativo y que se sigue estudiando para mejorar este aditivo químico es la viscosidad que le otorga a la mezcla.

**Figura 4**

Viscosidad plástica relativa vs dosificación de PCE



Fuente: “Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón” por Borralleras (2018, p. 3)

Los policarboxilatos, varían en su composición química y manera de reacción, sin embargo, sus características son similares en cuanto a la reducción de agua en la mezcla, consistencia, peso molecular y respuesta del efecto estérico:

La magnitud de la fuerza de repulsión depende de:

1. Cantidad de polímero absorbido,
2. Espesor de la capa del polímero
3. Grado de cubrimiento de la partícula

(Sika, 2013)

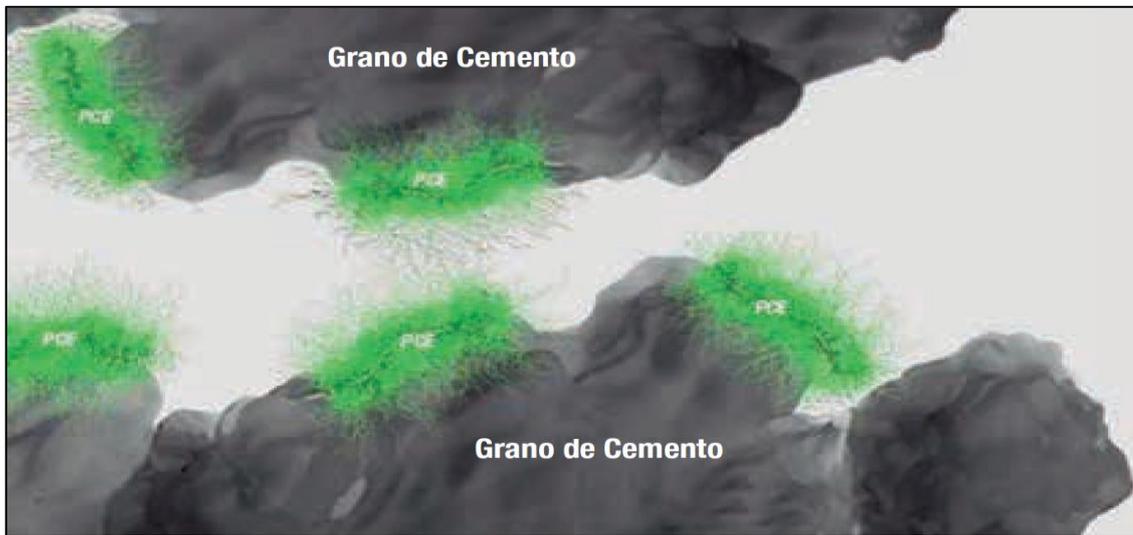
Puertas (2005) en su artículo manifiesta que:

Los grupos carboxilato son fundamentales en la adsorción de partículas de cemento para estos aditivos. La dispersión se debe a la repulsión electrostática (como en aditivos de melamina y naftaleno) debido a los grupos carboxilato, pero principalmente a la repulsión estérica asociado con las largas cadenas de éter laterales. La altura grado y duración de la fluidez que esta mezcla proporciona concreto están relacionados con factores estructurales; por lo tanto, cuanto más corta sea la cadena principal y más larga y numerosas cadenas laterales, mayor y más duradera es la fluidez inducida. (p 5)

La longitud de la cadena lateral de un policarboxilato en relación con el grano de cemento es de 1/1000, es decir, un pequeño grano de cemento está completamente rodeado de cadenas de policarboxilato, repeliéndose constantemente de colisiones entre ellas mismas, de esta manera la superplasticidad brinda una trabajabilidad excepcional con este tipo de aditivos. (Ver Figura 5)

## Figura 5

Efecto estérico entre granos de cemento



Fuente: Aditivos para Concreto una visión actual, por Sika, (2013, p. 17)

### 2.3.2. Ensayos en estado fresco

El concreto para su uso y aplicación en obras de infraestructura, para su correcto uso y funcionamiento como ya lo hemos evidenciado en numerosos estudios científicos, debe pasar por una serie de ensayos los cuales nos proporciona información para cumplir con el objetivo de la mezcla con el respectivo aditivo a base de polycarboxilato, los ensayos que se presentan a continuación sirven para realizar una medición tanto física como empírica de la trabajabilidad en el concreto, evidenciando el asentamiento, segregación y capacidad de paso de la mezcla en estado fresco.

Los siguientes ensayos mencionados se encuentran estandarizados para concretos autocompactantes, sirviendo de guía para ensayos de concretos fluidos en estado fresco.

- Ensayo de escurrimiento – Slump flow:

Este ensayo tiene como objetivo evaluar la facilidad del flujo del concreto, además de calcular algunos valores importantes para aceptar el concreto

fluido, por otro lado, también se puede apreciar si la mezcla presenta segregación visualmente. (ASTM C1611 / C1611M – 05) (2005)

Leon y Eguez (2009) informan que este ensayo se fundamenta en determinar:

T50: Tiempo, expresado en segundos, que tarda el hormigón en alcanzar el círculo de 500 mm de diámetro, contado desde el inicio del levantamiento del cono.

DF: Diámetro final de la extensión de flujo, una vez la muestra ha dejado de fluir, determinado por la media aritmética de dos diámetros perpendiculares. (Ver Figura 6)

Por otra parte, también se conoce que:

El tiempo T50 es una indicación secundaria de flujo. Un tiempo menor indica una mayor fluidez. El Brite EuRam sugirió que un tiempo de 3-7 segundos es aceptable para aplicaciones de ingeniería civil, y 2-5 segundos para aplicaciones en edificaciones. (EFNARC, 2002, p. 22)

### **Figura 6**

Lectura del tiempo de escurrimiento



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por Leon y Eguez (2009, p. 3)

## Figura 7

Medición final de la extensión de flujo



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por Leon y Eguez (2009, p. 3)

- Ensayo del embudo V:

El objetivo de este ensayo es evaluar la capacidad de fluir del concreto, en sentido vertical bajo su peso propio, consiste en llenar con concreto y sin compactación un embudo como se muestra en la Figura 7, pueden ser de diferentes tamaños para diferentes cantidades, después se abre la compuerta en la parte inferior y se comienza a medir el tiempo  $T_v$ , para calcular el tiempo que tarda el volumen de concreto en fluir por la apertura inferior.

EFNARC (2002) nos informa que:

Esta prueba mide la facilidad de flujo del hormigón; los tiempos de flujo más cortos indican una mayor fluidez. Para un concreto fluido se considera apropiado un tiempo de flujo de 10 segundos. (pág. 26)

## Figura 8

### Ensayo del embudo V



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por León y Eguez (2009, p. 3)

- Ensayo caja L:

Leon y Eguez (2009) para la elaboración del ensayo de caja L, nos indican que:

Este ensayo evalúa la capacidad de relleno y de paso del HAC y cualquier falta grave de estabilidad (segregación) puede detectarse visualmente.

Los datos que se obtienen en el ensayo son:

- El tiempo que tarda el hormigón en recorrer 20 cm y 40 cm (T20 y T40). (Ver Figura 9 y 10)
- Las diferencias de alturas que alcanza el hormigón entre los extremos de la caja (H1 y H2).

(pág. 3)

También se conoce que:

Si el hormigón fluye tan libremente como el agua, en reposo será horizontal, entonces  $H2/H1 = 1$ . Por lo tanto, cuanto más cerca este valor de prueba, la "relación de bloqueo", es la unidad, mejor es el flujo del hormigón. El equipo

de investigación de la UE sugirió un valor mínimo aceptable de 0.8.  
(EFNARC, 2002, p. 27)

### **Figura 9**

Lectura del tiempo a 20 cm



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por León y Eguez (2009, p. 3)

### **Figura 10**

Lectura del tiempo a 40 cm



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por León y Eguez (2009, p. 3)

- Ensayo Anillo J:

Este ensayo consiste en combinar el cono de Abrams con anillos de barras como se aprecia en la Figura 11, se debe llenar el cono de Abrams con concreto sin compactar, luego se alza y se deja fluir a través de las barras, las cuales normalmente están espaciadas 50 mm entre ellas, se mide la altura del concreto adentro y afuera del anillo como se aprecia en la Figura 11, además debe medirse el diámetro final entre un promedio de dos diámetros perpendicularmente.

La Comisión Guatemalteca de Normas (2015) informa que:

La diferencia entre el flujo de asentamiento y el flujo del Anillo-J es un indicador de la habilidad de paso del concreto. Una diferencia menor de 25 mm (1 pulg) indica una buena habilidad de paso y una diferencia mayor a 50 mm (2 pulg) indica una poca habilidad de paso. (pág. 9)

### **Figura 11**

Inicio del ensayo anillo J



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por León y Eguez (2009, p. 4)

## Figura 12

Medición a finalizar ensayo anillo J



Fuente: Diseño de mezclas para hormigón autocompactante, por León y Eguez (2009, p. 4)

- **Ensayo caja en U:**

EFNARC (2002) nos informa que:

Se trata de un ensayo fácil de realizar, aunque el equipamiento puede resultar difícil de fabricar. Ofrece una buena evaluación directa de la capacidad de relleno (esto es, literalmente, lo que tiene que hacer el hormigón) modificada por un requisito sin medir de la capacidad de paso. (pág. 26)

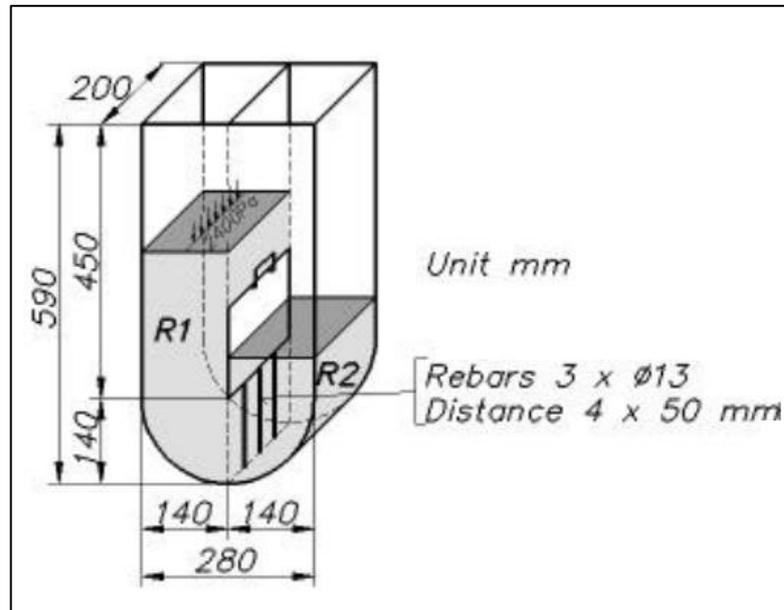
Se conoce por investigaciones realizadas en Europa que:

Este ensayo consiste en llenar uno de los compartimientos con concreto y luego abrir la compuerta ubicada en la parte inferior la cual posee varillas de refuerzo (ver Figura 13), pasando al otro compartimiento por él, se debe medir la altura a la que llega el concreto en el nuevo compartimiento donde se ubica el concreto, desde la base hasta la superficie. Se resta la diferencia de alturas en ambos compartimientos “cuanto más cercano a 0 sea el valor de este

ensayo, la “altura de llenado”, mejor será la capacidad de relleno y paso del hormigón” (EFNARC, 2002, p. 28)

**Figura 13**

Caja en U de base circular



Fuente: Specification and Guidelines for Self - Compacting Concrete, por EFNARC (2002, p. 28)

Los ensayos nos permiten medir la trabajabilidad a través del asentamiento, la capacidad de paso y la visibilidad de la segregación de la mezcla, de esta manera en los diversos ensayos hemos podido evidenciar la fluidez y trabajabilidad que puede alcanzar el concreto a base de policarboxilatos.

### 2.3.3. Ensayos en estado endurecido

Existen diversos ensayos para el concreto en estado endurecido, mayormente el interés de estos ensayos en el concreto es el de medir la resistencia del mismo, en diferentes edades, para así este poder superar diversos estándares de calidad necesarios para la confiabilidad de las obras civiles.

Los siguientes ensayos mencionados son algunos ejemplos para medir dichas resistencias, sirviendo de guía para ensayos de concretos fluidos en estado endurecido.

- Ensayo de resistencia a la compresión

NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Esta NTP tiene como objetivo establecer la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas. Es usado para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas en forma de cilindro, preparadas y curadas, tomando en cuenta el tamaño y la forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, moldeo, muestreo y elaboración, temperatura, edad y condiciones de humedad durante el proceso de curado. Consiste en la aplicación de una carga axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas con una velocidad normal en un rango prescrito mientras sucede la falla, se calcula la resistencia a la compresión lograda por la probeta por división de carga máxima alcanzada en el ensayo.

#### **Figura 14**

Ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: Ensayo de compresión en probetas cilíndricas de concreto por Anónimo (2018)

- Ensayo de resistencia a la flexión

NTP 339.078 Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Consiste en la aplicación de carga en la tercera parte de la luz de una viga fabricada con concreto hasta el momento que ocurre una falla, se calcula el módulo de rotura. Variará la determinación de la resistencia si existen diferencias en tamaño, preparación, condiciones de humedad o si la viga ha sido cortada al tamaño requerido.

### Figura 15

Ensayo de resistencia a la flexión



Fuente: Capítulo VI Ensayos del concreto en estado endurecido por Villalobos (2020)

#### 2.4. Definición de términos básicos

- **Concreto hidráulico:**

“Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo.” (Comité ACI 318, 2015, p. 37)

- **Concreto fluido:**

Es la mezcla de diferentes materiales, entre ellos uno aglutinante como el cemento, materiales de relleno como los agregados finos y gruesos, agua y la presencia de un aditivo superplastificante o reductor de agua de alto rango, la cual logrará una trabajabilidad excepcional para su puesta en obra y finalmente endurecer alcanzando grandes resistencias.

- **Trabajabilidad del concreto:**

“La trabajabilidad del concreto es una medida de la facilidad con la que se puede colocar y compactar el hormigón fresco: es un complejo de combinación de aspectos de fluidez, cohesión, transportabilidad, compactabilidad y adherencia.” (EFNARC, 2002, p. 5)

- **Agregados del concreto**

Material granular, tal como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero. (Comité ACI 318, 2015, p. 33)

- **Relación a/c**

La relación a/c, es la razón entre la cantidad de agua y la cantidad de aglutinante presente por m<sup>3</sup>. A menor relación a/c se obtiene mayor resistencia y viceversa; sin embargo, suele ser más trabajable cuando la mezcla posee relaciones a/c más altas

- **Resistencia mecánica del concreto**

La resistencia es la capacidad de carga que puede soportar el concreto en una cierta superficie, este indicador se expresa en términos de esfuerzo y en su mayoría en kg/cm<sup>2</sup> en unidades métricas.

- **Dosis de aditivo**

La dosis de aditivo es la cantidad de aditivo que presenta la mezcla por m<sup>3</sup>, generalmente es medido directamente proporcional con la cantidad de aglutinante que contiene la mezcla, de acuerdo a la cantidad que se agregue puede manifestar resultados positivos como negativos, tanto en las propiedades del concreto como el presupuesto del mismo.

- **Aditivos para concreto**

“Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado con el fin de modificar sus propiedades.” (Comité ACI 318, 2015, p. 31)

- **Aditivo superplastificante:**

Es un químico que busca mejorar la trabajabilidad del concreto, permite reducir el volumen de agua en la mezcla incrementando su resistencia y al mejorar la fluidez del concreto facilita su puesta en obra y capacidad de ser bombeable, a largo plazo permite un mejor acabado y mayor durabilidad del concreto endurecido.

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis o supuestos teóricos

#### 3.1.1. Hipótesis general

Al incorporar los aditivos superplastificantes a base de policarboxilato en mezclas de concreto fluido, mejora las propiedades físico-mecánicas.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a) Al aumentar las dosis de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, mejora el asentamiento del concreto fluido.
- b) Al reducir la relación agua/cemento, mejora la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilatos.
- c) La trabajabilidad de las mezclas de concreto fluido con diversas adiciones (tipos de cementos, arcillas, piedra caliza) mejora con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos.

### 3.2. Variables

Variable independiente: Aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos.

Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas del concreto fluido.

#### 3.2.1. Definición conceptual

- Propiedades del concreto  
Están determinadas por las características físicas, químicas y mecánicas de la mezcla, compuesta por: agregados, cemento, agua, filler y/o aditivos, siendo estos los que definen la calidad del concreto.
- Aditivos superplastificantes

Los aditivos superplastificantes, son aditivos que se incorporan en la mezcla del concreto, estos para aportar mayor trabajabilidad a la mezcla y posteriormente ganar resistencia y durabilidad.

### 3.2.2. Definición operacional

- Propiedades del concreto

La mezcla en un estado inicial es como una masa blanda, que muestra trabajabilidad para ser operada y colocada en el molde o encofrado según la forma que se requiera.

La mezcla luego de ser colocada comienza a fraguar y endurecerse, ganando resistencia con el pasar del tiempo.

- Aditivos superplastificantes

Los aditivos superplastificantes, también conocidos como fluidificantes, reducen la cantidad de agua de la mezcla de concreto, sin modificar su consistencia y además aportando resistencia a edades tempranas.

### 3.2.3. Operacionalización de variables

**Tabla 2**

Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO	herramienta	Ítems
Propiedades del concreto fluido	Están determinadas por las características físicas, químicas y mecánicas de la mezcla, compuesta por: agregados, cemento, agua, y/o aditivos, siendo estos los que definen la calidad del concreto.	La mezcla en un estado inicial es como una masa blanda, que muestra trabajabilidad para ser operada y colocada en el molde o encofrado según la forma que se requiera.	Fresco	Trabajabilidad	Manejable	a/c	Adim.	Normas nacionales e internacionales, tesis de grado, libros, investigaciones, entre otros.	Norma E060 Concreto Armado.	Contenido de tesis
		Transporte			Tiempo (h)	Cuantitativa cont.				
		Colocación			Slump (mm)	Cuantitativa cont.				
			La mezcla luego de ser colocada comienza a fraguar y endurecerse, ganando resistencia con el pasar del tiempo.	Endurecido	Resistencia	Plasticidad	a/c	Adim.	NTP 339.034 Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	
		Compresión	MPa			Cuantitativa cont.				
		Tracción	MPa			Cuantitativa cont.				
				Flexión	MPa	Cuantitativa cont.				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3**

Operacionalización de la variable independiente

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Ítems	
Aditivos superplastificantes	Los aditivos superplastificantes, son aditivos que se incorporan en la mezcla del concreto, estos para aportar mayor trabajabilidad a la mezcla y posteriormente ganar resistencia y durabilidad.	Los aditivos superplastificantes o también conocidos como fluidificantes, reducen la cantidad de agua de la mezcla de concreto, sin modificar su consistencia y además aportando resistencia a edades tempranas.	Clasificación	Generaciones	1ra, 2da, 3ra y 4ta	Cualitativa Ordinal		NTP 334.088: 2015 Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto).		
			Composición	Agentes dispersantes		%			ASTM C1017/C1017M (Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido)	
				Humectantes		%		Normas nacionales e internacionales		
				Controladores del fraguado		%		s, tesis de	NTG 41047 (Aditivos químicos para producción de concreto fluido.	Contenido de tesis
				Promotores de resistencias		%	Cuantitativa continua	grado, libros, investigaciones, entre otros.	Especificaciones)	
				Agentes controladores del aire incorporado		%				
Preservantes		%				ASTM C 1610/C 1610 M (Método de Prueba para la Segregación Estática del Concreto Autocompactable usando la Técnica de Columna)				
			Físicas	Químicas	Absorción	Reactivos				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4**

Relación entre variables

Variable dependiente Propiedades del concreto fluido		Variable independiente Aditivos superplastificante	
Indicadores	Índices	Indicadores	Índices
Trabajabilidad	Manejable	▪Aditivo superplastificante	
	Transporte	▪Aditivo retardador de fragua ▪Aditivo inhibidor de hidratación	
	Colocación	▪Aditivo plastificante ▪Aditivo retardador de fragua ▪Aditivo acelerador de fragua	▪gr/kg de cemento
Cohesividad	Plasticidad	▪Aditivo plastificante	
	Viscosidad	▪Modificadores de viscosidad ▪Mejoradores de índice	
	Segregación	▪Aditivos cohesionante	
Resistencia	Compresión		
	Tracción		
	Flexión	▪Agua ▪Cemento ▪Agregados	▪Cantidad de Ph ▪Tipo de adición al Clinker ▪Módulo de fineza del agregado
Durabilidad	Acción de químicos		
	Desgastes		

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación es documental/bibliográfica porque procura recopilar, obtener, seleccionar, compatibilizar información acerca de los aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos, para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido, siendo este más trabajable y de altas resistencias, lo cual permitirá optimizar procesos y costos al momento de utilizarlo en obra. Según lo estudiado podremos obtener el porcentaje óptimo a utilizar del aditivo, bajo ciertos requerimientos. Finalmente, a partir de fuentes documentales, tales como libros, documentos de archivo, hemerografía, entre otros; se organizará y se colocará la información más relevante mediante citas, tablas, figuras; las cuales sean importantes para el objeto de estudio.

Las investigaciones revisadas siguen la metodología empleada por Chavarry et al. (2020), el cual se describe de la siguiente manera: método de la investigación deductivo, de orientación aplicada, enfoque cuantitativo, recaudando datos de forma retrolectiva, de tipo descriptivo, explicativo y correlacional, con un diseño experimental, longitudinal, y retrospectivo; siguiendo un estudio de cohorte.

### 4.1. Método de la investigación

El método de la presente investigación es deductivo, porque el propósito del estudio es demostrar que mejorarán las propiedades físicas y mecánicas del concreto fluido a partir de la variable independiente, que es el aditivo superplastificante. La orientación es aplicada porque pretende resolver la problemática planteada. Por la captación de información es retrolectivo porque la recolección de datos es a partir de información precedente del tema en estudio.

### 4.2. Tipo de la investigación

La investigación es descriptiva, explicativa y correlacional porque nace de una descripción del problema, posterior a ello se explica y plantea una solución en base a las fuentes documentales revisada, y

además se correlacionan las variables, ya que las propiedades físicas y mecánicas dependen de la incorporación del aditivo superplastificante.

#### 4.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque permite estudiar las variables, describiendo y cuantificando propiamente a cada una de ellas, mediante el estudio de la trabajabilidad y resistencia del concreto fluido.

#### 4.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se clasifica según su propósito de estudio en experimental, porque se manipulan los datos, es decir se cuestionará las proporciones de los aditivos en investigaciones precedentes. Según el número de mediciones es longitudinal porque se estudiarán, evaluarán, analizarán las diferentes mediciones que se realizaron en investigaciones previas. Según la cronología de las observaciones, son retrospectivo porque se cuentan con los datos ya recogidos con anterioridad. El estudio de diseño es de cohorte (causa-efecto).

#### 4.5. Población y muestra

##### 4.5.1. Población

La población de estudio se va a tomar en base a las normas establecidas en cada uno de los países donde los investigadores realizaron el estudio, teniendo como ejemplo a la norma china GB 8076-2008, Concrete Admixtures, GB/T 17671-2005 Method of testing cements-Determination of strengt. Norma americana ASTM C230 / C230M – 20 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement.

##### 4.5.2. Muestra

La muestra de estudio en la presente investigación son los ensayos de asentamiento, compresión y flexión realizados en los artículos de referencia.

#### 4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Para la recolección de datos utilizaremos diferentes plataformas vía internet, videoconferencias, asesoramiento virtual y plataformas de datos académicos (Scopus y Proquest) que nos permitieron tener una buena recopilación de datos, debido a la coyuntura actual del (COVID 19) el instrumento más accesible y de gran utilidad es la web, mediante la cual podemos conectarnos con otras personas especialistas en el tema, podemos buscar información, no solo de nuestra localidad sino en todo el mundo, por ello será el instrumento principal para lograr el objetivo de la presente investigación.

#### 4.7. Descripción de procesamientos de análisis

Se realizarán múltiples lecturas, desarrollo de resúmenes, atender conferencias y asesoramiento virtual, mediante un programa de asesoramiento de tesis de alto nivel en la Universidad Ricardo Palma, de esta manera se procederá a llevar la investigación descriptiva por la mejor ruta para lograr obtener suficiente material de estudio para conocer todos los beneficios que nos puede proporcionar el concreto fluido con la incorporación de fluidificantes y tener una noción amplia en este tipo de concretos para tener en cuenta al momento de usar nuevas tecnologías.

Los datos obtenidos se recopilarán de información estudiada y actualizada, puesto que nos centramos en un tema de investigación muy a la vanguardia para la tecnología del concreto, basándonos en libros desde los orígenes hasta las últimas tecnologías del concreto fluido.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 5.1. Resultados de la investigación

El aditivo superplastificante a base de policarboxilatos, presenta diferentes comportamientos dependiendo de diferentes factores: estructura química del aditivo superplastificante (policarboxilato), tipo de cemento, relación a/c, factores externos, entre otros, con el que será mezclado, por ello, en esta investigación presentamos una recopilación de estudios científicos y ensayos que evidencian diferentes comportamientos ante la variación de lo antes mencionado.

Cabe resaltar que los ensayos realizados en los diferentes estudios son de carácter internacional, mostrando resultados contundentes y significativos para conocer y poder predecir el comportamiento del policarboxilato ante similares y diferentes situaciones.

#### **Analizando la dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato para la mejora del asentamiento del concreto fluido**

**Artículo 1:** Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo. Zheng, et al, (2019)

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato a base de lignina (PCE-Ls) con polioxietileno éter modificado con lignina (KL-TPEG) como uno de los monómeros. La preparación de PCE-Ls se llevó a cabo mediante el uso de una estrategia de polimerización radical.
- Contenido de la mezcla: Se llevó a cabo la preparación de una mezcla de pasta de cemento, en la cual se empleó cemento Portland ordinario, una relación a/c de 0.29, adicionalmente las dosis de aditivo superplastificante fueron de 0.07% a 0.15% el peso del cemento.
- Método de ensayo: De igual forma para medir la fluidez de la pasta de cemento se realizó mediante el miniexperimento de asentamiento según el estándar nacional chino “métodos para probar la uniformidad de la mezcla de hormigón” (GB / T8077-2012).
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 5**

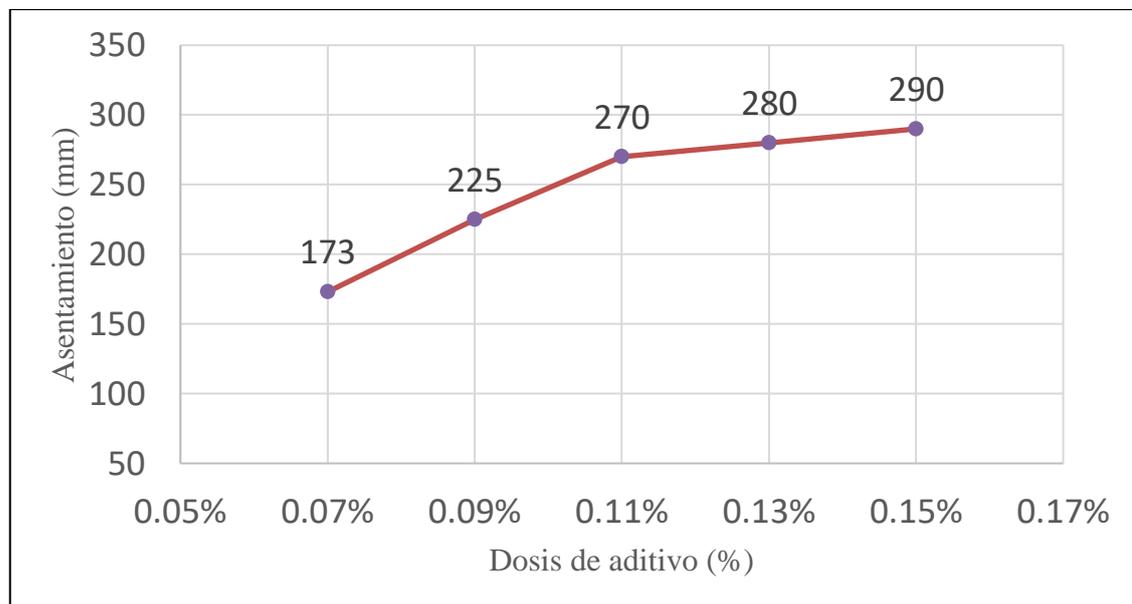
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 0%

Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 0% de lignina	Asentamiento (mm) - PCE-B% (1)
0.07%	173
0.09%	225
0.11%	270
0.13%	280
0.15%	290

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 0%



Fuente: Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo. Zheng, et al, (2019)

**Tabla 6**

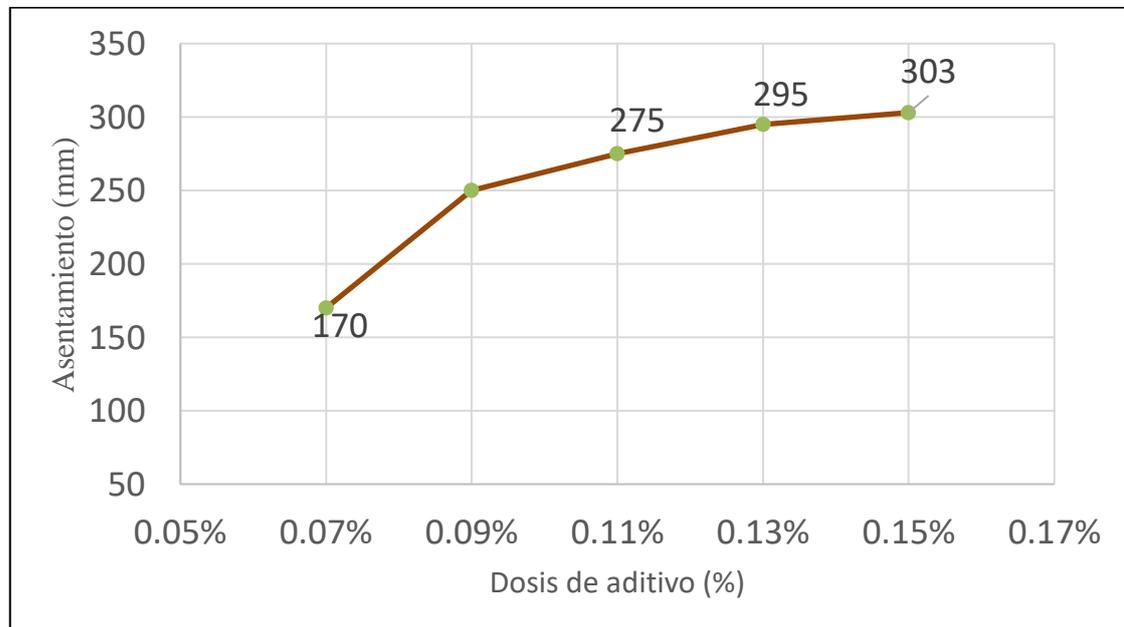
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 2%

Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 2% de lignina	Asentamiento (mm)
0.07%	170
0.09%	250
0.11%	275
0.13%	295
0.15%	303

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 2%



Fuente: Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo. Zheng, et al, (2019)

**Tabla 7**

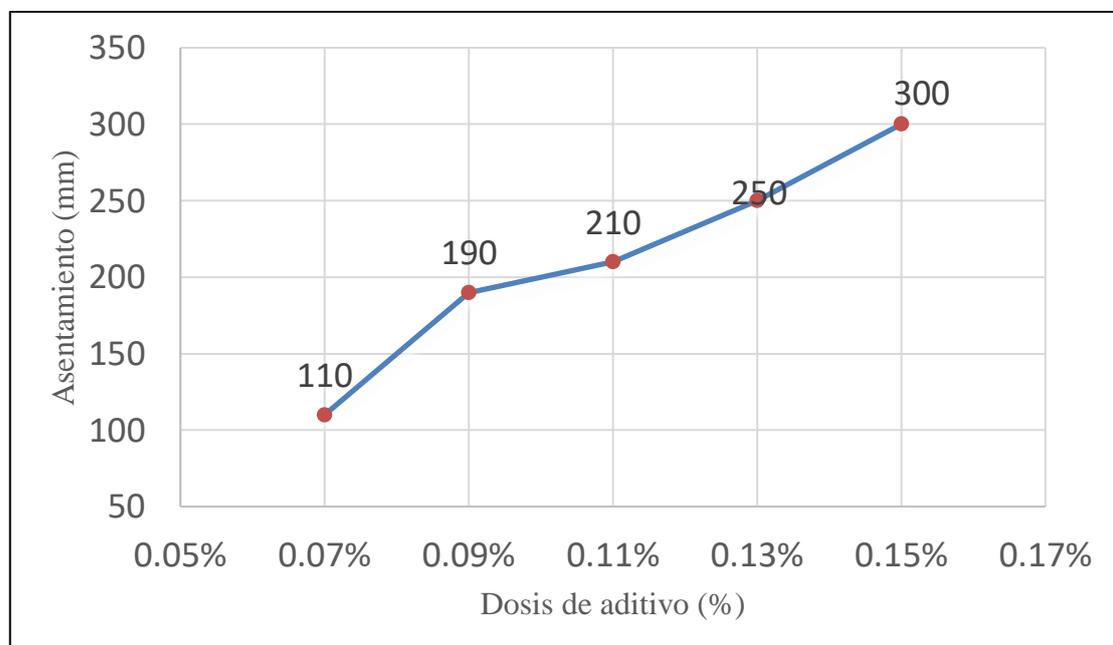
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 10%

Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 10% de lignina	Asentamiento (mm)
0.07%	110
0.09%	190
0.11%	210
0.13%	250
0.15%	300

Fuente: Elaboración propia

**Figura 18**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 10%



Fuente: Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo. Zheng, et al, (2019)

**Tabla 8**

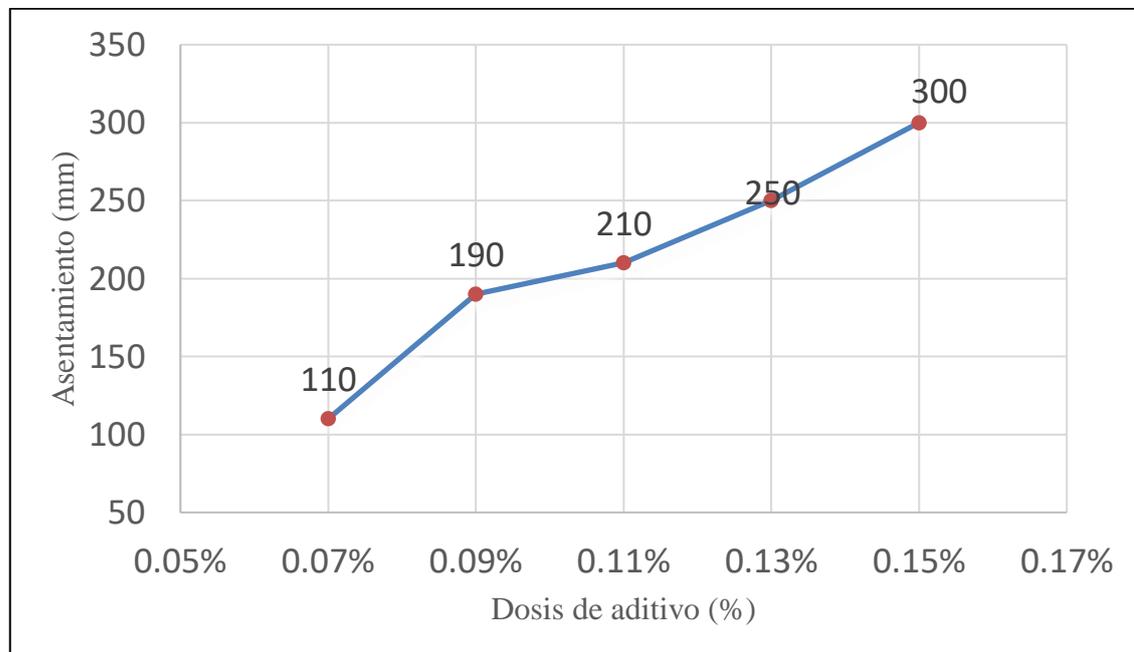
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con policarboxilato a base de lignina de 30%

Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 30% de lignina	Asentamiento (mm)
0.07%	110
0.09%	190
0.11%	210
0.13%	250
0.15%	300

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato a base de lignina de 30%



Fuente: Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo. Zheng, et al, (2019)

**Artículo 2:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de polycarboxilato con diferentes tipos de cemento.

- Tipo de polycarboxilato: En esta investigación se utilizaron cinco marcas de aditivos superplastificante (SP) a base de polycarboxilato (CC, SV, AS, BA, BS) convencionales que actualmente están disponibles en el mercado local en Indonesia.
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla de mortero a base de cemento Portland y cemento Puzolánico con los diferentes aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos (CC, SV, AS, BA, BS). La relación a/c fue de 0.30 y la dosis de aditivo varió de 0% a 0.8%.
- Método de ensayo: La trabajabilidad de la mezcla fresca se midió usando un aparato de prueba de tabla de flujo de acuerdo con ASTM C230, midiendo diferentes asentamientos alcanzados en el mortero luego de 25 golpes.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 9**

Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base polycarboxilato (CC) con cemento Portland

Dosis de polycarboxilato con cemento Portland CC (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	100
0.10%	110
0.20%	125
0.30%	140
0.40%	155
0.50%	155
0.60%	170

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10**

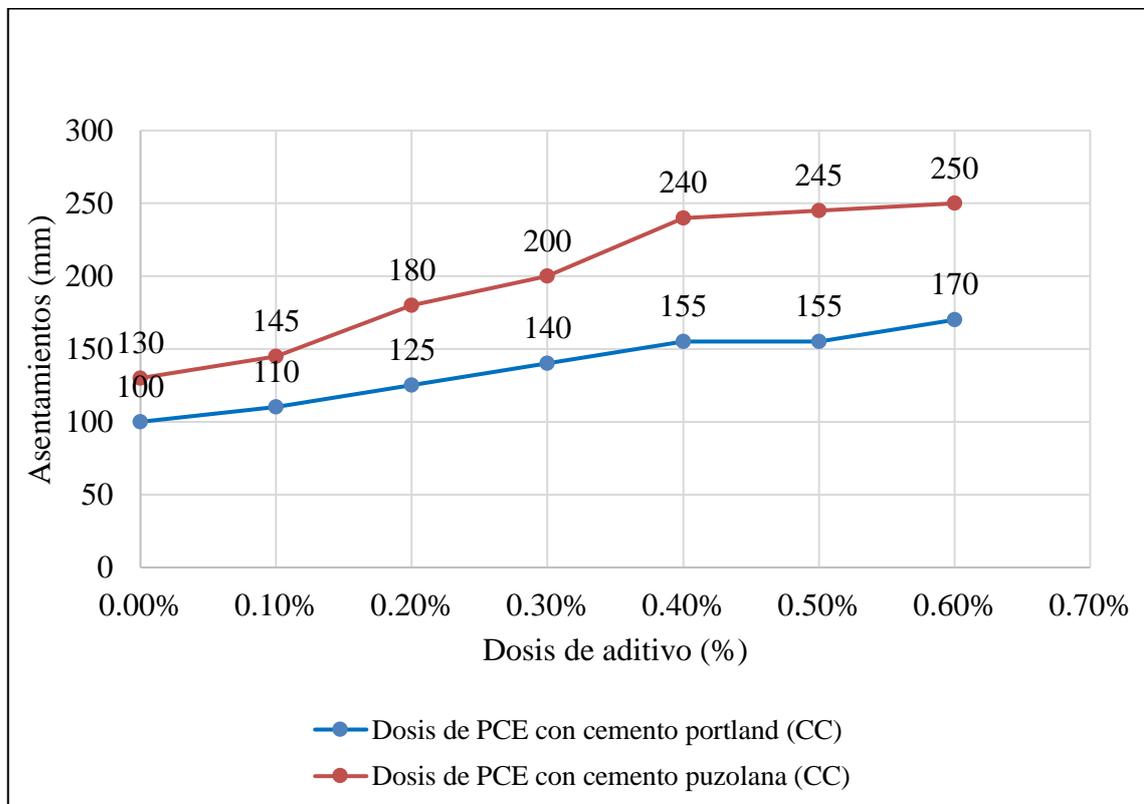
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (CC) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento puzolana CC (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	130
0.10%	145
0.20%	180
0.30%	200
0.40%	240
0.50%	245
0.60%	250

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (CC) con cemento Portland y cemento Puzolánico



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 11**

Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (SV) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento Portland SV (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	100
0.10%	110
0.20%	130
0.30%	135
0.40%	145
0.50%	150
0.60%	155

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12**

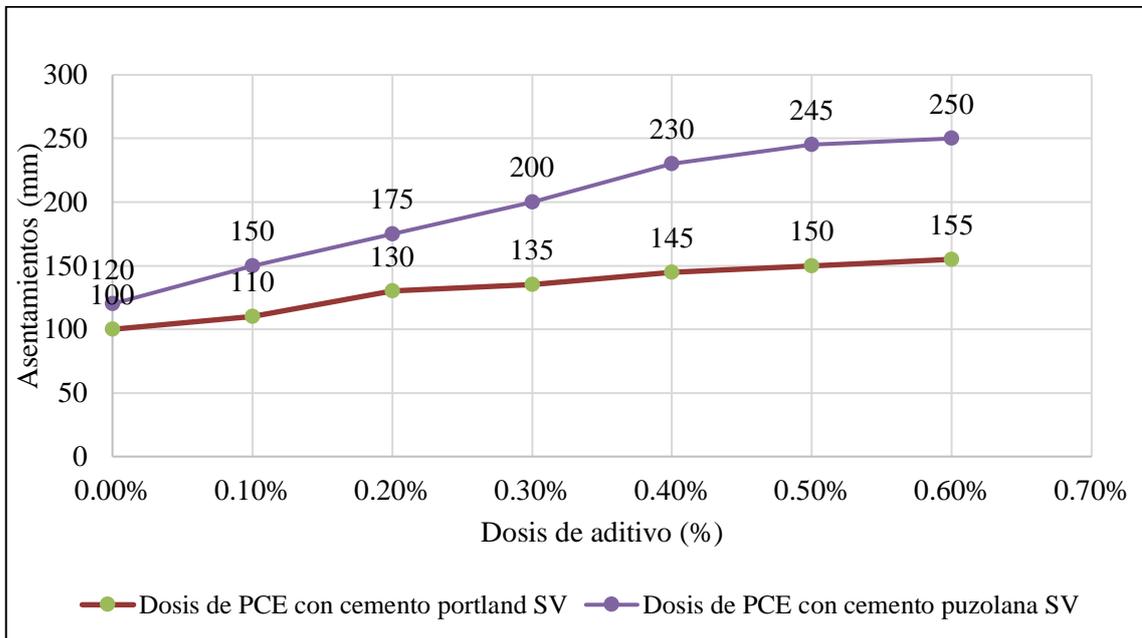
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (SV) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento puzolana SV (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	120
0.10%	150
0.20%	175
0.30%	200
0.40%	230
0.50%	245
0.60%	250

Fuente: Elaboración propia

**Figura 21**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (SV) con cemento Portland y cemento Puzolánico



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 13**

Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (AS) con cemento Portland

Dosis de PCE con cemento portland AS (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	100
0.10%	110
0.20%	120
0.30%	130
0.40%	140
0.50%	170
0.60%	190
0.70%	195
0.80%	200

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14**

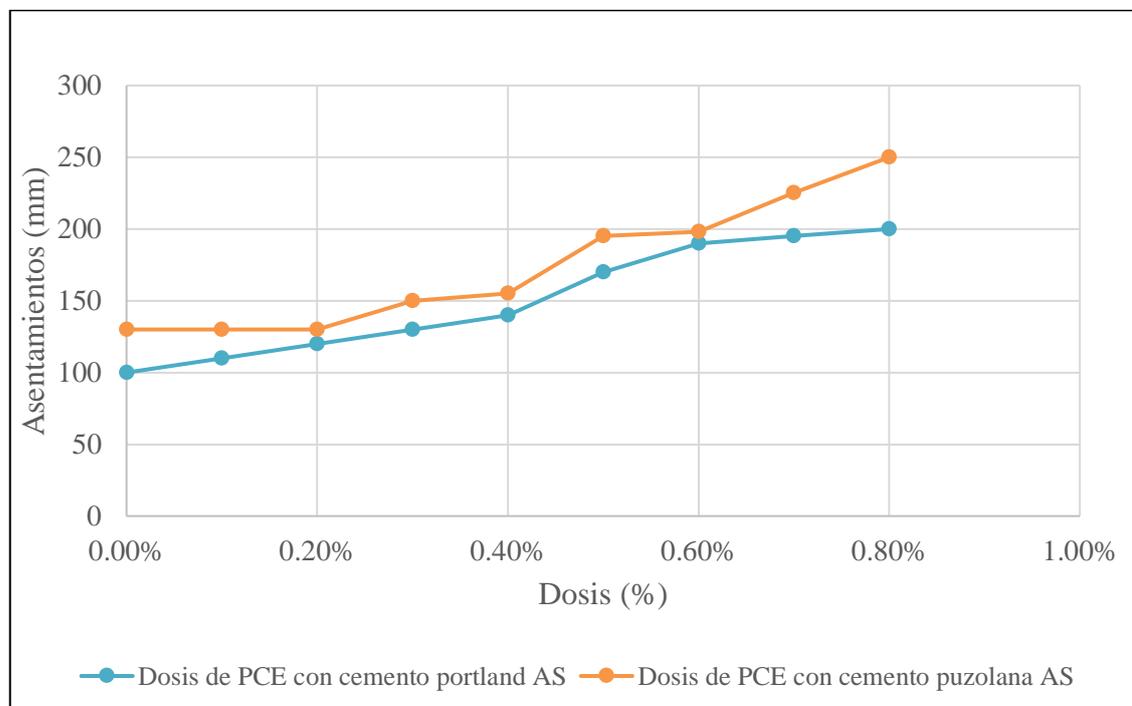
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (AS) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento puzolana AS (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	130
0.10%	130
0.20%	130
0.30%	150
0.40%	155
0.50%	195
0.60%	198
0.70%	225
0.80%	250

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (AS) con cemento Portland y cemento Puzolánico



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 15**

Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BA) con cemento Portland

Dosis de PCE con cemento portland BA (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	100
0.10%	105
0.20%	110
0.30%	125
0.40%	140
0.50%	150
0.60%	170

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16**

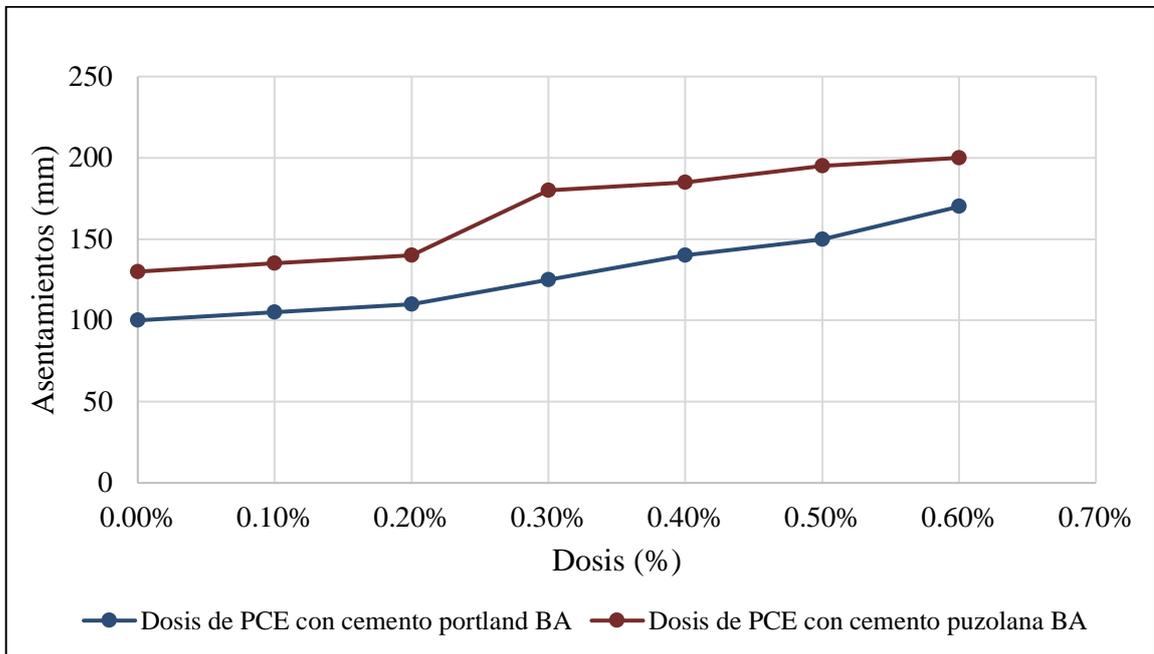
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BA) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento puzolana BA (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	130
0.10%	135
0.20%	140
0.30%	180
0.40%	185
0.50%	195
0.60%	200

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (BA) con cemento Portland y cemento Puzolánico



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 17**

Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BS) con cemento Portland

Dosis de PCE con cemento portland BS (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	100
0.10%	120
0.20%	140
0.30%	145
0.40%	150
0.50%	180
0.60%	200

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18**

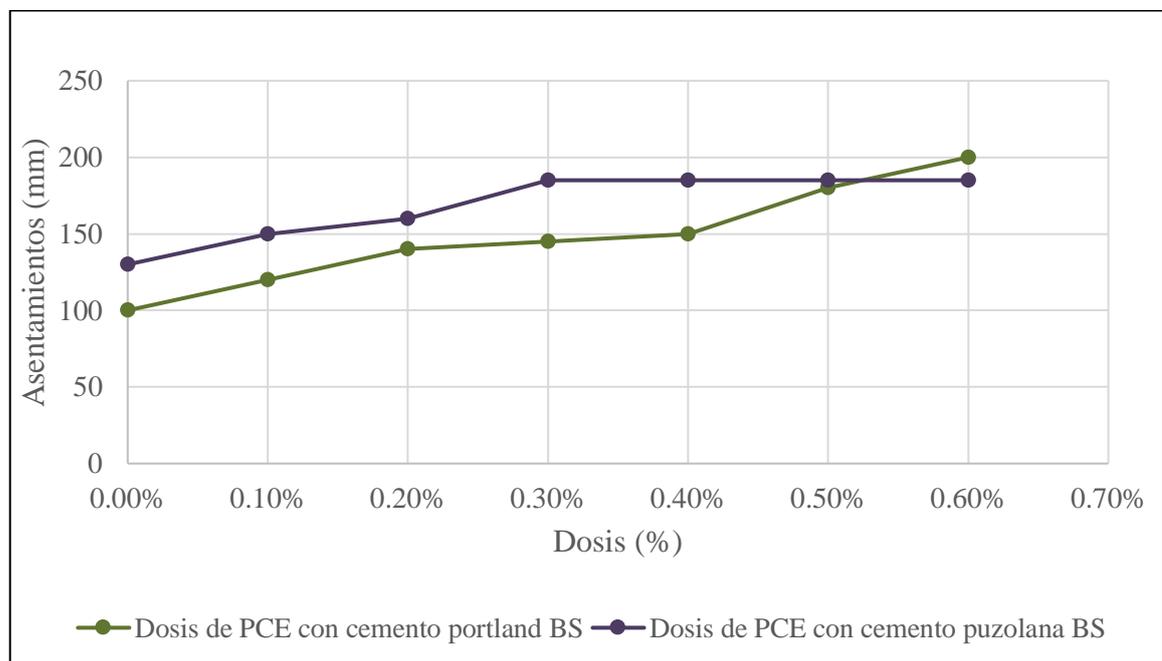
Ensayo de asentamiento para una pasta de cemento con aditivo superplastificante a base policarboxilato (BS) con cemento Puzolánico

Dosis de PCE con cemento puzolana BS (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	130
0.10%	150
0.20%	160
0.30%	185
0.40%	185
0.50%	185
0.60%	185

Fuente: Elaboración propia

**Figura 24**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato (BS) con cemento Portland y cemento Puzolánico



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Artículo 3:** Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice.

- Tipo de policarboxilato: Superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice (NS/PCE)
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla de mortero a base de cemento Portland con aditivo superplastificantes a base de policarboxilato dopado con nanosílice bajo una sintetización de este a 5%, 10%, 20% y 30% (NS/PCE1, NS/PCE2, NS/PCE3, NS/PCE4) con dosis de 0.10% a 0.50% el peso del cemento con relaciones a/c de 0.32 a 0.44
- Método de ensayo: La fluidez de la pasta de cemento se llevó a cabo de acuerdo con la norma china GB / T 8077-2012 (Métodos para probar la uniformidad de la mezcla de hormigón.) a su vez este se estandariza bajo la norma GB/T 50080-2016 (Norma para el método de prueba de rendimiento en hormigón fresco ordinario) en la que se evalúa un ensayo de escurrimiento
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 19**

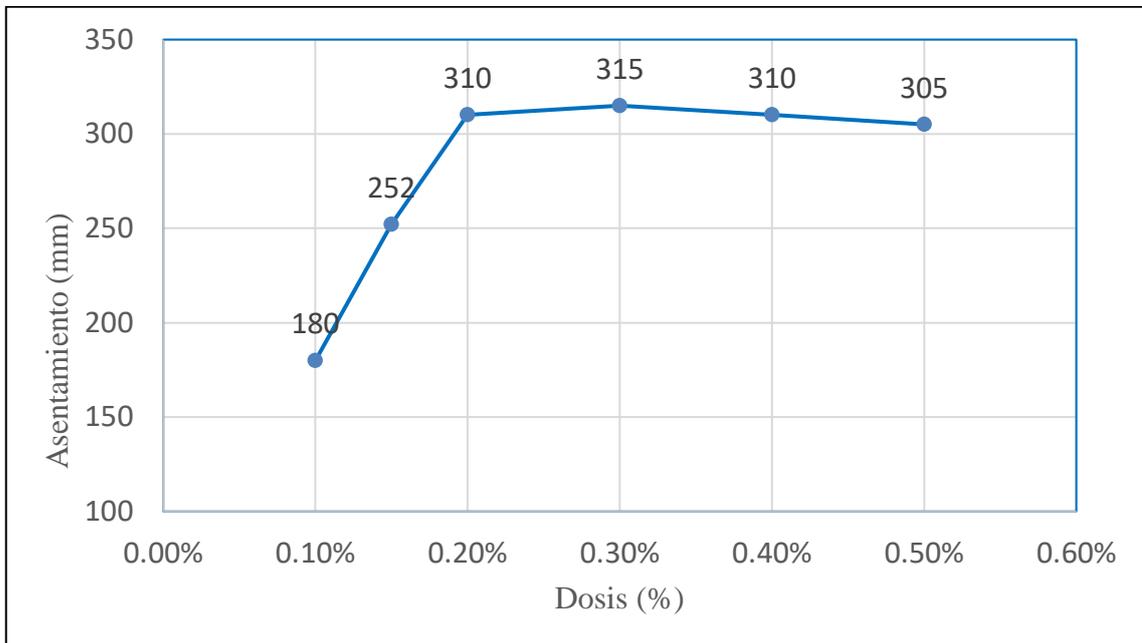
Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 0%

Dosis de aditivo policarboxilato (%)	Asentamiento (mm)
0.10%	180
0.15%	252
0.20%	310
0.30%	315
0.40%	310
0.50%	305

Fuente: Elaboración propia

**Figura 25**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 0%



Fuente: Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice. Ren, et al, (2020)

**Tabla 20**

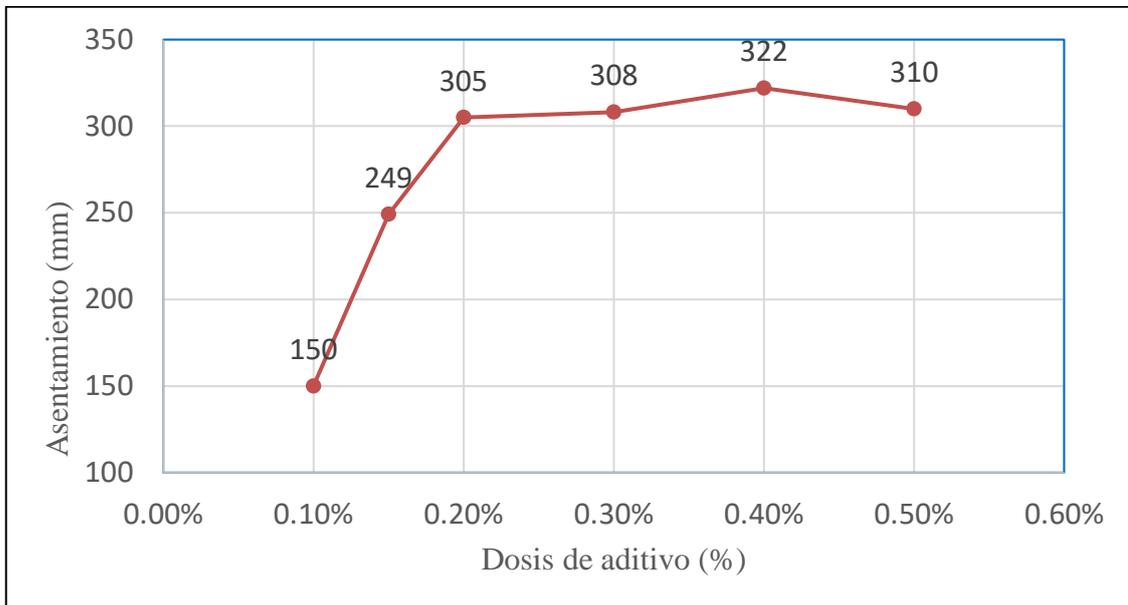
Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 5%

Policarboxilato con síntesis de nanosílice 5%	Asentamiento (mm)
0.10%	150
0.15%	249
0.20%	305
0.30%	308
0.40%	322
0.50%	310

Fuente: Elaboración propia

**Figura 26**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 5%



Fuente: Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice. Ren, et al, (2020)

**Tabla 21**

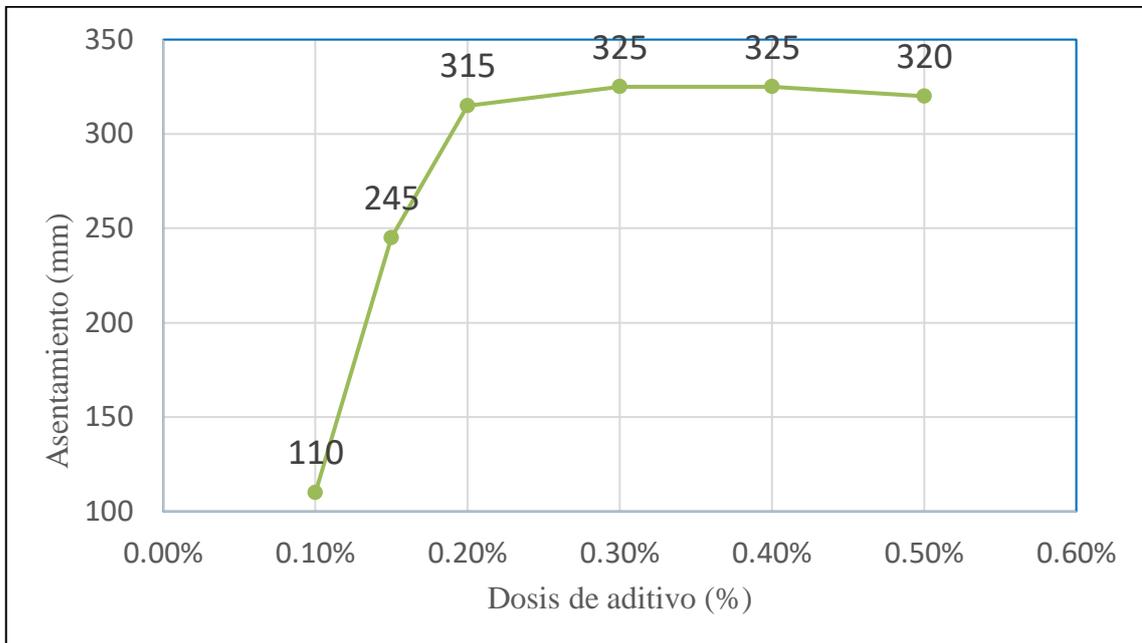
Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 10%

Policarboxilato con síntesis de nanosílice 10%	Asentamiento (mm)
0.10%	110
0.15%	245
0.20%	315
0.30%	325
0.40%	325
0.50%	320

Fuente: Elaboración propia

**Figura 27**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 10%



Fuente: Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice. Ren, et al, (2020)

**Tabla 22**

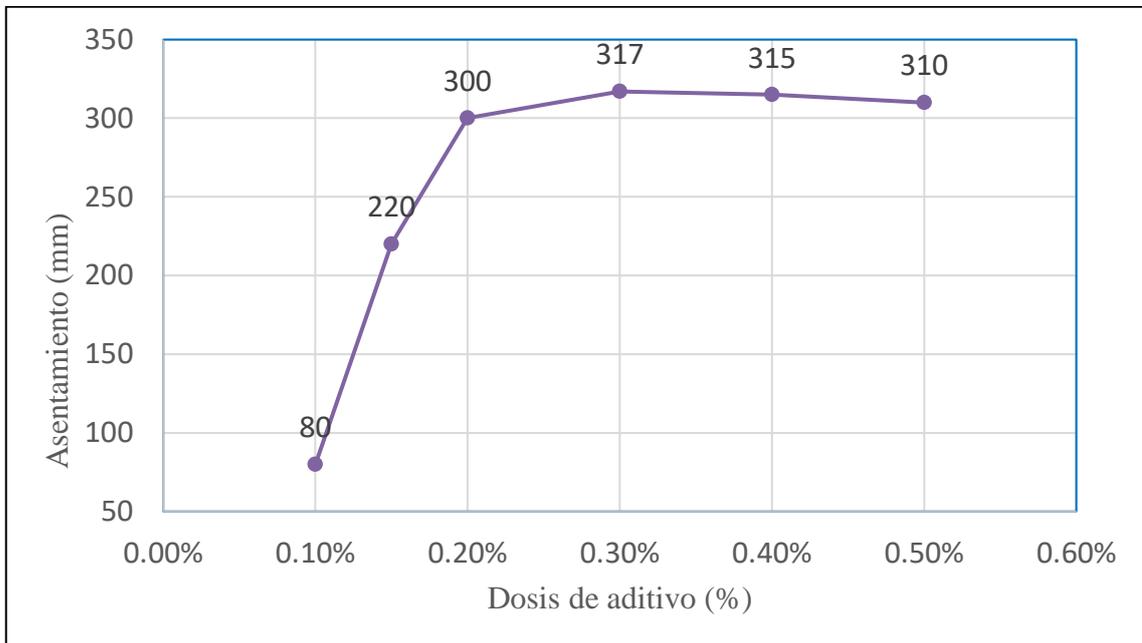
Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 20%

Policarboxilato con síntesis de nanosílice 20%	Asentamiento (mm)
0.10%	80
0.15%	220
0.20%	300
0.30%	317
0.40%	315
0.50%	310

Fuente: Elaboración propia

**Figura 28**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 20%



Fuente: Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice. Ren, et al, (2020)

**Tabla 23**

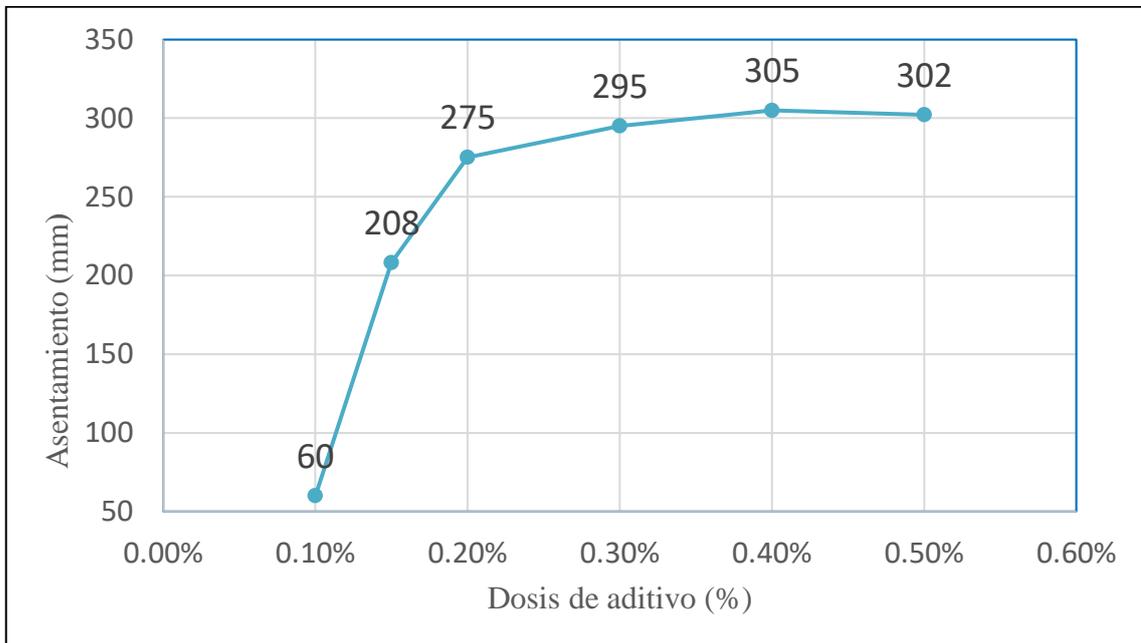
Fluidez inicial mediante ensayo de escurrimiento para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato dopados con nanosílice 30%

Policarboxilato con síntesis de nanosílice 30%	Asentamiento (mm)
0.10%	75
0.15%	208
0.20%	275
0.30%	295
0.40%	305
0.50%	302

Fuente: Elaboración propia

**Figura 29**

Asentamiento de pasta de cemento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato dopado con nanosílice 30%



Fuente: Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice. Ren, et al, (2020)

**Artículo 4:** Efecto de la dosificación del superplastificante en la correlación del hormigón autocompactante entre reología y resistencia

- Tipo de policarboxilato: Solución acuosa de policarboxilatos modificados - ViscoCrete Krono 20 HE, fabricado por la sociedad de Sika France
- Contenido de la mezcla: Se realizaron nueve tipos de concreto, utilizando diferentes porcentajes de superplastificantes (SP) (0% a 1%); se utilizó cemento gris de alta resistencia CEM I 52.5 R, fabricado por la sociedad de cemento Calcia según la norma europea EN 197-1 y arena triturada de 0/2 mm y grava triturada de 4/10 mm. La relación a/c fue de 0.37
- Método de ensayo: Para medir la trabajabilidad se realizó el ensayo de escurrimiento (slump flow) para concreto autocompactante descrito por la AFGC (Asociación Francesa de Ingeniería Civil) y la norma EFNARC.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 24**

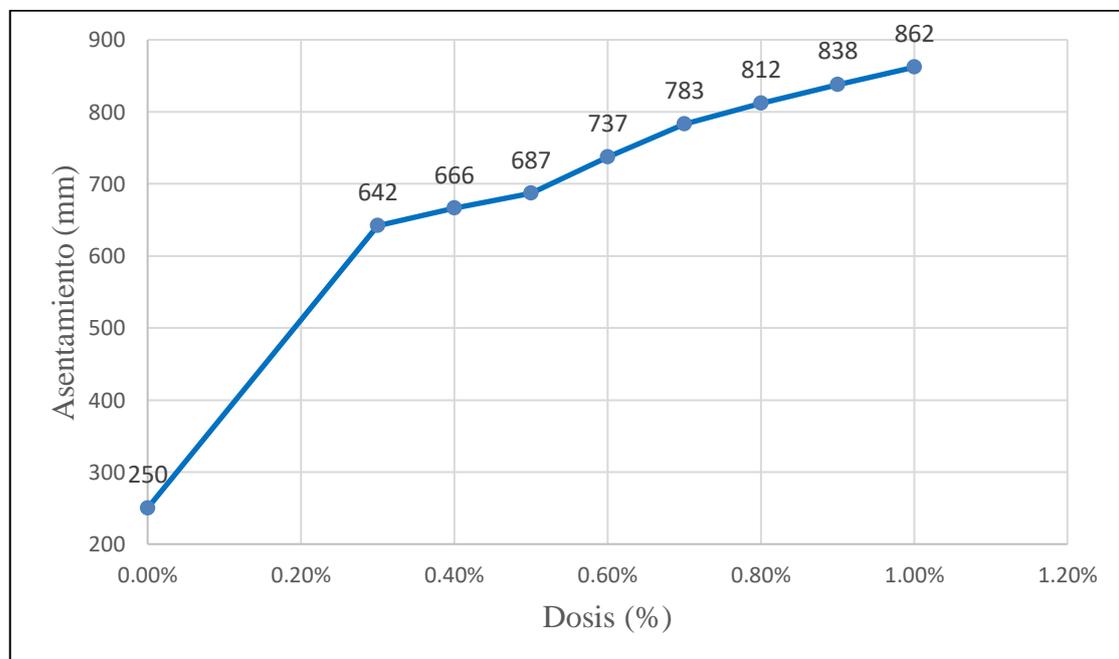
Resultado de ensayo de escurrimiento (slump flow) para mezclas de concreto con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis de aditivo (%)	Asentamiento (mm)
0.00%	250
0.30%	642
0.40%	666
0.50%	687
0.60%	737
0.70%	783
0.80%	812
0.90%	838
1.00%	862

Fuente: Elaboración propia

**Figura 30**

Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo policarboxilato



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 5:** Influencia de la presión de bombeo en la curva de viscosidad y estabilidad reológica del mortero que incorpora policarboxilato

- Tipo de policarboxilato: PCE en forma de peine copolimerizado de metacrilato de metoxi polietilenglicol (MPEG) convencional con ácido metacrílico.
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla con cemento Portland Tipo I, y con agregados que usaron arena de sílice que cumplía una especificación en ISO 679: 2009 (Cemento-Métodos de prueba-Determinación de la resistencia). Las partículas de arena estaban en el rango de 0,1 - 1,5 mm y su clasificación se regularizó en la norma ISO. La relación a/c fue de 0.35 en todas las muestras y la dosis de aditivo varió de 0.12% a 0.34% del peso del cemento.
- Método de ensayo: Flujo de mini slump de muestras de mortero mediante el cono de hagerman con un diámetro inferior de 100 mm, en mezclas 12 muestras con diferentes dosis de aditivos y porcentaje de sólidos aumentando el contenido de arena y reduciendo el contenido del cemento. (M1, M2 y M3)
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 25**

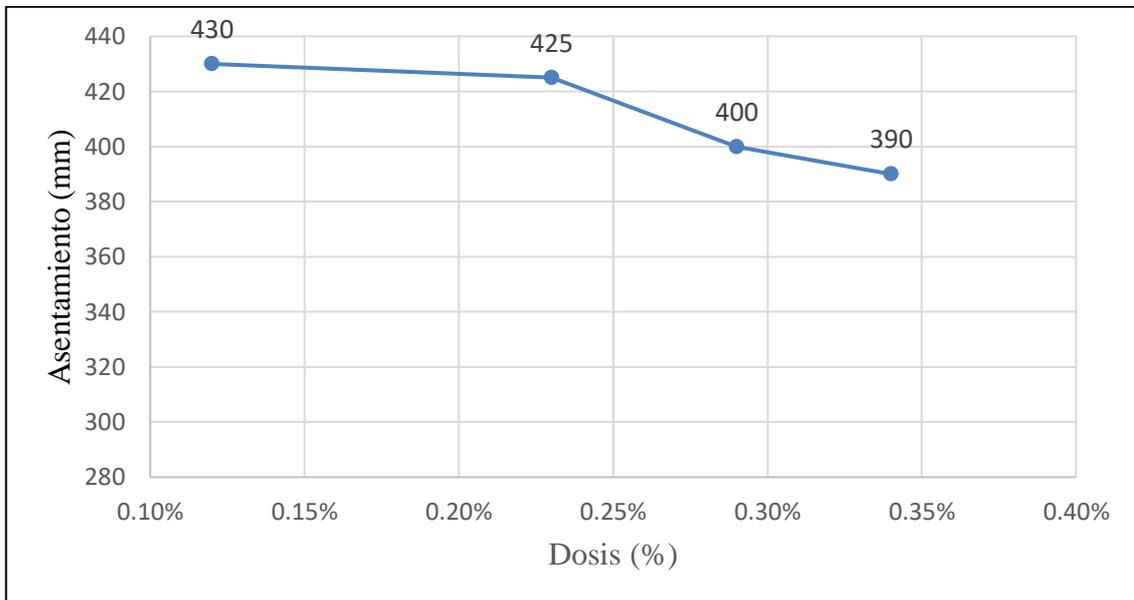
Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 22% de sólidos

Dosis de policarboxilato con 22% de sólidos	Asentamiento (mm)
0.12%	430
0.23%	425
0.29%	400
0.34%	390

Fuente: Elaboración propia

**Figura 31**

Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 22% de sólidos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26**

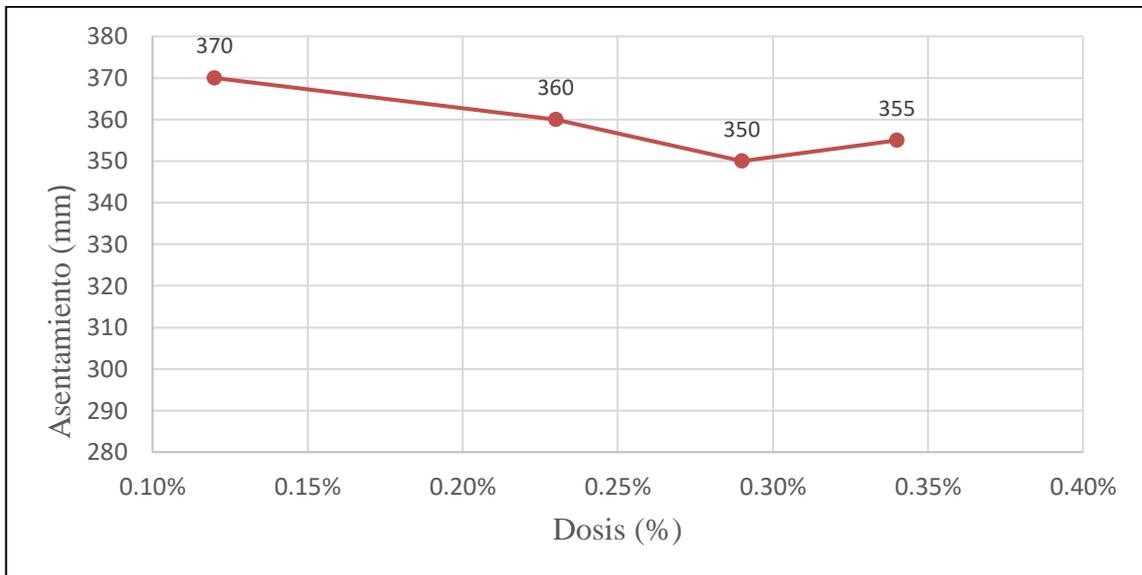
Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 36% de sólidos

Dosis de policarboxilato con 36% de sólidos	Asentamiento (mm)
0.12%	370
0.23%	360
0.29%	350
0.34%	355

Fuente: Elaboración propia

**Figura 32**

Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 36% de sólidos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27**

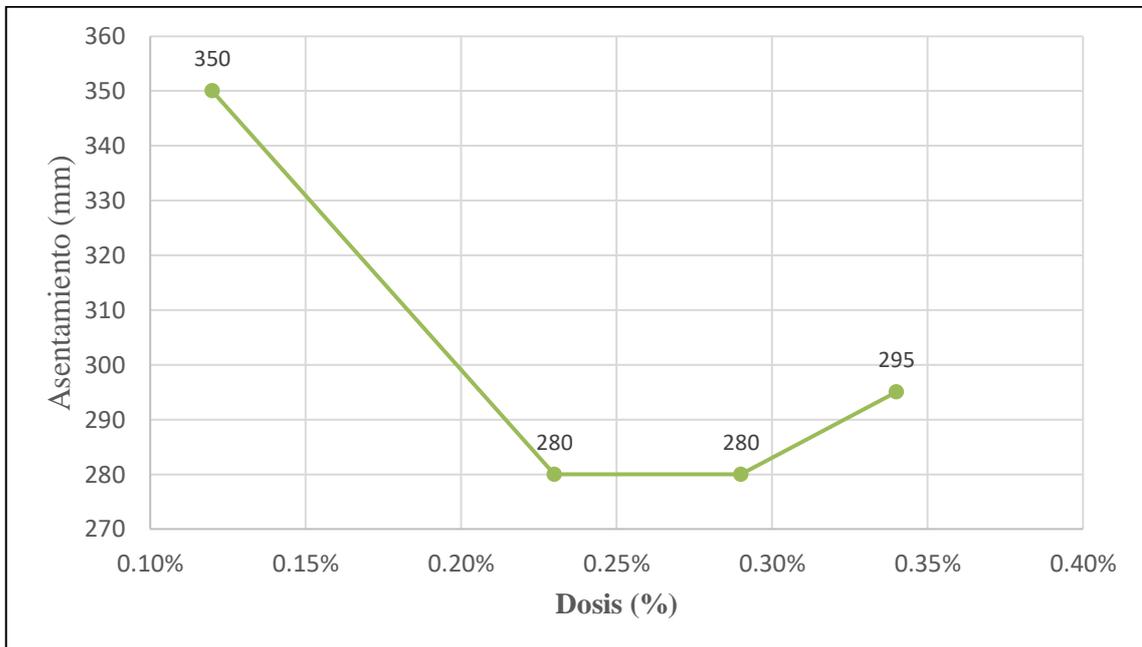
Resultados de ensayo de escurrimiento (mini slump) en mezcla con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 53% de sólidos

Dosis de policarboxilato con 53% de sólidos	Asentamiento (mm)
0.12%	350
0.23%	280
0.29%	280
0.34%	295

Fuente: Elaboración propia

**Figura 33**

Asentamiento (mm) vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con 53% de sólidos



Fuente: Elaboración propia

**Analizando la relación a/c para mejorar la resistencia del concreto fluido con aditivo superplastificante a base de policarboxilato.**

**Artículo 6:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento

- Tipo de policarboxilato: En esta investigación se utilizaron cinco marcas de aditivos superplastificante (SP) a base de policarboxilato (CC, SV, AS, BA, BS) convencionales que actualmente están disponibles en el mercado local en Indonesia.
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla de mortero a base de cemento Portland con diferentes aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos (CC, SV, AS, BA, BS). La relación a/c varió entre 0.25, 0.30 y 0.35. La dosis de aditivo también varió de 0% a 1.00%.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en las probetas de mortero en cubos a los 7 y 28 días, el tiempo de fraguado inicial se determinó como el tiempo en la mediana del aumento de temperatura, mientras que el tiempo de fraguado final como el tiempo en que se alcanzó la temperatura

máxima esta medición fue para simplificar el método de prueba basado en ASTM C1679.

- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 28**

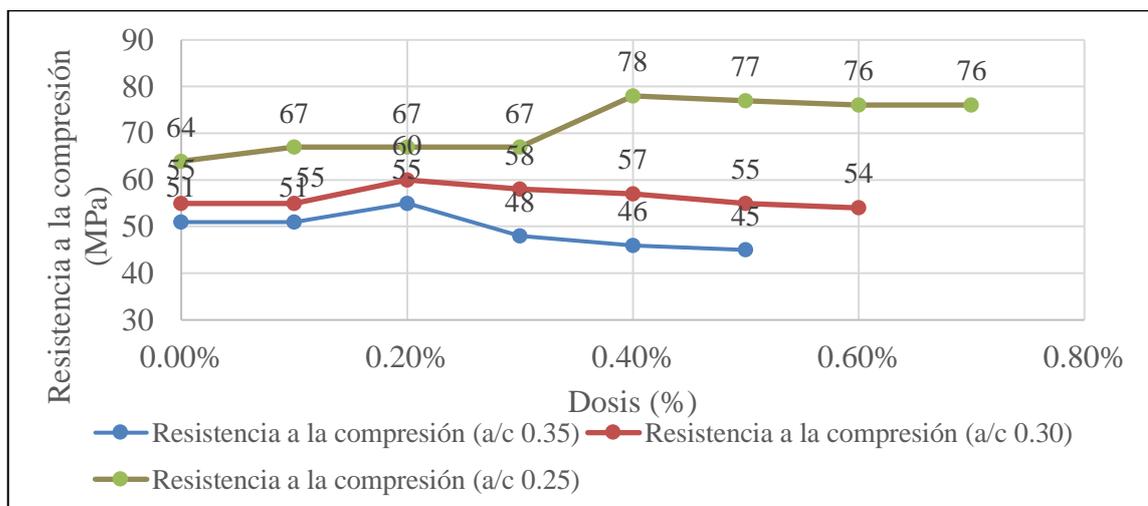
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato CC

Aditivo superplastificante CC	Resistencia a la compresión (a/c 0.35)	Resistencia a la compresión (a/c 0.30)	Resistencia a la compresión (a/c 0.25)
0.00%	51	55	64
0.10%	51	55	67
0.20%	55	60	67
0.30%	48	58	67
0.40%	46	57	78
0.50%	45	55	77
0.60%		54	76
0.70%			76

Fuente: Elaboración propia

**Figura 34**

Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato CC



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 29**

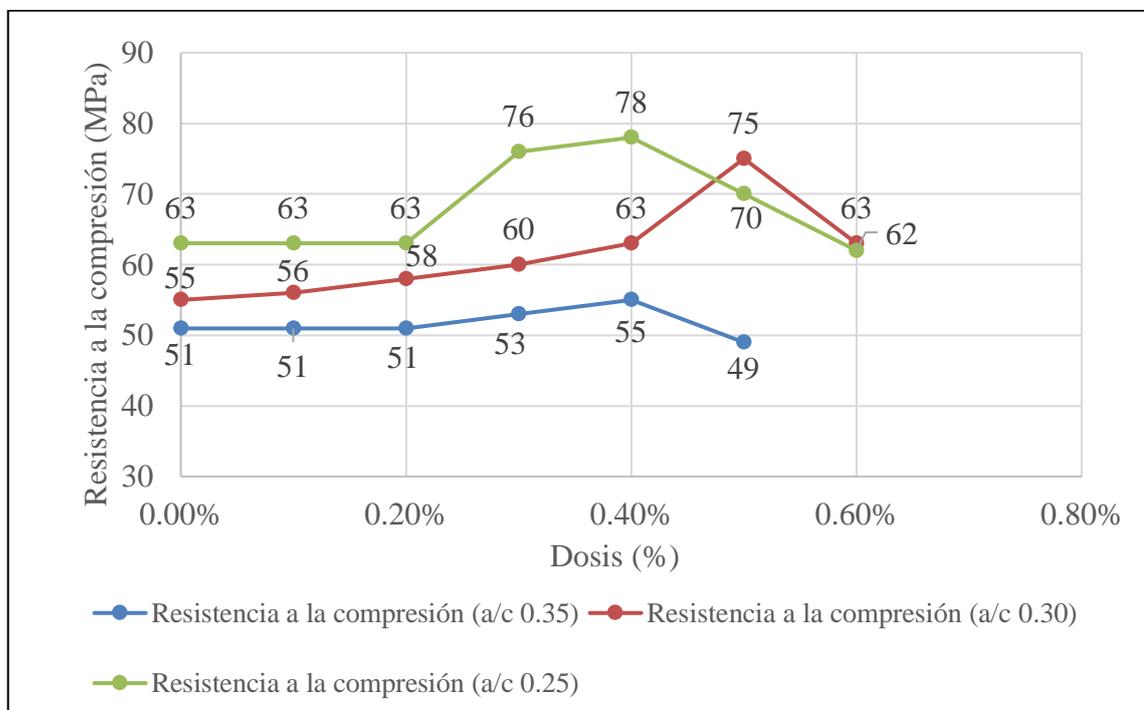
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato SV

Aditivo superplastificante SV	Resistencia a la compresión (a/c 0.35)	Resistencia a la compresión (a/c 0.30)	Resistencia a la compresión (a/c 0.25)
0.00%	51	55	63
0.10%	51	56	63
0.20%	51	58	63
0.30%	53	60	76
0.40%	55	63	78
0.50%	49	75	70
0.60%		63	62

Fuente: Elaboración propia

**Figura 35**

Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato SV



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 30**

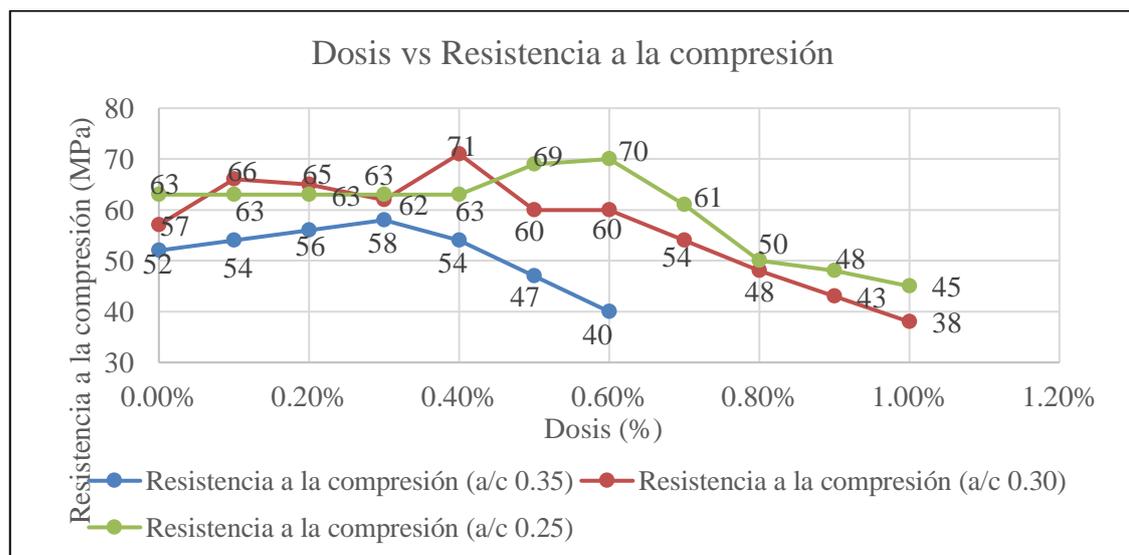
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato AS

Aditivo superplastificante AS	Resistencia a la compresión (a/c 0.35)	Resistencia a la compresión (a/c 0.30)	Resistencia a la compresión (a/c 0.25)
0.00%	52	57	63
0.10%	54	66	63
0.20%	56	65	63
0.30%	58	62	63
0.40%	54	71	63
0.50%	47	60	69
0.60%	40	60	70
0.70%		54	61
0.80%		48	50
0.90%		43	48
1.00%		38	45

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36**

Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato AS



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 31**

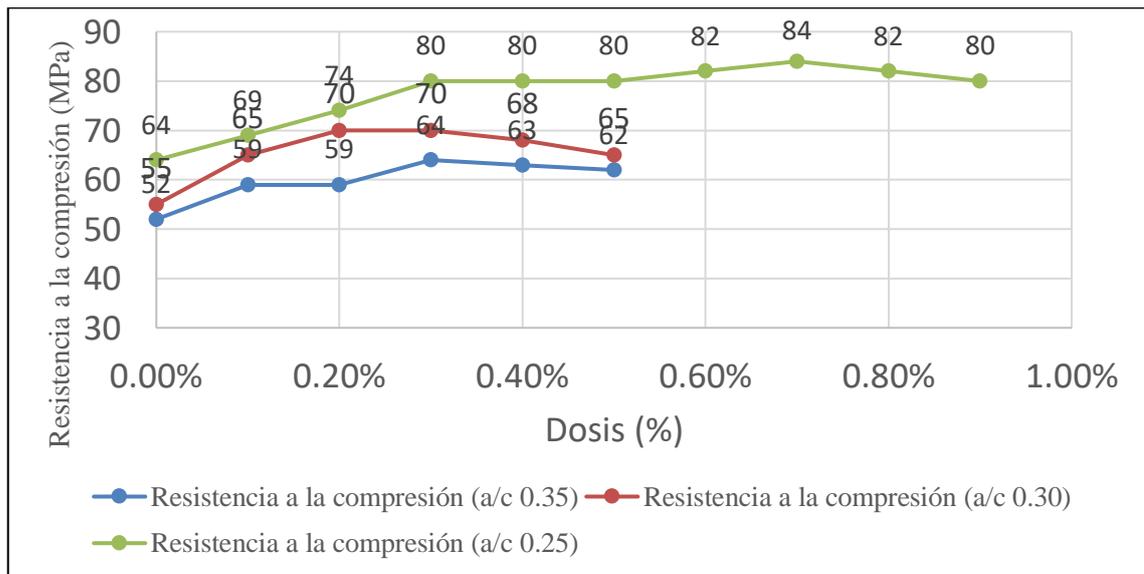
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BA

Aditivo superplastificante BA	Resistencia a la compresión (a/c 0.35)	Resistencia a la compresión (a/c 0.30)	Resistencia a la compresión (a/c 0.25)
0.00%	52	55	64
0.10%	59	65	69
0.20%	59	70	74
0.30%	64	70	80
0.40%	63	68	80
0.50%	62	65	80
0.60%			82
0.70%			84
0.80%			82
0.90%			80

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37**

Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BA



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Tabla 32**

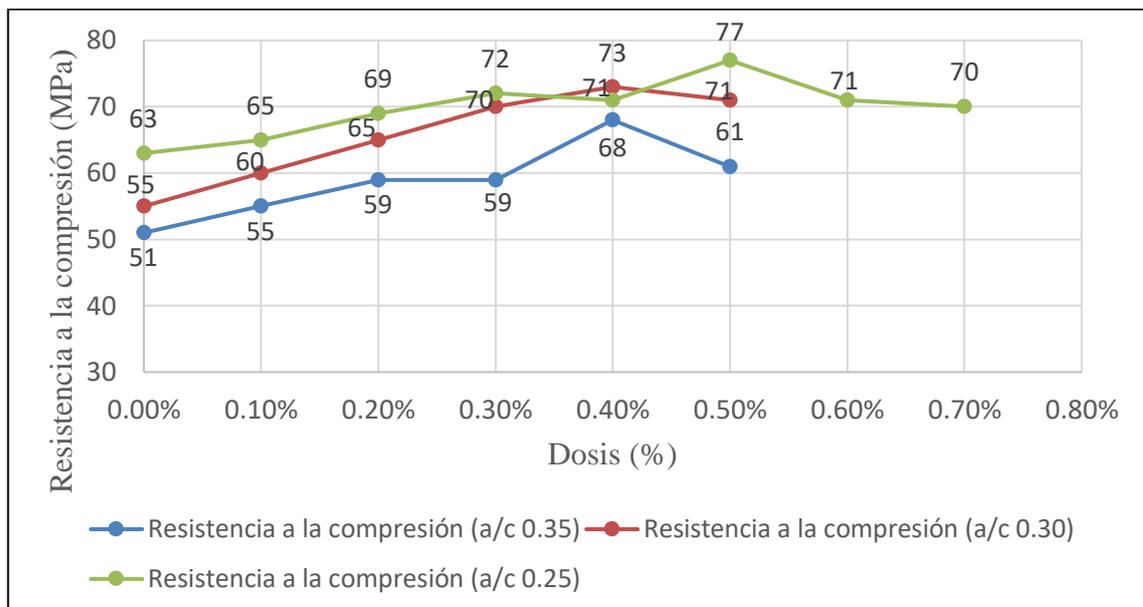
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BS

Aditivo superplastificante BS	Resistencia a la compresión (a/c 0.35)	Resistencia a la compresión (a/c 0.30)	Resistencia a la compresión (a/c 0.25)
0.00%	51	55	63
0.10%	55	60	65
0.20%	59	65	69
0.30%	59	70	72
0.40%	68	73	71
0.50%	61	71	77
0.60%			71
0.70%			70

Fuente: Elaboración propia

**Figura 38**

Resistencia a la compresión vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato BS



Fuente: Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento. Antoni, et al, (2017)

**Artículo 7:** Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice.

- Tipo de policarboxilato: Superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice (NS/PCE)
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla de mortero a base de cemento Portland con aditivo superplastificantes a base de policarboxilato dopado con nanosílice bajo una sintetización de este a 5%, 10%, 20% y 30% (NS/PCE1, NS/PCE2, NS/PCE3, NS/PCE4) con dosis de 0.10% a 0.50% el peso del cemento con relaciones a/c de 0.32 a 0.44
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión de los morteros de cemento endurecido se ensayó de acuerdo con la norma china GB / T 17671-2005.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 33**

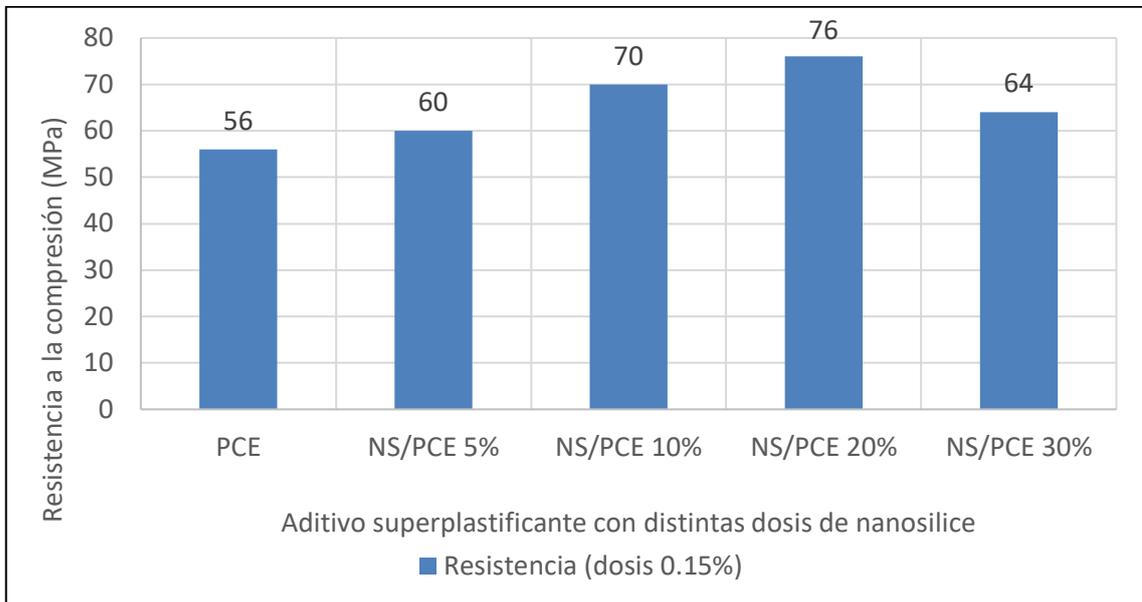
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato sintetizado con diferentes porcentajes de nanosílices

Aditivo superplastificante	Resistencia a la compresión (MPa), dosis PCE 0.15%
PCE	56
NS/PCE 5%	60
NS/PCE 10%	70
NS/PCE 20%	76
NS/PCE 30%	64

Fuente: Elaboración propia

**Figura 39**

Resistencia a la compresión (MPa) para mezclas con aditivo superplastificante con nanosilice, dosis PCE 0.15%.



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34**

Resultados de ensayo de resistencia a la flexión en mezclas de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato sintetizado con diferentes porcentajes de nanosílices

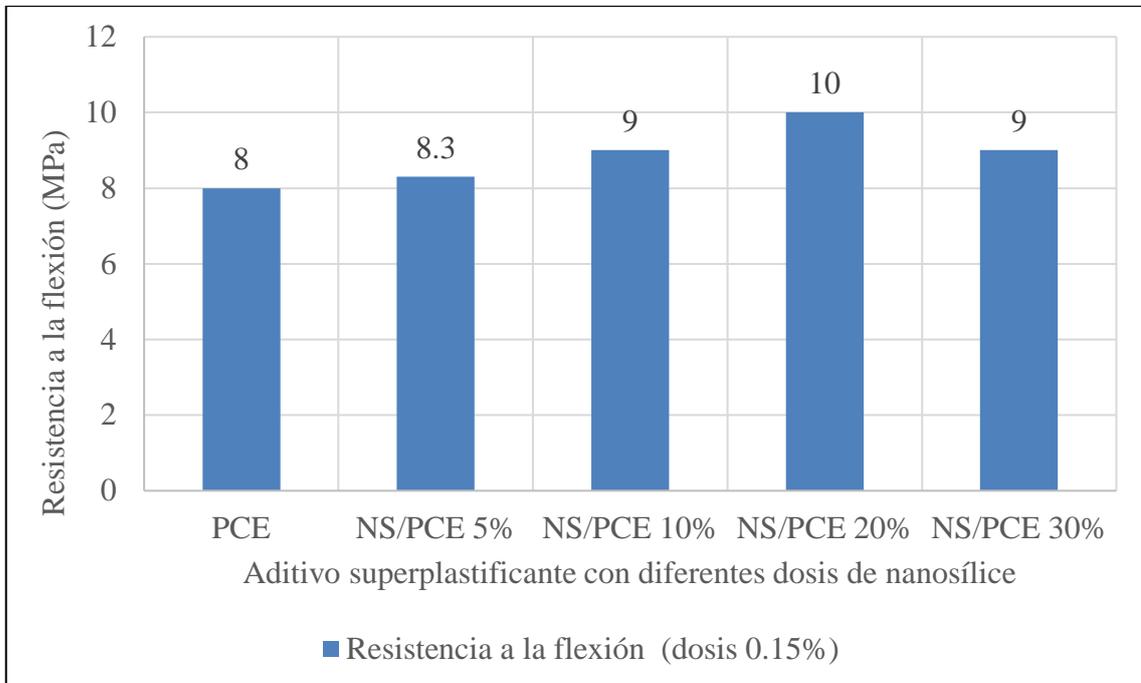
Aditivo superplastificante	Resistencia a la flexión (MPa), dosis PCE 0.15%
PCE	8
NS/PCE 5%	8.3
NS/PCE 10%	9
NS/PCE 20%	10
NS/PCE 30%	9

Fuente: Elaboración propia

### Resistencia a la flexión (MPa) para mezclas con aditivo superplastificante con nanosílice, dosis PCE 0.15%.

**Figura 40**

Resistencia a la flexión (MPa) para mezclas con aditivo superplastificante con nanosílice, dosis PCE 0.15%.



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 8:** Efecto de la dosificación del superplastificante en la correlación del hormigón autocompactante entre reología y resistencia.

- Tipo de polycarboxilato: Solución acuosa de polycarboxilatos modificados - ViscoCrete Krono 20 HE, fabricado por la sociedad de Sika France
- Contenido de la mezcla: Se realizaron nueve tipos de concreto, utilizando diferentes porcentajes de superplastificantes (SP) (0% a 1%); se utilizó cemento gris de alta resistencia CEM I 52.5 R, fabricado por la sociedad de cemento Calcia según la norma europea EN 197-1 y arena triturada de 0/2 mm y grava triturada de 4/10 mm. La relación a/c fue de 0.37
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión de los morteros de cemento endurecido se ensayó de acuerdo con la norma china GB / T 17671-2005.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 35**

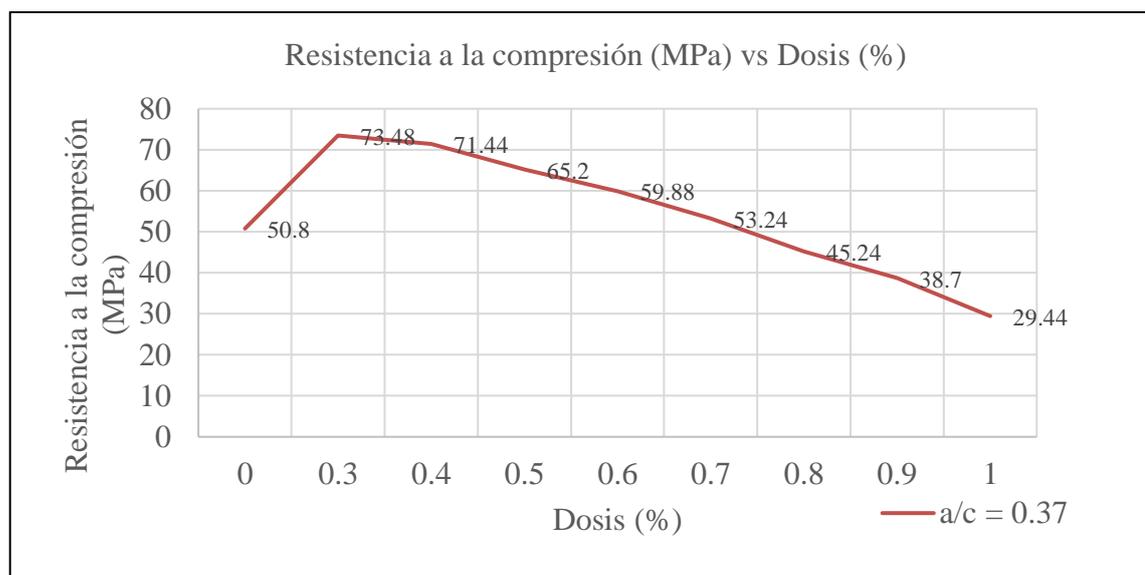
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato. (a/c=0.37)

Dosis (%)	Resistencia (MPa)
0	50.8
0.3	73.48
0.4	71.44
0.5	65.2
0.6	59.88
0.7	53.24
0.8	45.24
0.9	38.7
1	29.44

Fuente: Elaboración propia

**Figura 41**

Resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante vs Dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato.



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 9:** El efecto superplastificante sobre las propiedades reológicas y mecánicas del hormigón autocompactante

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato convencional en forma de peine.
- Contenido de la mezcla: Se realizó una mezcla de concreto con cemento portland convencional, aditivo superplastificante a base de policarboxilatos convencional con dosis de 0% a 1%
- Método de ensayo: Se midió la resistencia mediante ensayos de resistencia a la compresión.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 36**

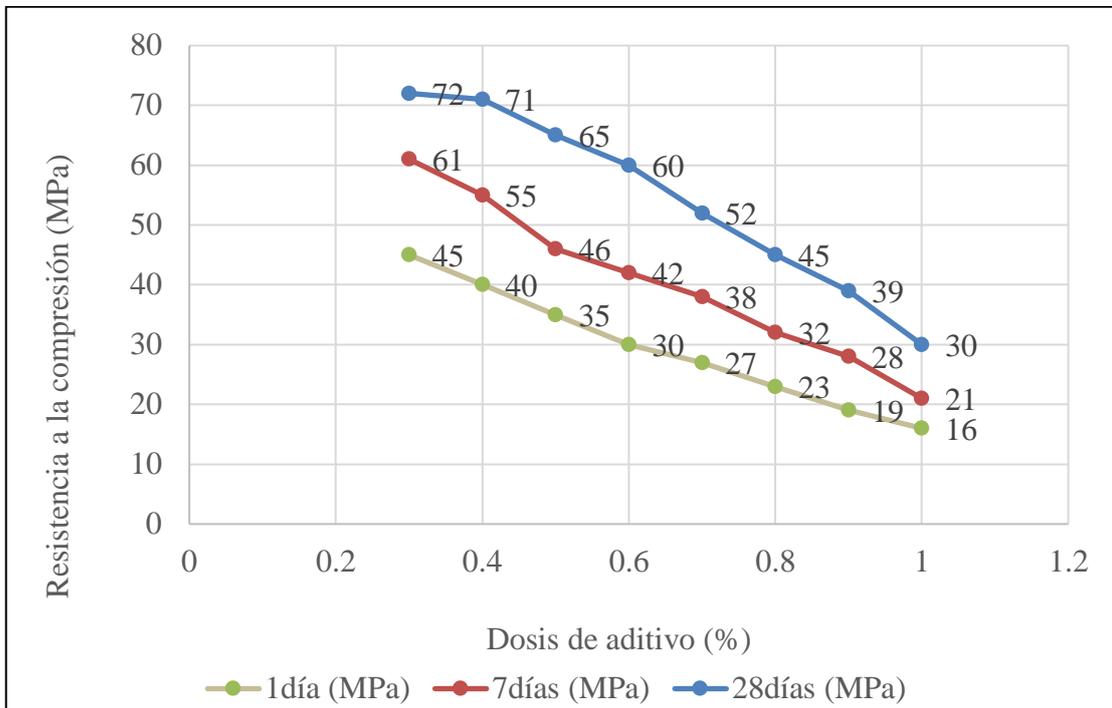
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto con aditivo superplastificante a base de policarboxilato con relación ( $a/c = 0.4$ )

Porcentaje de superplastificante (%)	1 día (MPa)	7 días (MPa)	28 días (MPa)
0.3	45	61	72
0.4	40	55	71
0.5	35	46	65
0.6	30	42	60
0.7	27	38	52
0.8	23	32	45
0.9	19	28	39
1	16	21	30

Fuente: Elaboración propia

**Figura 42**

Resistencia a la compresión en mezclas de concreto vs Dosis aditivo superplastificante a base de policarboxilato con relación a/c = 0.4



Fuente: Elaboración propia

#### **Artículo 10:** Efectividad del policarboxilato como dispersante de carbono

nanotubos en hormigón.

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato convencional utilizado para la dispersión de nanotubos que son básicamente láminas de grafeno enrolladas con canales tubulares huecos.
- Contenido de la mezcla: Se utilizó cemento portland un módulo de finura de la arena de 2,82 y se utilizaron agregados gruesos con un tamaño máximo de 20 mm y los nanotubos utilizados fueron MWCNT (nanotubos de carbono de una pared y multipared) funcionales con  $-COOH$  con un diámetro exterior de 20–40 nm.
- Método de ensayo: Para medir la resistencia se prepararon cubos estándar de tamaño 15 cm 15 cm 15 cm considerando tres cubos por día de prueba y por mezcla de acuerdo con IS: 516-1959. De manera similar, se prepararon cilindros con un tamaño de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud de acuerdo con IS: 5816-1999.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 37**

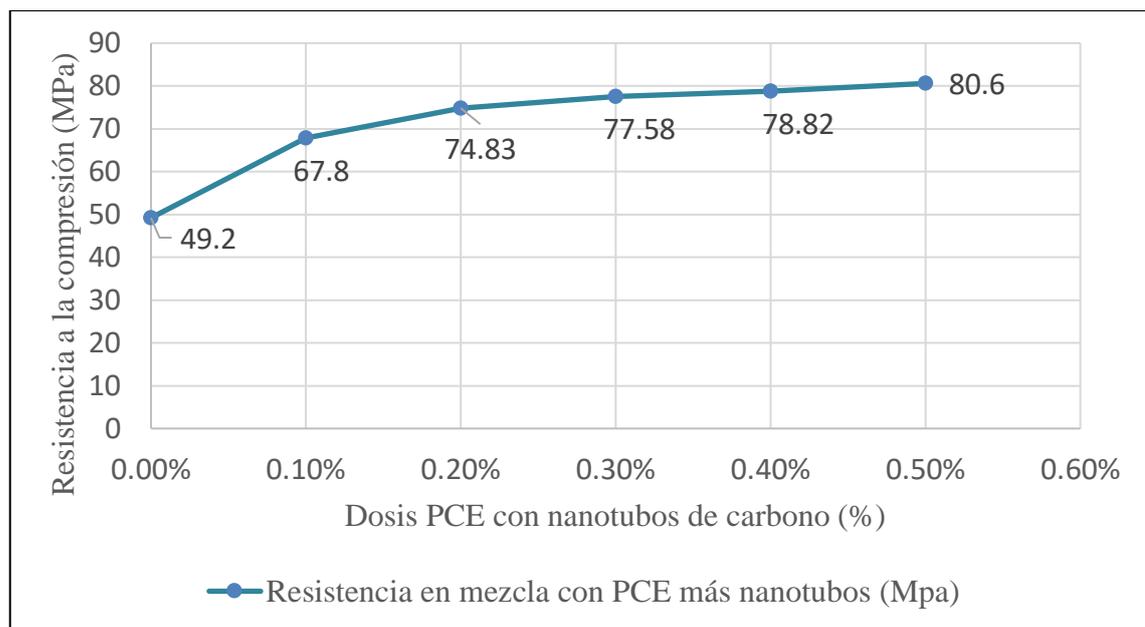
Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato más nanotubos. (a/c = 0.4)

Dosis PCE con nanotubos de Carbono (%)	Resistencia (MPa)
0	49.2
0.10%	67.8
0.20%	74.83
0.30%	77.58
0.40%	78.82
0.50%	80.6

Fuente: Elaboración propia

**Figura 42**

Resistencia a la compresión (MPa) vs Dosis PCE con nanotubos de carbono (%)



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38**

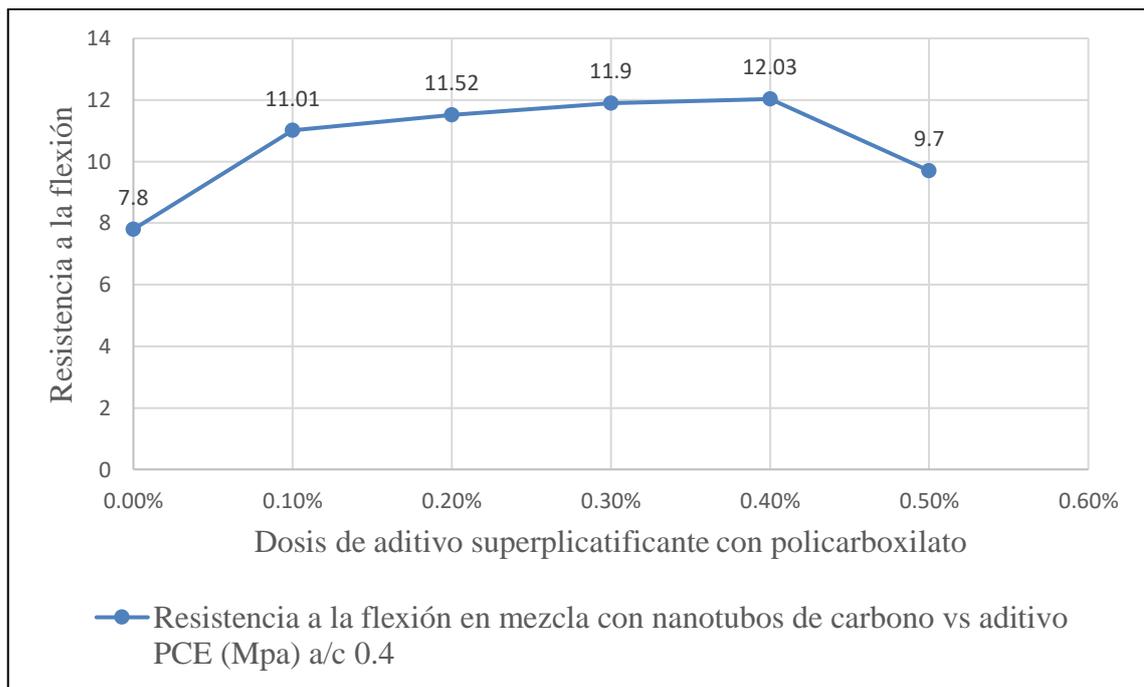
Resultados de ensayo de resistencia a la flexión en mezclas de concreto autocompactante con aditivo superplastificante a base de policarboxilato más nanotubos. (a/c = 0.4)

Dosis PCE con nanotubos de Carbono (%)	Resistencia a la flexión (Mpa)
0.00%	7.8
0.10%	11.01
0.20%	11.52
0.30%	11.9
0.40%	12.03
0.50%	9.7

Fuente: Elaboración propia

**Figura 43**

Resistencia a la flexión (MPa) vs Dosis PCE con nanotubos de carbono (%)



Fuente: Elaboración propia

### Analizando el concreto fluido a base de policarboxilato con diferentes adiciones

**Artículo 11:** Mejora de la pérdida de fluidez del cemento de fosfato de magnesia mediante la incorporación de superplastificante de policarboxilato

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato (PCE) convencional comercial, como contenido sólido.
- Contenido de la mezcla: Se preparó pasta de cemento de fosfato de magnesio (MPC), con diferentes dosis de PCE (0-0.36%) en peso del óxido de magnesio (MgO), con una relación en peso de agua / MPC de 0.18: 1 (agua:80.64g; MPC: 448g) y MgO se preparó pasta con PCE-bórax (PCE: 0.14% en peso de MgO; bórax: 0-0.40% en peso) con una relación en peso agua / MgO de 0.20 (agua: 60g; MgO: 300 g).
- Método de ensayo: Un cono de flujo (60 mm de altura, 36 mm de diámetro superior y 60 mm de diámetro inferior) especificado en el estándar chino GB 8077-2012 se llenó con la pasta sobre una placa de vidrio. Después de que el cono se retiró verticalmente de la muestra, se midieron el diámetro máximo de la muestra extendida y el ancho máximo perpendicular a ese diámetro.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 39**

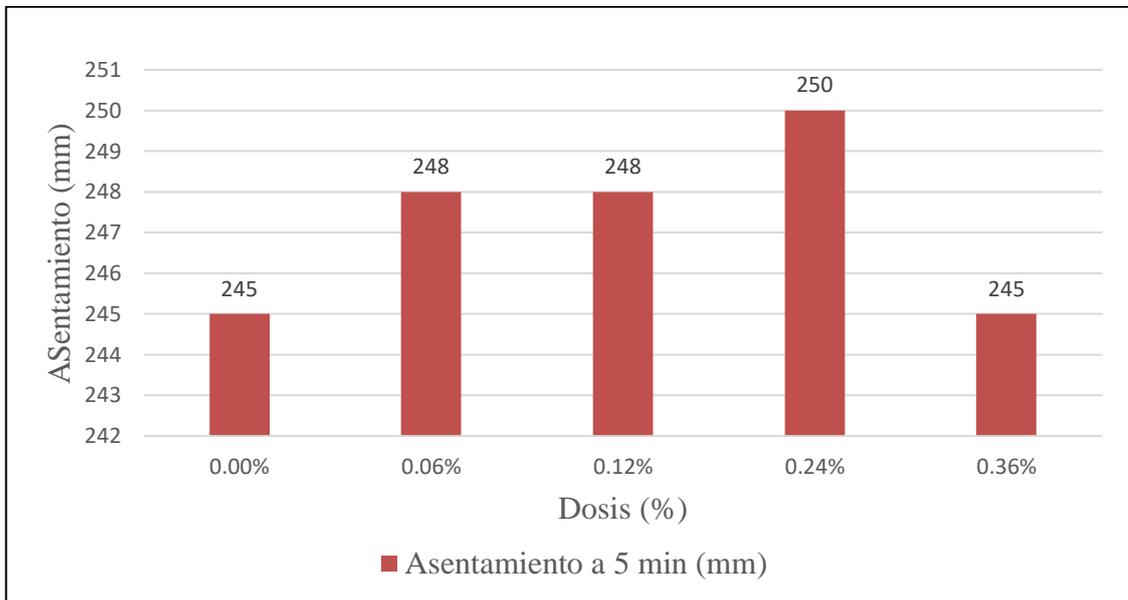
Resultados de ensayo de mini asentamiento a los 5 min de haber realizado la mezcla, para diferentes dosis de policarboxilatos en mezclas que contienen cemento de fosfato de magnesio (MPC)

Dosis de Policarboxilato en mezcla que contiene cemento de Fosfato de magnesio (MPC)	Asentamiento a 5 min (mm)
0.00%	245
0.06%	248
0.12%	248
0.24%	250
0.36%	245

Fuente: Elaboración propia

**Figura 44**

Asentamiento (mm) a 5 min según dosis de policarboxilato en mezcla que contiene cemento de fosfato de magnesio (MPC).



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40**

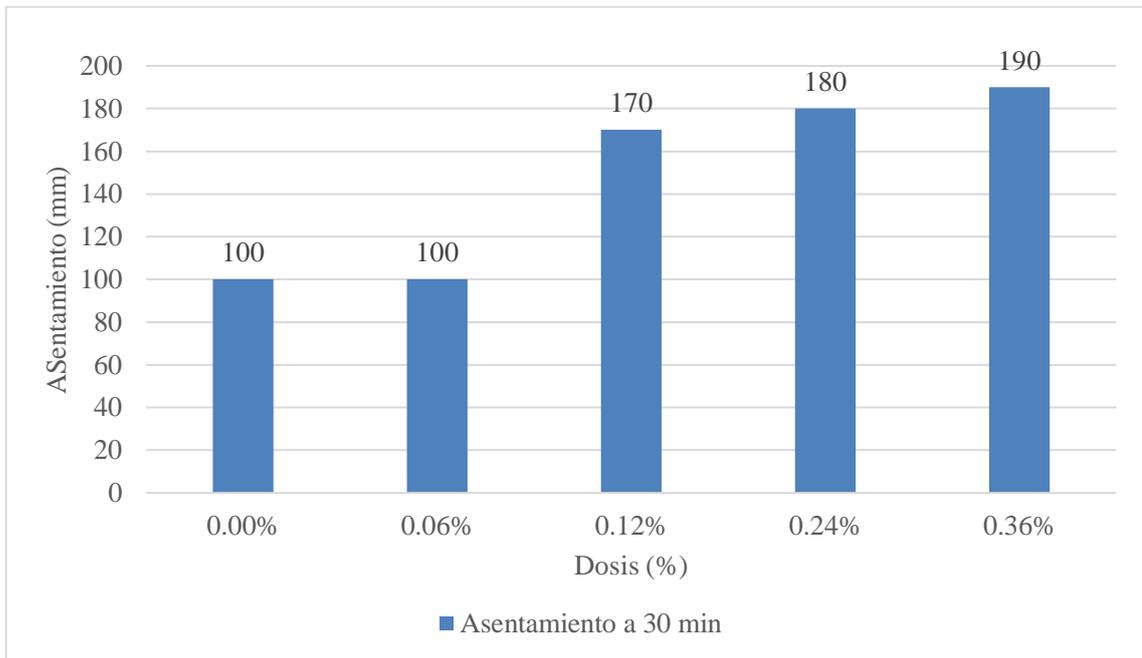
Resultados de ensayo de mini asentamiento a los 30 min de haber realizado la mezcla, para diferentes dosis de policarboxilatos en mezclas que contienen cemento de fosfato de magnesio (MPC)

Dosis de Policarboxilato en mezcla que contiene cemento de Fosfato de magnesio (MPC)	Asentamiento a 30 min (mm)
0.00%	100
0.06%	100
0.12%	170
0.24%	180
0.36%	190

Fuente: Elaboración propia

### Figura 45

Asentamiento (mm) a 30 min según dosis de policarboxilato en mezcla que contiene cemento de fosfato de magnesio (MPC).



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 12:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento.

Las especificaciones de este artículo se nombraron en la página 85.

**Artículo 13:** Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas.

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato éter/éster (PCE)
- Contenido de la mezcla: El contenido de la mezcla está compuesto por arcillas calcinadas como material cementoso, las arcillas usadas son la montmorillonita, illita, y la caolinita.
- Resultado de ensayo experimental:

**Tabla 42**

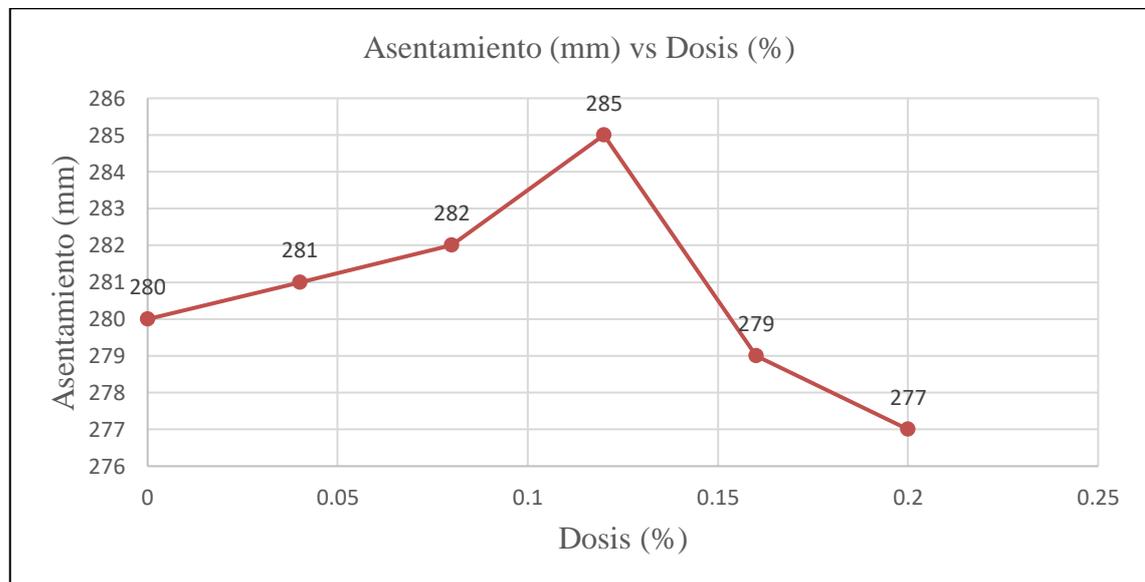
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas sin presencia de arcillas y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis de policarboxilato (%)	Asentamiento (mm)
0	170
0.04	200
0.08	235
0.12	260
0.16	250
0.2	245

Fuente: Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas. Ma, et al, (2020)

**Figura 46**

Asentamiento (mm) para mezclas sin presencia de arcillas y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas. Ma, et al, (2020)

**Tabla 43**

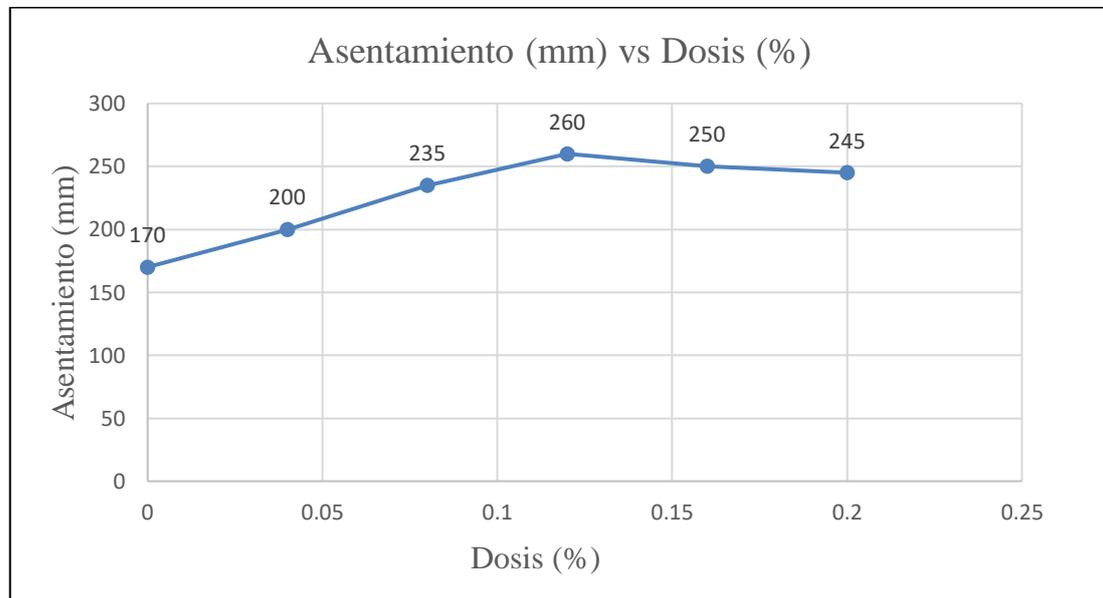
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis de policarboxilato (%) + arcilla	Asentamiento (mm)
0.00	280
0.04	281
0.08	282
0.12	285
0.16	279
0.2	277

Fuente: Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas. Ma, et al, (2020)

**Figura 45**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas. Ma, et al, (2020)

**Artículo 14:** Interacción del superplastificante a base de policarboxilato con arcilla en sistemas de cemento Portland

- Tipo de policarboxilato: Policarboxilato convencional con 40.06% de contenido sólido, y el peso molecular promedio en masa del PCE fueron 21 800 y 42 400
- Contenido de la mezcla: Mezcla de pasta de cemento con la adición de arcillas de 0%, 2%, 6%, 10%, con una relación a/c de 0.30 y una dosis de aditivo superplastificante de 0.38%, 0.42%, 0.46% y 0.50%.
- Método de ensayo: Se realizaron pruebas de asentamiento realizadas de acuerdo con GB 8077 (SAC, 2012) para determinar la trabajabilidad de las pastas. Se utilizó un cono metálico con un diámetro interior inferior de 60 mm, un diámetro interior superior de 36 mm y una altura de 60 mm para determinar la extensión. Las mediciones iniciales del flujo de asentamiento se realizaron 5 minutos después de la mezcla (tiempo cero). Para probar la retención de la trabajabilidad, se investigó nuevamente el asentamiento después de 1 a 8 h (dependiendo del fraguado del cemento).
- Resultado de ensayo experimental

**Tabla 41**

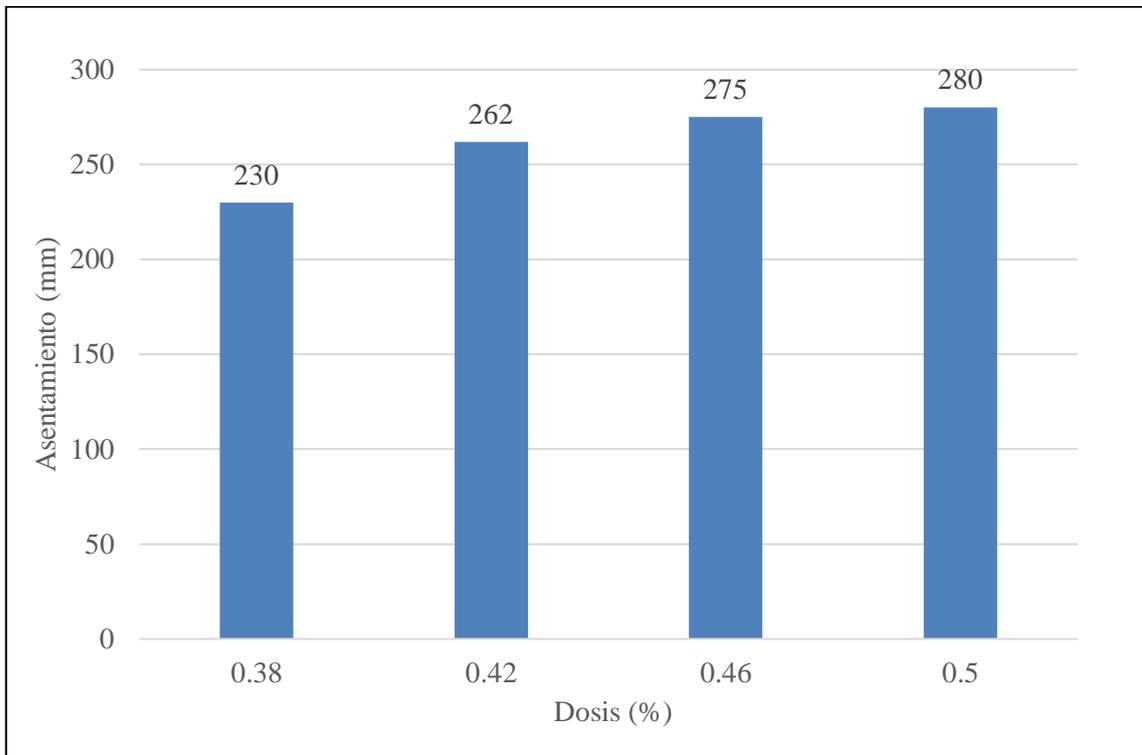
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (0%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis PCE con (0%) arcilla	Asentamiento (mm)
0.38	230
0.42	262
0.46	275
0.5	280

Fuente: Elaboración propia

**Figura 47**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (0%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42**

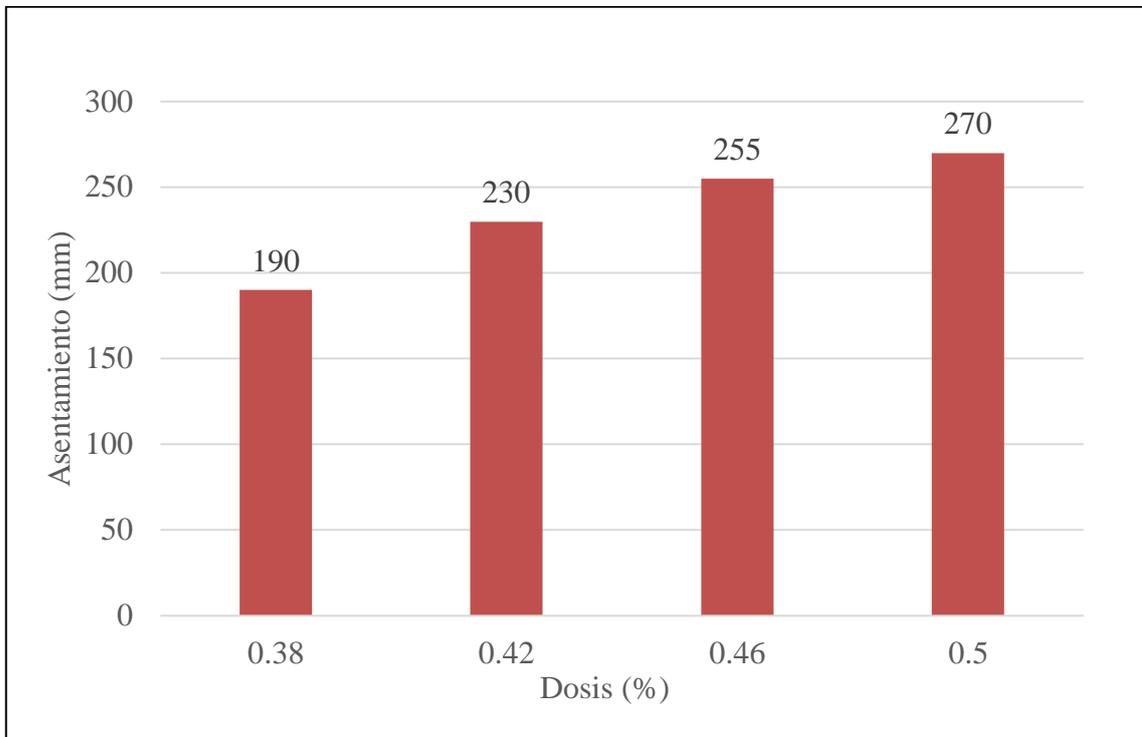
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (2%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis PCE con (2%) arcilla	Asentamiento (mm)
0.38	190
0.42	230
0.46	255
0.5	270

Fuente: Elaboración propia

**Figura 48**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (2%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43**

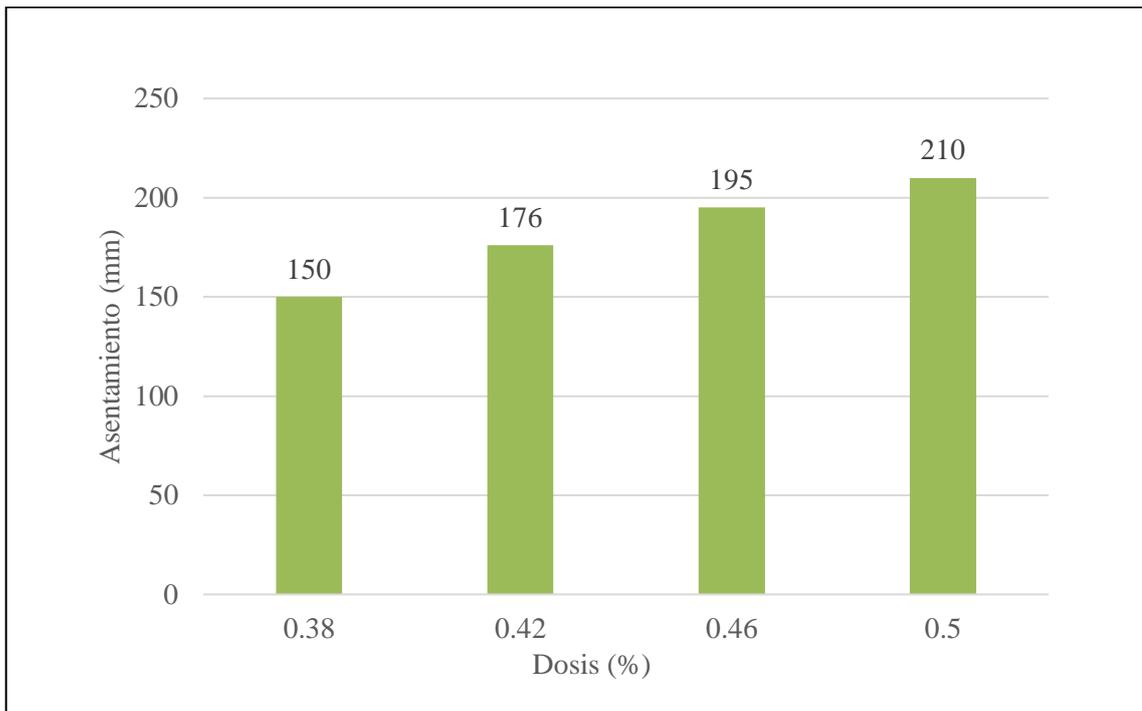
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (6%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Dosis PCE con (6%) arcilla	Asentamiento (mm)
0.38	150
0.42	176
0.46	195
0.5	210

Fuente: Elaboración propia

**Figura 49**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (6%) y diferentes dosis de superplastificante a base de polycarboxilatos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44**

Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (10%) y diferentes dosis de superplastificante a base de polycarboxilatos

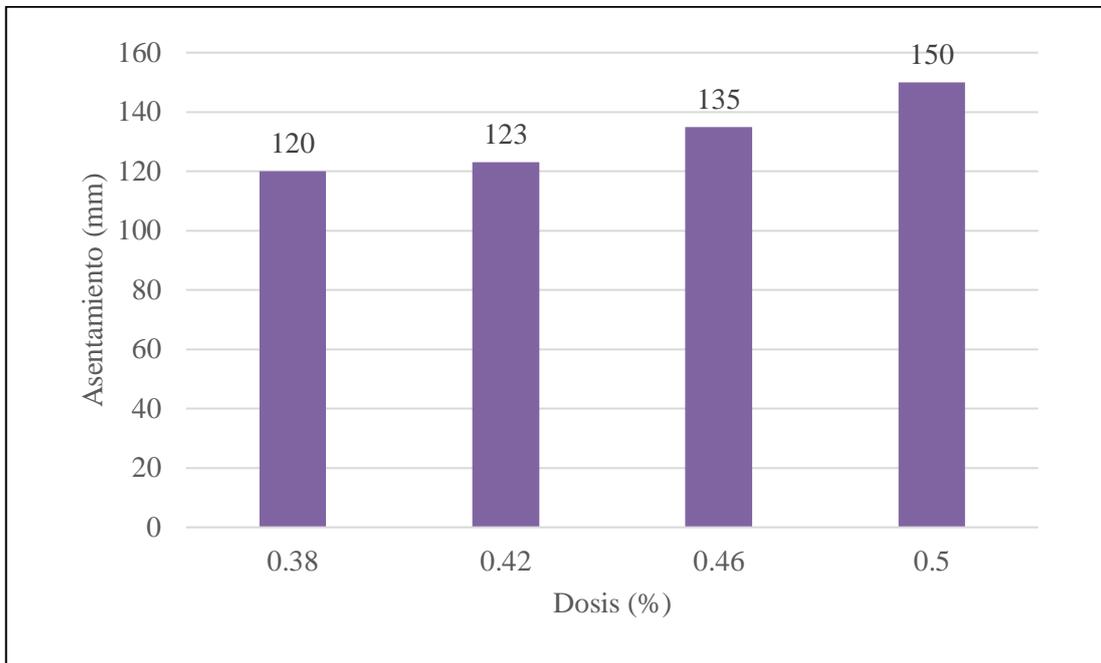
Fuente: Elaboración propia

PCE dosis en 10% arcilla	Asentamiento (mm)
0.38	120
0.42	123
0.46	135
0.5	150

Fuente: Elaboración propia

**Figura 50**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas (10%) y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 15:** Superplastificante a base de poli (éter carboxilato) modificado para mejorar la fluidez del cemento Portland mezclado con arcilla, piedra caliza y yeso calcinado

- Tipo de policarboxilato: Superplastificantes modificados, a base de poli (carboxilato éter)
- Contenido de la mezcla: El contenido de la mezcla está compuesto por cemento Portland ordinario (OPC) y en reemplazo de este se usó una mezcla ternaria de arcilla-piedra caliza calcinada con OPC.
- Método de ensayo: Para determinar la trabajabilidad de las pastas, se llevó a cabo una mini prueba de asentamiento a  $22 \pm 2$  ° C de acuerdo con ASTM C143. Utilizando un cono de diámetro inferior, diámetro superior y altura de 40 mm, 20 mm y 60 mm

**Tabla 45**

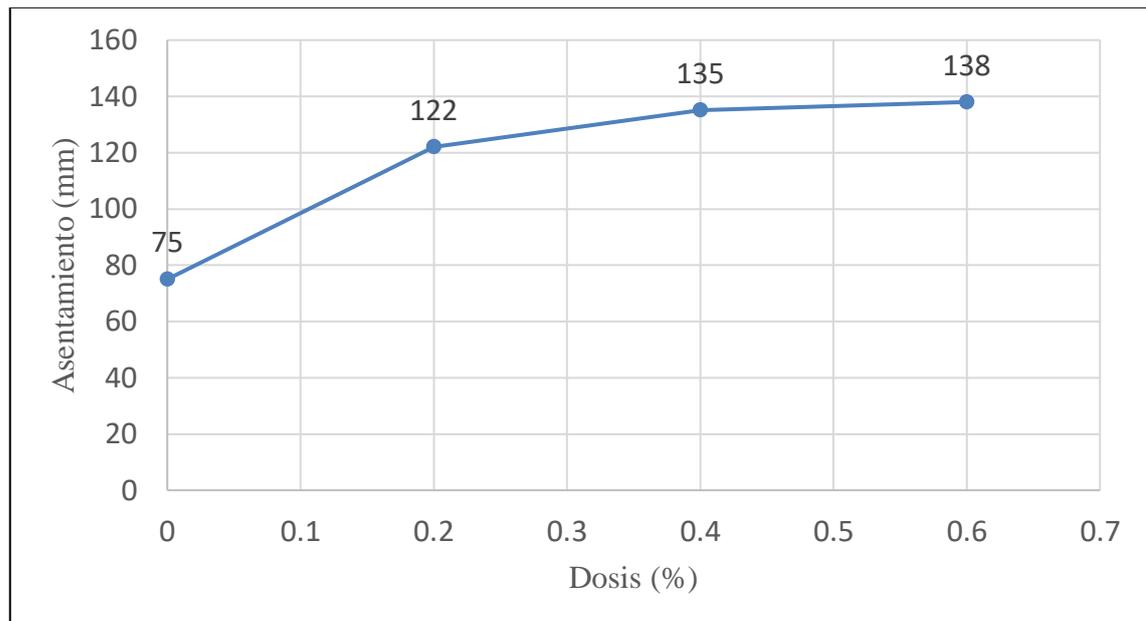
Resultados de asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas calcinada – piedra caliza y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos

Policarboxilato con arcilla calcinada - piedra caliza	Asentamiento (mm)
0	75
0.2	122
0.4	135
0.6	138

Fuente: Elaboración propia

**Figura 51**

Asentamiento (mm) para mezclas con presencia de arcillas calcinada – piedra caliza y diferentes dosis de superplastificante a base de policarboxilatos



Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Análisis e interpretación de los resultados

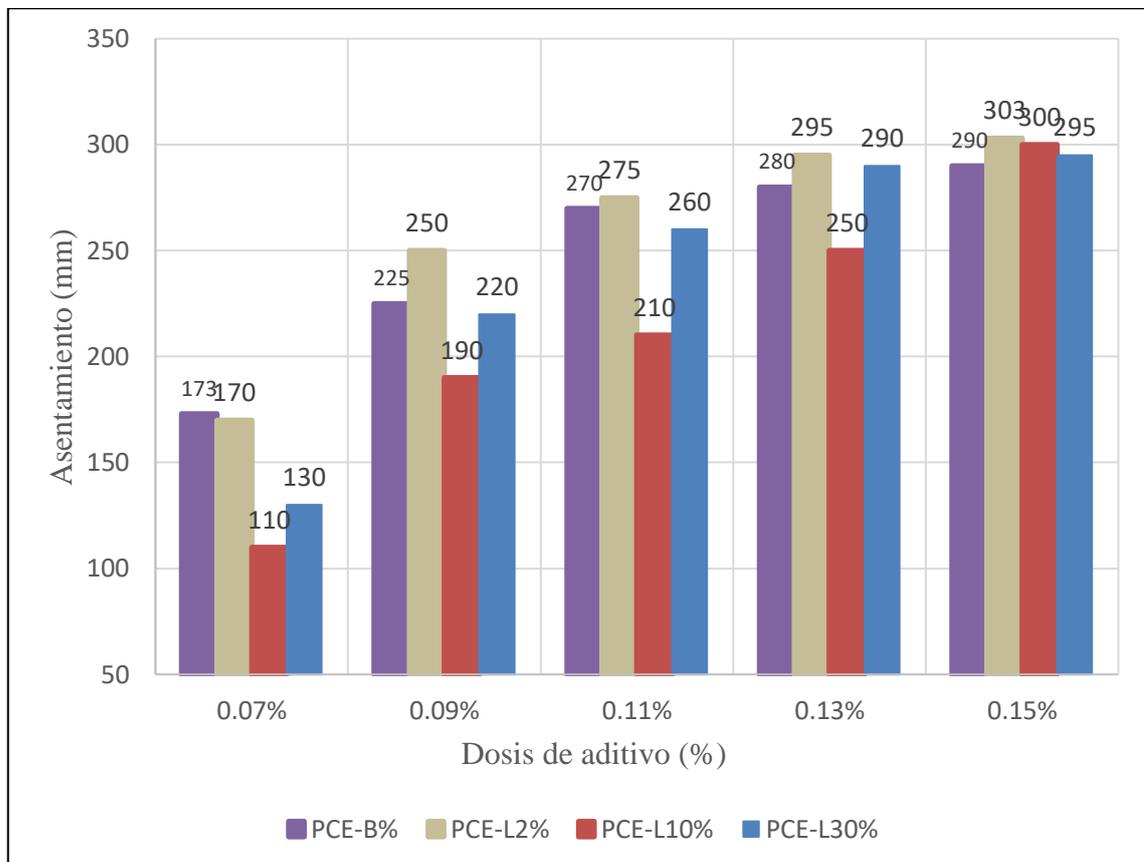
### **Analizando los resultados de las dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato para la mejora del asentamiento del concreto fluido.**

**Artículo 1:** Un novedoso superplastificante de policarboxilato ramificado en forma de garra a base de lignina: preparación, rendimiento y mecanismo.

En la Figura 52, se observa los resultados de asentamiento que se obtienen ante diferentes dosis de aditivos superplastificante a base de policarboxilato a base de ligninas con diferente adición de este último en mezclas de pasta de cemento, es evidente que el policarboxilato sintetizado con lignina no proporciona una mejor trabajabilidad al aumentar su dosis, por el contrario, el policarboxilato sin sintetizar muestra un incremento del asentamiento más uniforme y de mayores resultados en varios de los otros casos.

**Figura 52**

Resultados de Asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato con ligninas



Fuente: Elaboración propia

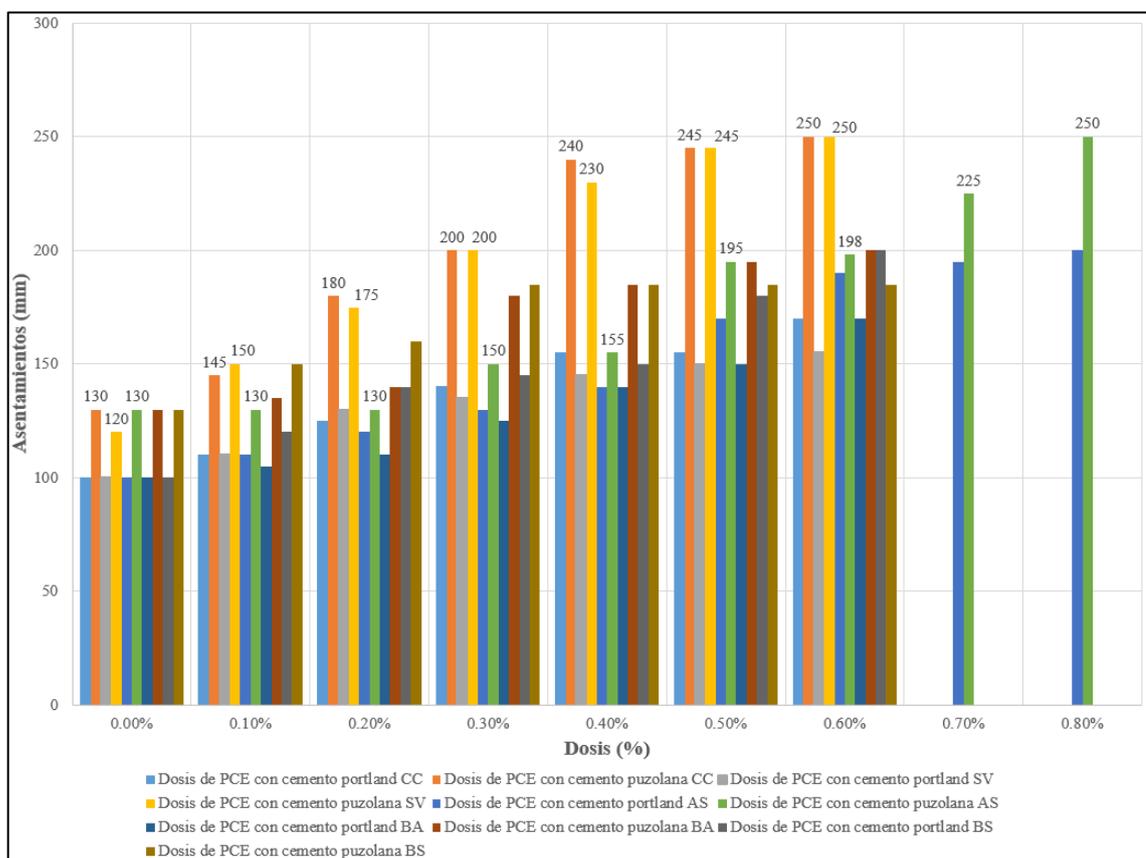
La mejor dosis de aditivo se da con un 0.15% el peso del cemento, notando que la mezcla con aditivo superplastificante a base de policarboxilato con un 2% de lignina y ante una dosis de 0.13% a 0.15% el incremento de asentamiento es de 2.6% notándose ya un incremento bajo evidenciando que la dosis óptima ronda los 0.15%. Cabe resaltar que los policarboxilatos a base de lignina tienen una mejor retención de la trabajabilidad que los policarboxilatos convencionales

**Artículo 2:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento.

En la Figura 53 se aprecian los resultados de las diferentes mezclas de mortero para diferentes marcas de aditivos superplastificantes clasificadas como CC, SV, AS, BA, BS todos ellos a base de policarboxilato y con diferentes dosis, desde 0% hasta 0.8% en algunos casos, cabe recalcar también que se realizaron las muestras variando el tipo de cemento, entre Portland y Puzolánico.

**Figura 53**

Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos con cemento Portland y de Puzolana



Fuente: Elaboración propia

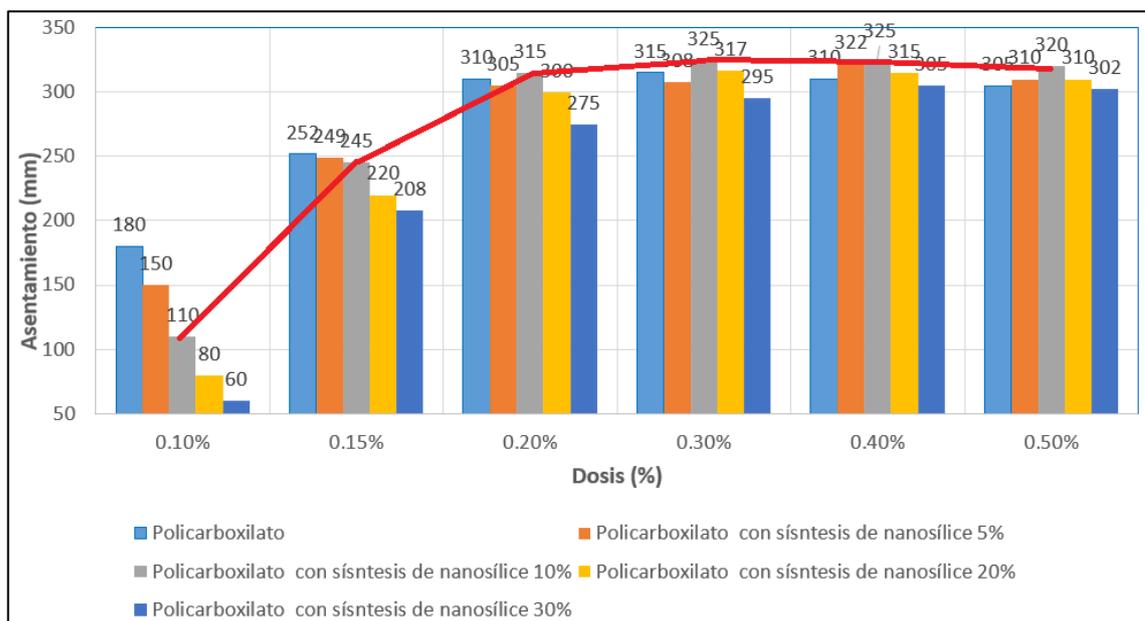
Podemos apreciar que la mejor dosis se da entre un 0.60% y 0.80% el peso del cemento en los 5 tipos de aditivos superplastificante a base de policarboxilatos, es notable la mejora de fluidez en mezclas con cemento puzolánico que el cemento portland, siendo los aditivos más efectivos el tipo CC, SV y el AS.

**Artículo 3:** Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice.

En la Figura 54 podemos apreciar los resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos sintetizados con diferentes porcentajes de nanosílices entre dosis de 0.10% a 0.50% en una mezcla de mortero, el sintetizado de nanosílice en algunos casos presenta una mejora de la trababilidad sobre todo pasando dosis de 0.20% de aditivo.

**Figura 54**

Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos sintetizados con nanosílice



Fuente: Elaboración propia

Nos podemos dar cuenta que el policarboxilato con síntesis de nanosílice al 10% presenta el mejor asentamiento, sin embargo, al sobre dosificarla el asentamiento comienza a disminuir. La dosis óptima está entre alrededor de 0.30%, por encima de este valor se

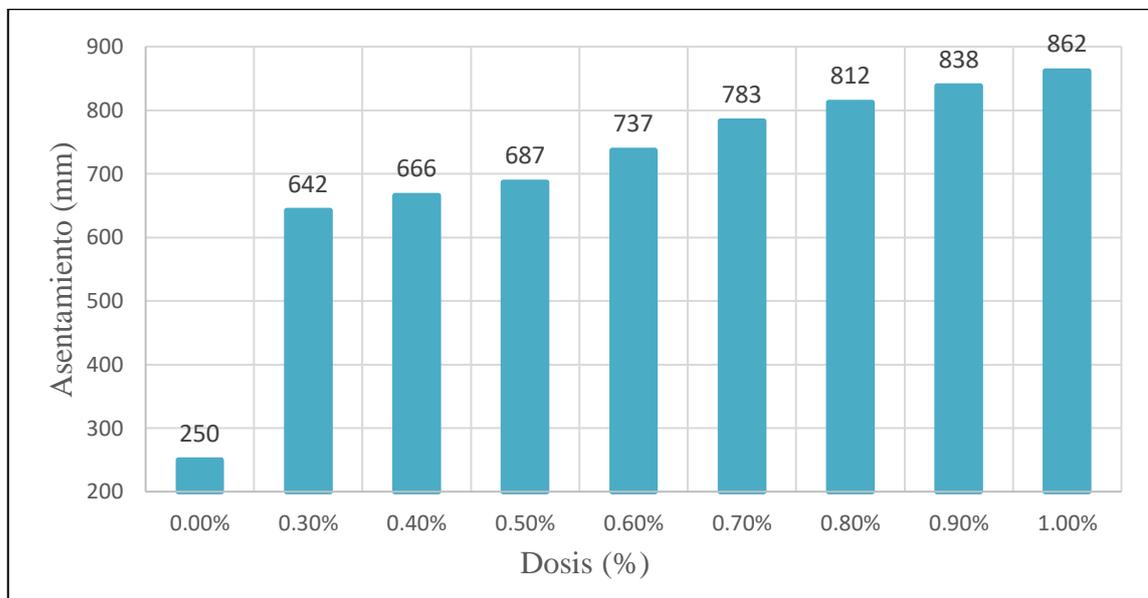
observó una pérdida de fluidez, es decir llega a su grado de saturación, este valor es bajo debido al nanosílice que no favorece a la trabajabilidad.

**Artículo 4:** Efecto de la dosificación del superplastificante en la correlación del hormigón autocompactante entre reología y resistencia.

En la Figura 55 se presentan los resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de polycarboxilato en una mezcla de concreto autocompactante, apreciando que la trabajabilidad va en aumento.

**Figura 55**

Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificantes a base de polycarboxilato



Fuente: Elaboración propia

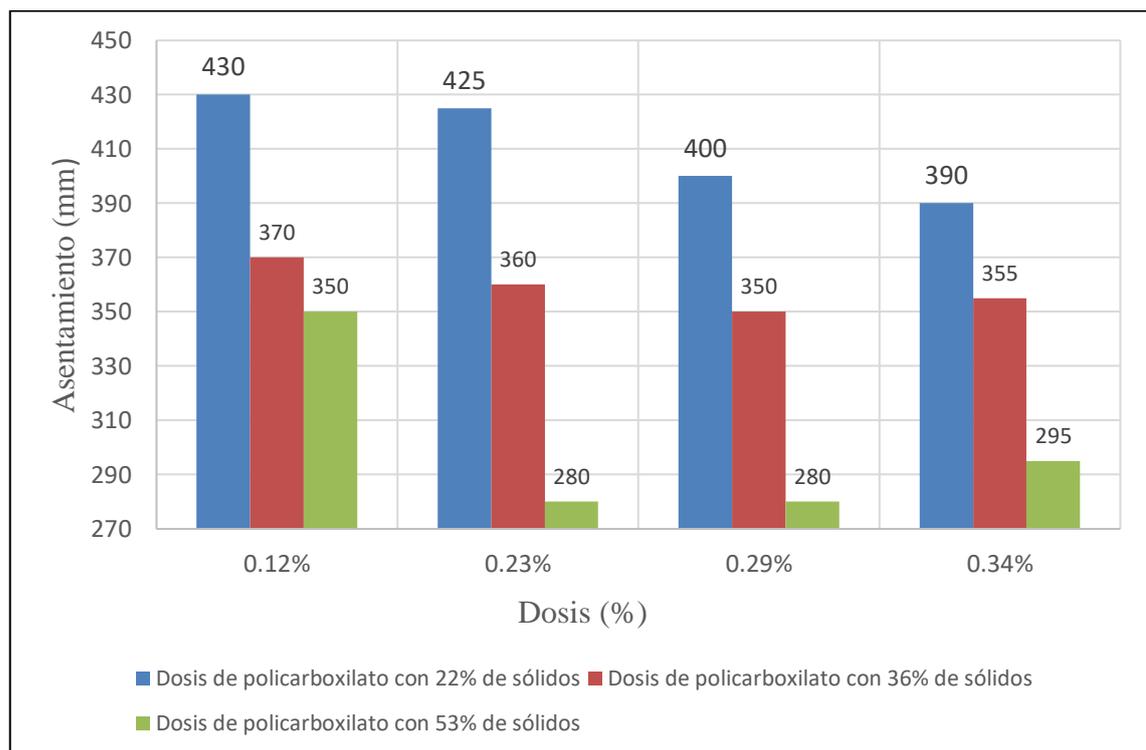
Nótese que ante una dosis de 0.90% y 1.00% el asentamiento mejora un 2.78% evidenciando ya un incremento bajo concluyendo que la dosis óptima ronda el 1.00%, se puede apreciar como en concretos autocompactantes tanto la dosis de superplastificante como el asentamiento son mucho mayores, pues este tipo de concreto debe cumplir estándares de alto desempeño de trabajabilidad en su puesta en obra.

**Artículo 5:** Influencia de la presión de bombeo en la curva de viscosidad y estabilidad reológica del mortero que incorpora polycarboxilato.

Se aprecia en la Figura 56 los diferentes asentamientos antes mezclas con porcentajes de sólidos variados, además de diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato, notando que el asentamiento se va reduciendo luego de una dosis de 0.12%.

**Figura 56**

Resultados de asentamiento ante mezclas de concreto con diferentes porcentajes de sólidos y dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato



Fuente: Elaboración propia

Notamos que el mejor asentamiento se logra con una menor cantidad de sólidos en la mezcla de concreto y con una dosis de 0.12% el peso del cemento, esto debido a que con una mayor cantidad de pasta en la mezcla se puede llegar a una mayor trabajabilidad, a menor porcentaje de sólidos en la mezcla se requiere una menor dosis de aditivo y a una regular cantidad de sólidos en la mezcla es recomendable dosis muy bajas o dosis muy altas.

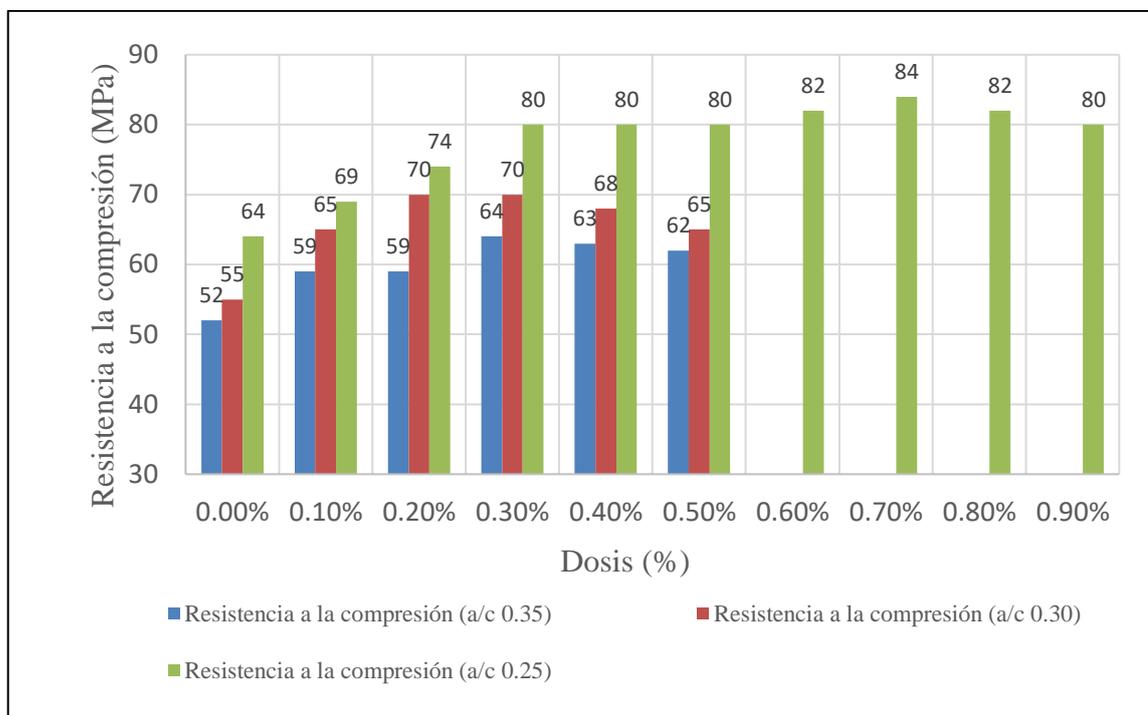
**Analizando los resultados de la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilato.**

**Artículo 6:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento.

Se aprecia en la Figura 57 los resultados con resistencia a la compresión más elevados en los diferentes ensayos, para una mezcla de mortero con relaciones a/c de 0.25, 0.30 y 0.35.

**Figura 57**

Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante (BA) y relación a/c



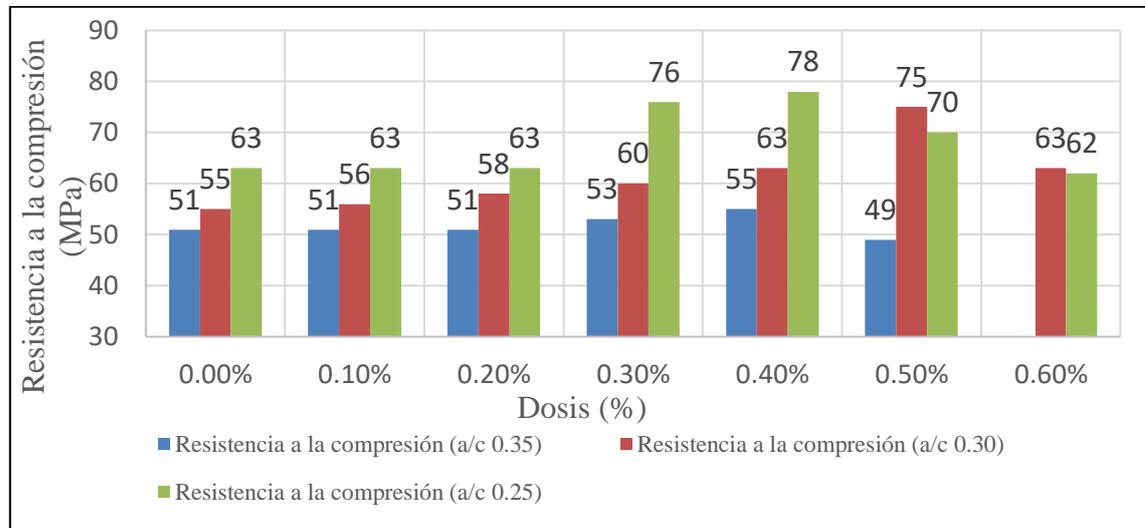
Fuente: Elaboración propia

Nos podemos dar cuenta para el superplastificante BA que para una relación a/c de 0.25 se alcanza una resistencia mayor, la dosis óptima se encuentra en 0.7%, sin embargo, para relaciones a/c mayores, la dosis óptima ronda los 0.20%.

Por otra parte, en la Figura 57 podemos visualizar en otro caso de aditivo superplastificante (SV) como a menor cantidad de relación agua cemento, la dosis óptima se encuentra en un 0.4%, 0.1% menos que para una relación a/c de 0.30%, es decir que no necesariamente una menor relación a/c requiere una mayor cantidad de dosis de aditivo.

**Figura 58**

Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante (SV) y relación a/c



Fuente: Elaboración propia

**Artículo 7:** Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice.

Se puede apreciar en la Figura 39 los resultados para una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilatos sintetizado con nanosílice. En dicho gráfico podemos visualizar que la dosis óptima de este aditivo se da con un 20% de nanosílice, para una dosis de aditivo de 0.15% el peso del cemento, por lo que no necesariamente una mayor dosis con nanosílice proporcionará una mayor resistencia, la sobredosis de este aditivo también genera un impacto negativo para la resistencia del concreto.

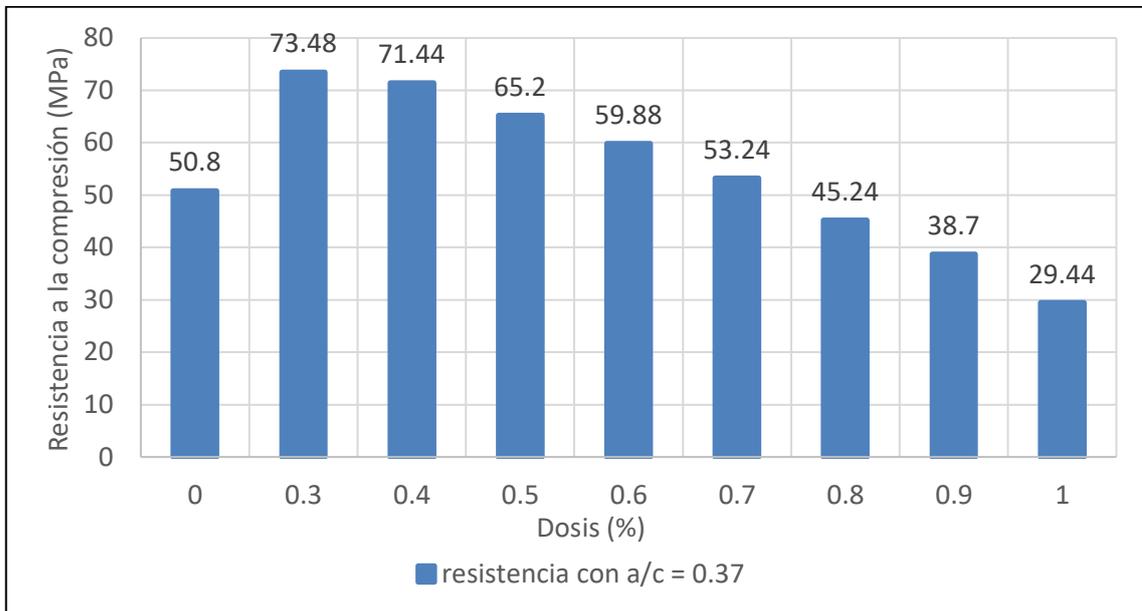
En la figura 40, la resistencia a la flexión máxima es de 10 MPa para una dosis de 0.20% de Nanosílice, todo esto también con una dosis de aditivo superplastificante de 0.15% el peso del cemento, al superar esta dosis la resistencia a la flexión comienza a descender.

**Artículo 8:** Efecto de la dosificación del superplastificante en la correlación del hormigón autocompactante entre reología y resistencia.

Se aprecia en la Figura 58 los resultados para diferentes dosis de aditivo superplastificante en una mezcla de concreto autocompactante con una relación a/c de 0.37.

### Figura 59

Resultado de resistencia a la compresión con diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato



Fuente: Elaboración propia

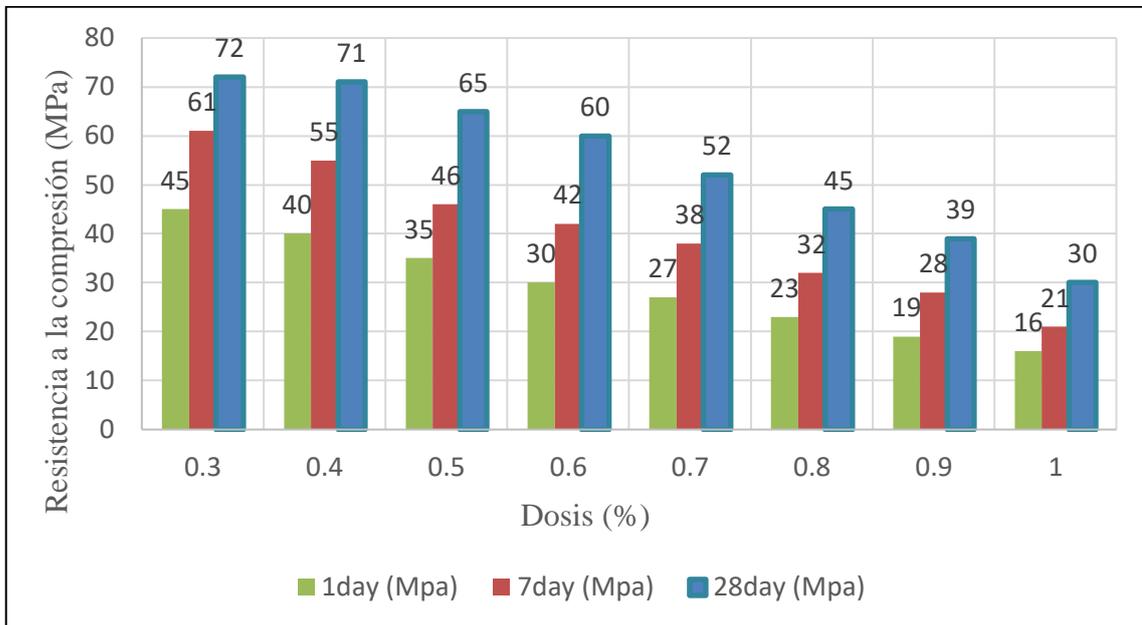
Podemos notar que la dosis óptima de aditivo superplastificante para la mezcla se da con 0.30% del peso de cemento, comenzando a decrecer al exceder este valor, lo cual evidencia que al sobre dosificar un concreto autocompactante con aditivo superplastificante reduce la resistencia de la mezcla. Además, notemos que el uso de un 1% de aditivo presenta una menor resistencia que la mezcla sin superplastificante.

**Artículo 9:** El efecto superplastificante sobre las propiedades reológicas y mecánicas del hormigón autocompactante.

En la Figura 60 notamos las resistencias alcanzadas por una mezcla de concreto autocompactante ante diferentes dosis y días de fraguado, para una relación a/c de 0.4.

**Figura 60**

Resultados de resistencia a la compresión para una mezcla de concreto autocompactante con una relación a/c = 0.4



Fuente: Elaboración propia

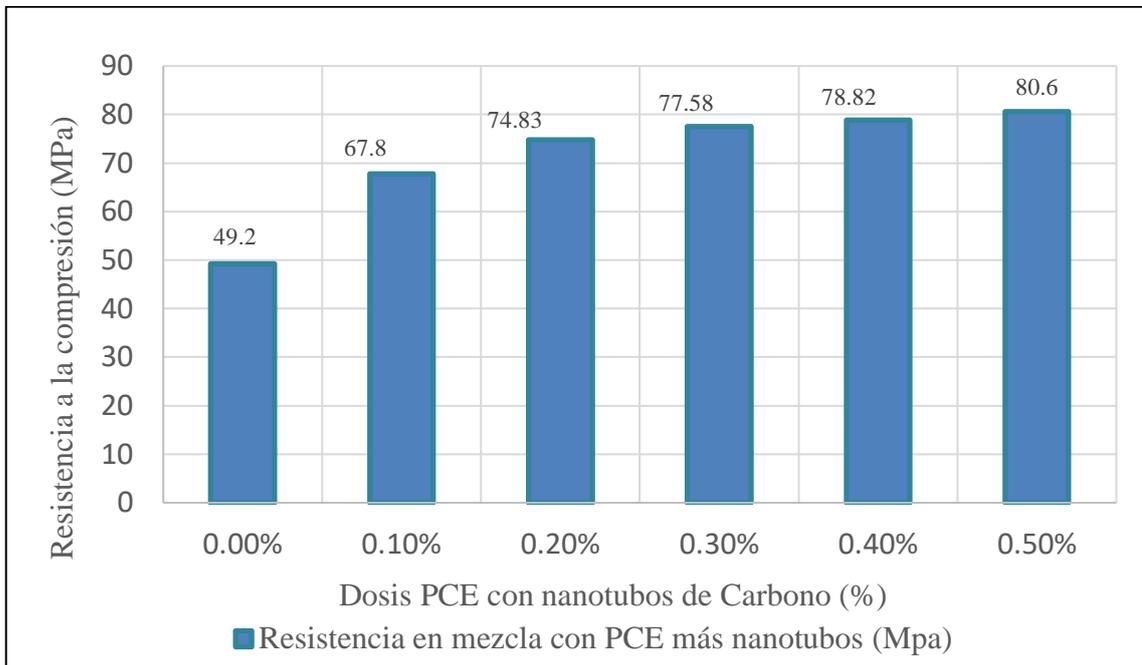
Notamos como una dosis de 0.30% de aditivo superplastificante, alcanza una resistencia de 72 MPa, sin embargo, al aumentar esta dosis por encima de los 0.4% la resistencia comienza a disminuir, una vez más el exceso de superplastificante perjudica la mezcla del concreto.

**Artículo 10:** Efectividad del policarboxilato como dispersante de nanotubos de carbono en hormigón.

La Figura 61, presenta las resistencias alcanzadas por una mezcla de concreto con diferentes dosis de aditivo superplastificante como dispersante de nanotubos de carbono, con una relación a/c de 0.4.

**Figura 61**

Resultados de resistencia a la compresión para una mezcla de concreto con aditivo superplastificante y nanotubos de carbono con una relación  $a/c = 0.4$



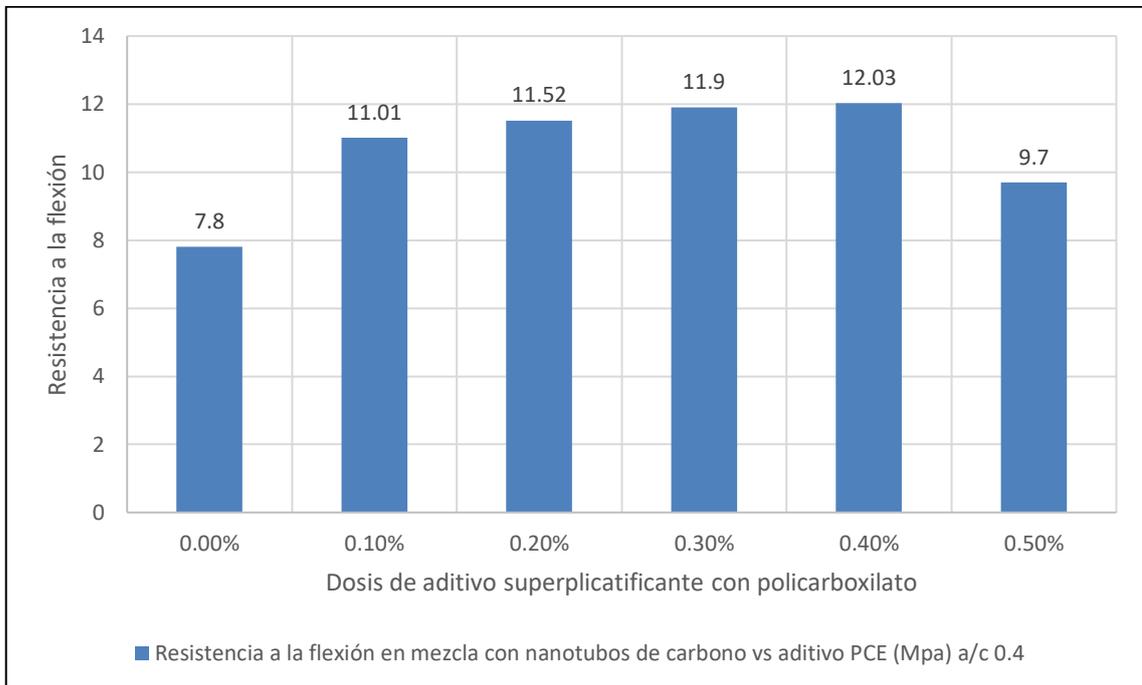
Fuente: Elaboración propia

Notamos que para este caso la mejor dosis se dio en un 0.50% del peso de cemento obteniendo una resistencia a la compresión de 80.6 MPa, teniendo la dosis óptima cerca o por encima de este porcentaje de aditivo.

La mejora en los resultados de la resistencia a la compresión y flexión es casi superior al 25%, lo que hace uso de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos como material de refuerzo incluso con dosis tan bajas como 0,1% favoreciendo también a la economía.

## Figura 62

Resultados de resistencia a la flexión en mezcla con nanotubos de carbono con diferentes dosis de aditivo PCE (MPa) a/c 0.4



Fuente: Elaboración propia

Notamos que para este caso la mejor dosis se dio en un 0.40% del peso de cemento obteniendo una resistencia a la flexión de 12.03 MPa.

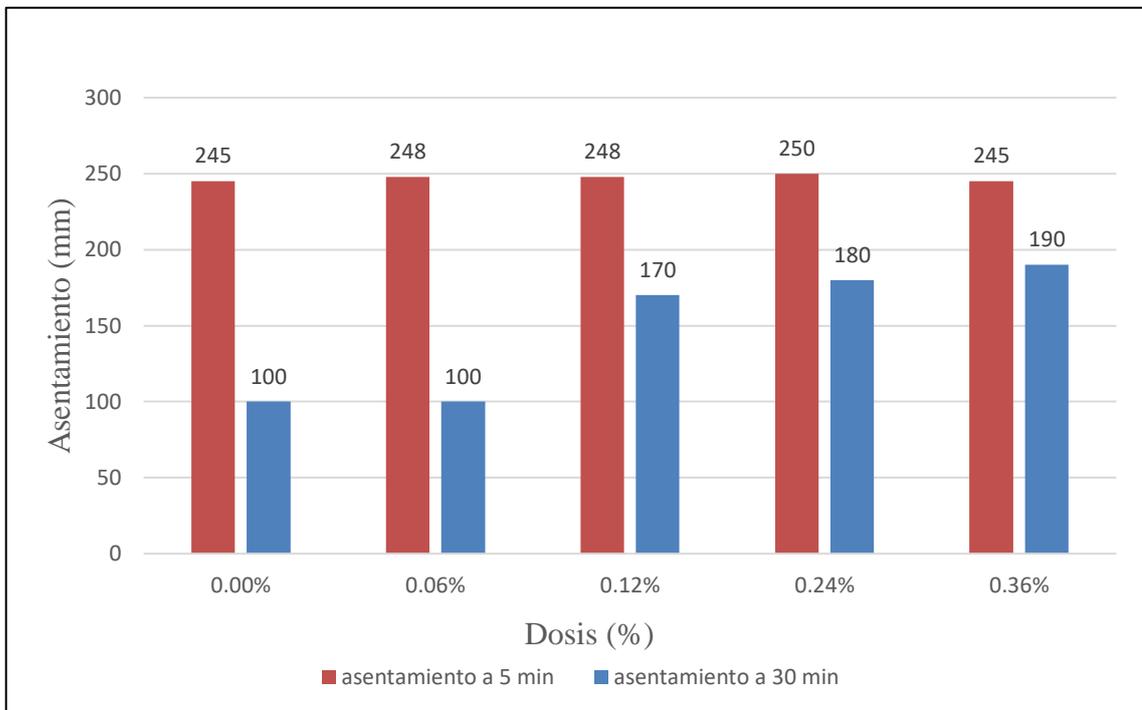
### **Analizando el comportamiento de los distintos tipos de polycarboxilatos con diversas adiciones en la mezcla de concreto fluido.**

**Artículo 11:** Mejora de la pérdida de fluidez del cemento de fosfato de magnesio mediante la incorporación de superplasticante de polycarboxilato

En la Figura 63 podemos apreciar los resultados de asentamiento para una mezcla de pasta de cemento con aditivo superplasticante a base de polycarboxilato y un cemento de fosfato de magnesio.

### Figura 63

Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos y diferentes duraciones



Fuente: Elaboración propia

Podemos notar que el cemento de fosfato de magnesio tiene un retardo sobre los efectos del superplastificante para aumentar el asentamiento de la mezcla, obteniendo mejores resultados de trabajabilidad con una dosis de aditivo rondando los 0.36% de peso del cemento como superplastificante a base de policarboxilatos.

La fluidez del cemento de magnesio con la adición de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos se mantiene constante durante los primeros 5 minutos con la misma dosis (0 a 0.36%), para mantener la fluidez de la mezcla luego de 30 minutos es necesario más de 0.12% de dosis.

**Artículo 12:** Optimización de la dosis de superplastificante a base de policarboxilato con diferentes tipos de cemento.

En la Figura 51 se realizó una mezcla de mortero con aditivo superplastificante a base de policarboxilato de diferentes marcas, variando el tipo de cemento y relaciones a/c. En dicho gráfico podemos apreciar que el asentamiento en las mezclas que presentan cemento puzolánico es mayor a aquellas mezclas con cemento portland, la dosis de

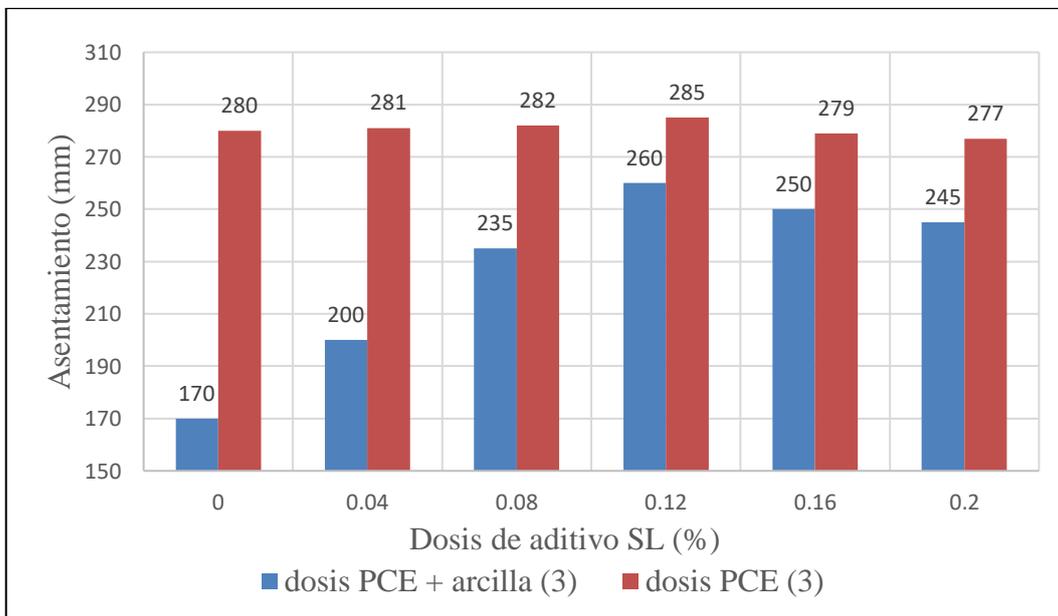
aditivo superplastificantes más optimas rondan los 0.60% del peso de cemento y una relación a/c de 0.30.

**Artículo 13:** Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de policarboxilato con tolerancia a las arcillas:

En la Figura 64 se presenta una mezcla de concreto con adición de arcilla, aditivo superplastificante a base de policarboxilato denominado lignosulfonatos (SL) con diferentes dosis que van de 0% a 0.20%

**Figura 64**

Resultados de asentamiento para diferentes dosis en mezclas de concreto con arcillas



Fuente: Elaboración propia

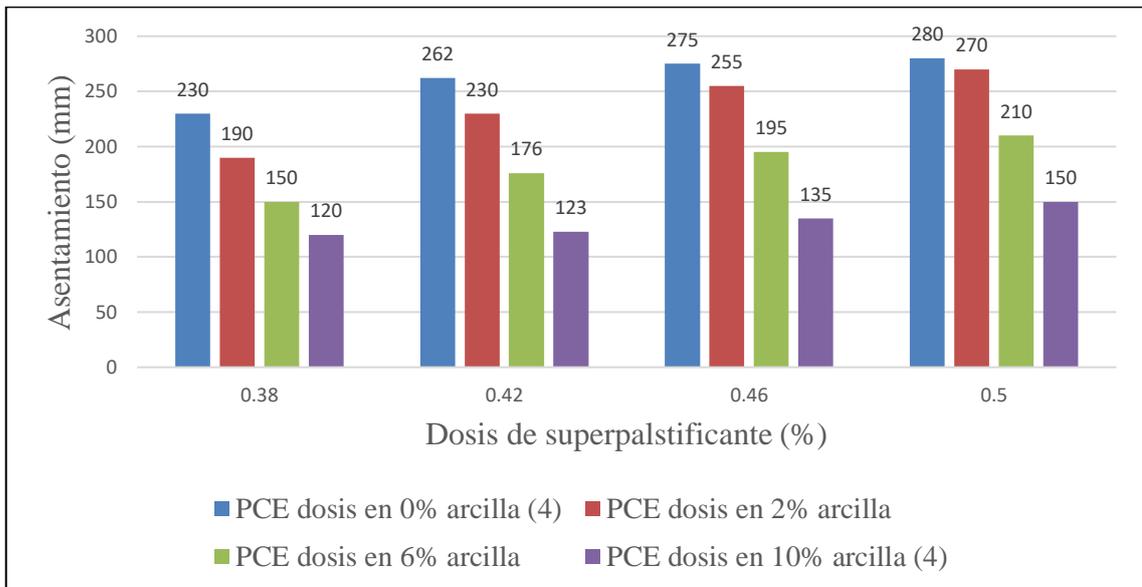
Podemos apreciar claramente la dosis óptima de aditivo superplastificante a base de policarboxilato lignosulfonato de 0.12%, obteniendo la mayor trabajabilidad en los casos de concreto sin arcillas y con arcillas, además notemos como la arcilla reduce el asentamiento de la mezcla notablemente, un aditivo superplastificante puede optimizarla, pero sin llegar a tener una mejora para una mezcla sin arcilla.

**Artículo 14:** Interacción del superplastificante a base de policarboxilato con arcilla en sistemas de cemento Portland.

Se presenta en la Figura 65 los resultados de asentamiento logrados en una pasta de cemento con la incorporación de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos y diferentes cantidades de arcilla, para una relación a/c de 0.30.

**Figura 65**

Resultados de asentamiento para mezclas de pasta de cemento con diferentes dosis de aditivo y cantidades de arcillas



Fuente: Elaboración propia

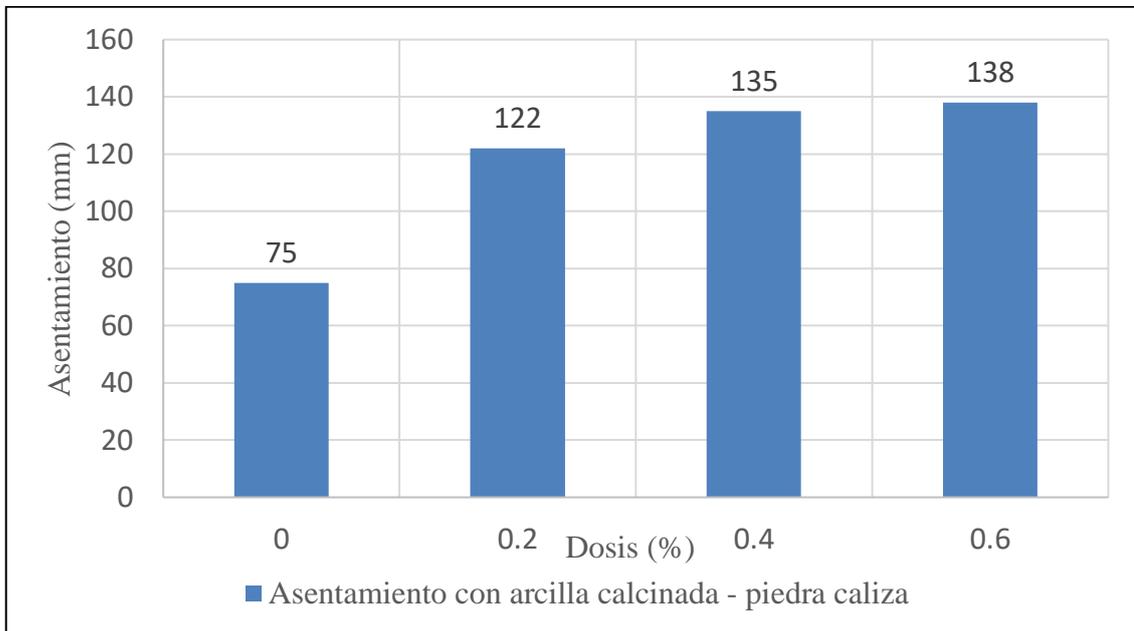
Podemos apreciar que ante mayores dosis de aditivo mejoran la trabajabilidad de la mezcla y que la adición de arcillas reduce significativamente el asentamiento, además la dosis óptima de aditivo superplastificante excede los 0.5% y a mayores cantidades de arcilla en la mezcla mayor la demanda de aditivo para alcanzar la mejor dosis de aditivo.

**Artículo 15:** Superplastificante a base de poli (éter carboxilato) modificado para mejorar la fluidez del cemento Portland mezclado con arcilla, piedra caliza y yeso calcinado.

La Figura 66 presenta los resultados de asentamiento de una mezcla de pasta de cemento, con la adición de piedra caliza y arcilla calcinada con una relación a/c de 0.45.

**Figura 66**

Resultados de asentamiento para una mezcla con arcilla calcinada y piedra caliza con diferentes dosis de aditivos superplastificante a base de policarboxilato



Fuente: Elaboración propia

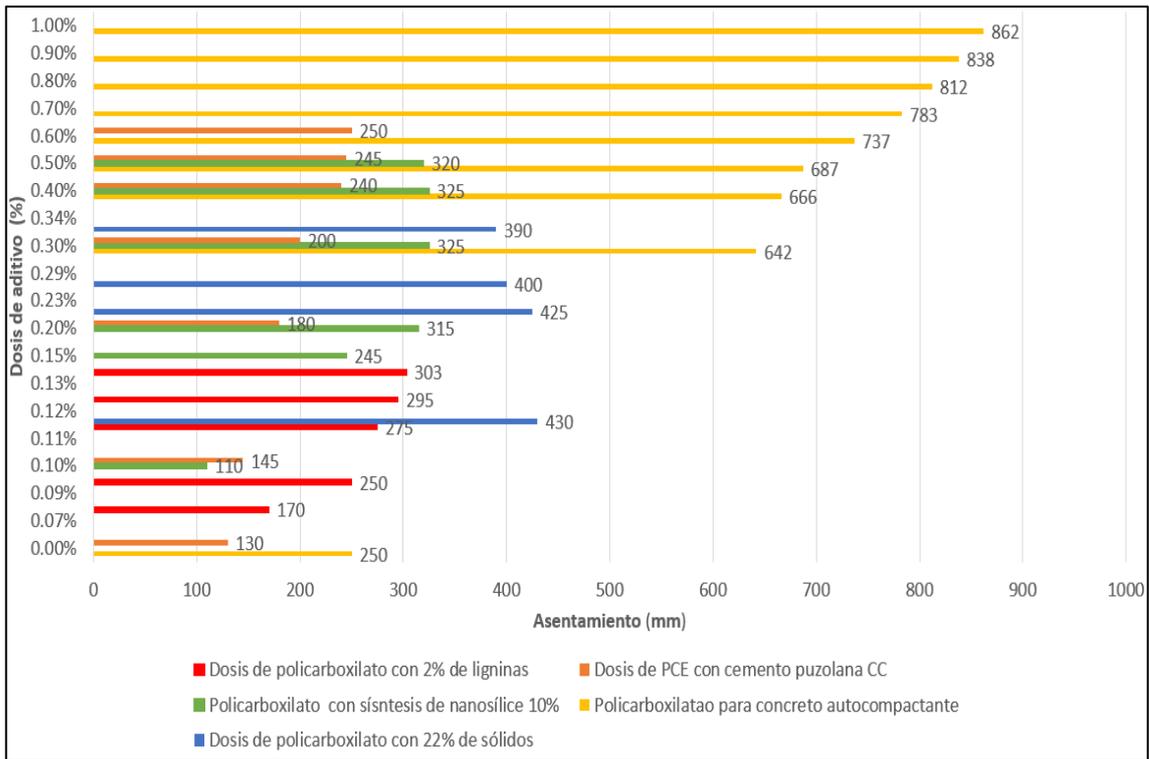
Podemos apreciar que la trabajabilidad de la mezcla mejora con el aumento de la dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato, sin embargo, se debe resaltar que a partir de 0.4% la trabajabilidad aumenta mínimamente.

### 5.3. Contrastación de hipótesis.

**Al aumentar las dosis de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, mejora el asentamiento del concreto fluido.**

**Figura 67**

Resultado de asentamiento para diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos.



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Figura 67, y según el artículo 1 (Dosis de policarboxilato con 2% de ligninas) el porcentaje óptimo de aditivo se encuentra en 0.15% del peso de cemento dando un asentamiento de 303 mm. En el artículo 2 (Dosis de PCE con cemento puzolana CC) el porcentaje óptimo de aditivo se encuentra en 0.60% del peso de cemento dándonos un asentamiento de 250 mm. En el artículo 3 (Policarboxilato con síntesis de nanosilíce 10%) el porcentaje óptimo se encuentra entre el 0.30% y el 0.40% del peso de cemento, evidenciando un asentamiento de 325mm. En el artículo 4 (Policarboxilato para concreto autocompactante) apreciamos que la mejor dosis se da en 1.00% del peso de cemento proporcionándonos un asentamiento de 862mm. Finalmente en el artículo 5 (Dosis de policarboxilato con 22% de sólidos) el porcentaje óptimo de aditivos se encuentra en un 0.12% del peso de cemento contemplando un asentamiento de 430 mm.

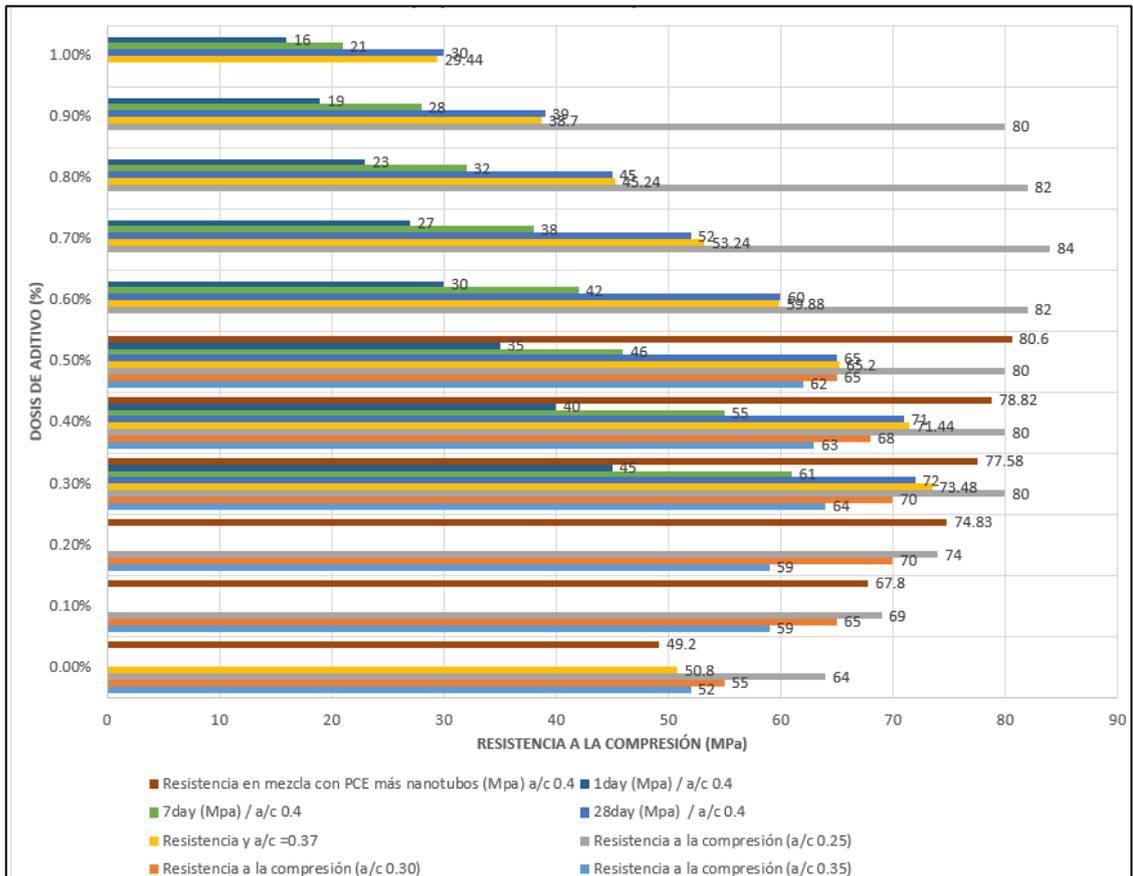
Para todos los casos la dosis óptima no siempre se mantiene en aumento, sino que alcanza un punto crítico de sobredosisificación.

Por lo tanto, la hipótesis es rechazada, ya que, al aumentar la dosis de aditivo, aumenta el asentamiento de mezcla; sin embargo, según la evaluación en base a los diversos artículos, al sobrepasar el límite máximo de dosis la trabajabilidad puede comenzar a disminuir.

**Al reducir la relación agua/cemento, mejora la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilatos.**

**Figura 68**

Resultados de resistencia a la compresión ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato y a/c



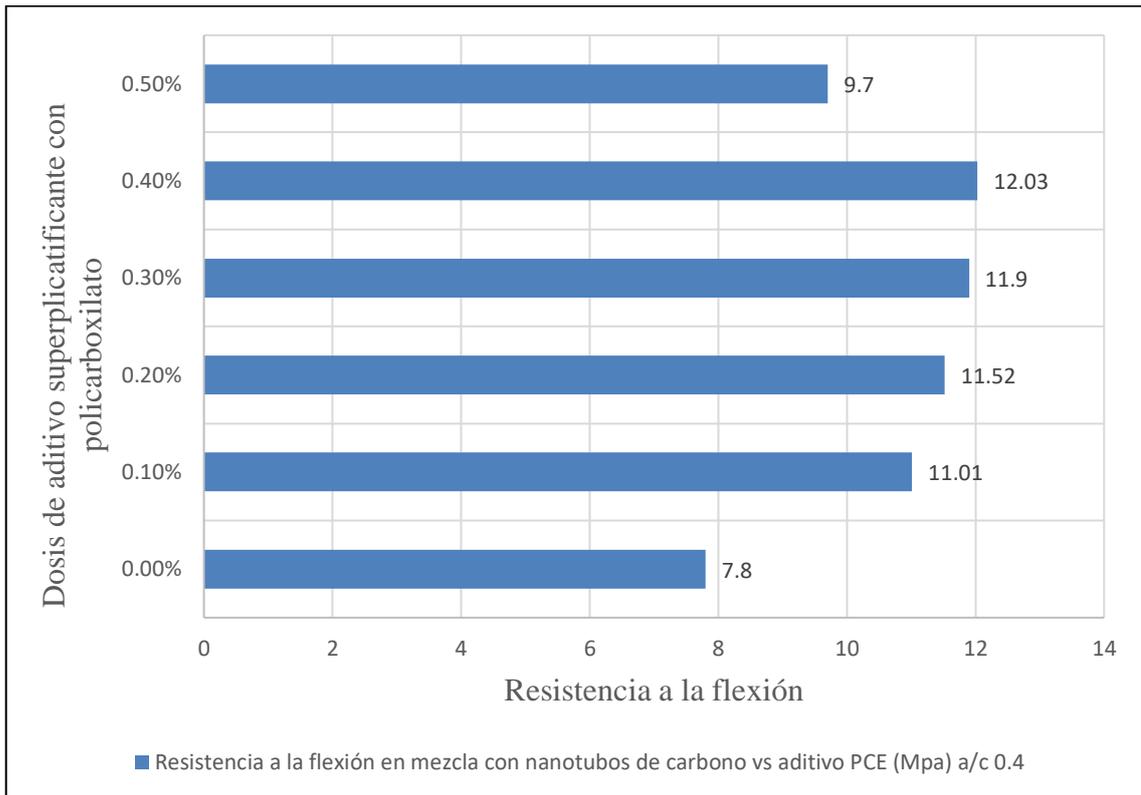
Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar en la Figura 68 que ante diferentes relaciones agua/cemento la dosis de aditivo superplastificante varía, notamos en el gráfico que la dosis óptima ronda de 0.20% a 0.70%, siendo este último para un caso de baja relación agua cemento y un mortero, definitivamente la dosis óptima va a varias dependiendo el tipo de policarboxilato, tipo

de cemento utilizado, alguna adición de fibras, etc. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos las mejores dosis rondan en su mayoría de 0.3% a 0.4%, la resistencia dependerá mucho de la relación a/c, pero también de la cantidad de aditivo que se emplee para reaccionar con la cantidad de cemento en la mezcla.

### Figura 69

Resultados de resistencia a la flexión en mezcla con nanotubos de carbono con diferentes dosis de aditivos PCE (MPa) a/c 0.4



Fuente: Elaboración propia

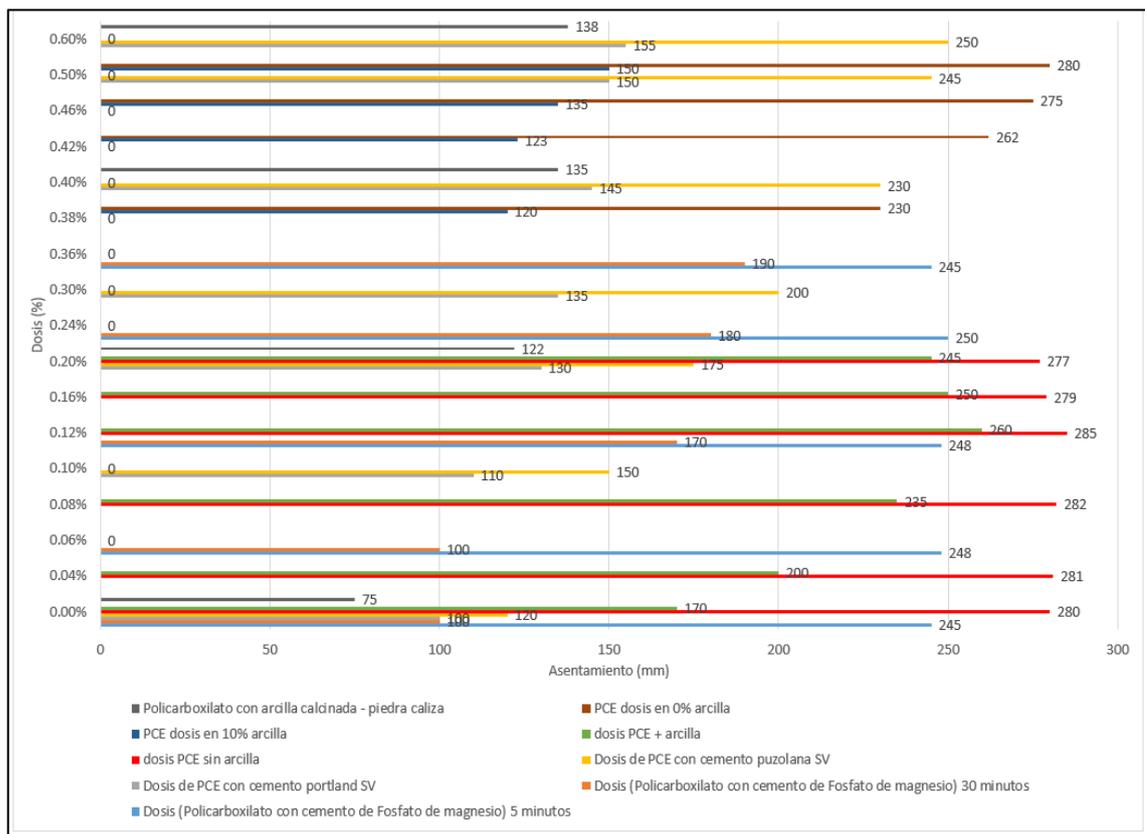
Podemos apreciar en la Figura 69 como para una mezcla de nanotubos de carbono (a/c 0.4) mejora la resistencia a la flexión, teniendo su valor óptimo de 0.4 % del peso de cemento, sin embargo, para el exceso de esta dosis la resistencia a la flexión decrece significativamente.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis puesto que no necesariamente a menores relaciones a/c se obtienen mayores resistencias, depende mucho de la cantidad de aditivo utilizado, tipo de aditivo, cemento, entre otros.

**La trabajabilidad de las mezclas de concreto fluido con diversas adiciones mejora con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos.**

**Figura 70**

Resultados de asentamiento ante diferentes dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos y adiciones.



Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar en la Figura 70 como varía el comportamiento de la fluidez en las mezclas dependiendo su contenido. La adición de arcillas en el concreto genera una reducción del asentamiento, disminuyendo su trabajabilidad, sin embargo, al adicionarle un aditivo superplastificante, la fluidez mejoró para todos los casos, variando entre dosis óptimas que van en un rango del 0.12% y 0.50%, por otra parte, ante mezclas con cemento puzolánico o de fosfato de magnesio también se mostró una mejora considerable con la incorporación de aditivo superplastificante siendo las dosis óptimas en un rango de 0.36% a 0.5% y de 0.12% a 0.36% respectivamente.

Se acepta la hipótesis puesto que en todos los casos el uso de aditivos mejora la trabajabilidad de a la mezcla, sin embargo, es importante mencionar que sobreexceder la dosis podría generar lo contrario.

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 6.1. Discusión

En la presente investigación se obtuvieron diferentes resultados de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, la Figura 67 evidencia la alta capacidad de fluidificar la mezcla del concreto con un aditivo superplastificante a base de polycarboxilatos, los diversos resultados para diferentes ensayos variando la estructura química de los polycarboxilatos, ofrecen un punto de partida de diseño con este tipo de aditivos para el lector.

Por otra parte, la falta de comparación de ensayos con tipos de polycarboxilatos similares, no permite el análisis completo de mezclas de concreto, en la Figura 68 se aprecian resultados de resistencia a la compresión ante polycarboxilatos de distintas estructuras moleculares, obteniendo dosis óptimas desde 0.2% a 0.7%, un rango que varía en relación agua/cemento y tipos de cemento, demostrando que todos estos elementos contienen diferentes características que pueden variar los resultados en pequeña o gran medida, la mayor resistencia a compresión obtenida fue de 72 MPa para una relación a/c de 0.37 demandando un 0.30% de dosis de aditivo y la menor resistencia encontrada fue de 16 MPa en mezcla con 1 día de edad y con una sobredosis de 1.00% de aditivo.

En cuanto a la flexión se mostraron los mismos efectos al incorporar el aditivo superplastificante, la Figura 62 muestra como ante una dosis de 0.40% de aditivo presenta la mayor resistencia a la flexión de 12.03 MPa, sin embargo, con 0.10% más de aditivo se reduce la resistencia considerablemente en un 19.4%

No obstante, ninguno de los ensayos superó la dosis del 1% por lo que la dosis de saturación para mezclas con aditivo superplastificante a base de polycarboxilato está limitada por este valor.

Materiales como el cemento de fosfato de magnesio y cemento puzolánico aportan capacidad de absorción a la mezcla de concreto, generando mayor trabajabilidad incluso con menores dosis de aditivo teniendo dosis óptimas desde 0.24%, incluso el cemento de fosfato de magnesio brinda un efecto retardante. En la Figura 70 se aprecia como la arcilla genera pérdida de trabajabilidad, y las dosis óptimas de aditivo no superan la fluidez de mezclas convencionales sin el uso de aditivos por lo que no es recomendable su aplicación.

Finalmente, es bueno precisar que “El policarboxilato con gran peso molecular produce hormigones muy fluidos. El policarboxilato con cadenas principales cortas, cadenas laterales largas y alta densidad de carga exhibe una capacidad de súper dispersión. El policarboxilato con baja densidad de carga tiene una dispersión inicial pobre pero una buena retención de asentamiento y el policarboxilato con alta densidad de carga exhibe una mayor adherencia por adsorción en la superficie de las partículas de cemento, por lo que muestra una buena dispersión inicial pero una mala retención del asentamiento. El efecto de retardo del policarboxilato sobre la hidratación del cemento aumentó con el aumento de la longitud de la cadena principal. El policarboxilato con cadenas laterales largas muestra una mayor retención de asentamiento.” Sha,et al, (2020)

## 6.2. Conclusiones

1. El aditivo superplastificante a base de policarboxilato funciona como un fluidificante y reductor de agua brindando una mejora en las propiedades físico-mecánicas del concreto, debido a que, el efecto estérico genera mayor trabajabilidad y su buena capacidad plastificante permite una alta reducción de agua generando un incremento de la resistencia a compresión.
2. La trabajabilidad del concreto con la incorporación de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos incrementa, debido a la mayor capacidad de absorción que brinda este aditivo con una estructura química avanzada, generando un alto efecto estérico, sin embargo, a partir de una determinada dosificación dependiendo del polímero utilizado se produce un fenómeno de saturación en cuanto a su eficacia desfloculante y fluidificante reduciendo su trabajabilidad. La adsorción es la base de la desfloculación y dispersión de los granos de cemento.
3. La resistencia del concreto con la incorporación de aditivo superplastificantes a base de policarboxilatos, aumenta al añadir pequeñas dosis, su capacidad dispersante permite reducir la cantidad de agua (a/c) y por ende incrementar la resistencia a la compresión.

4. La trabajabilidad del concreto con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de polycarboxilatos con diversas adiciones como tipos de cementos, arcillas, piedra caliza, mejora con la incorporación de este aditivo, requiriendo mayores o menores dosis variando el material que contiene, limitado a una dosis crítica de saturación sobre la cual comienza a reducirse el asentamiento, generando segregación y sangrado.

### 6.3. Recomendaciones

1. Sobrepasar la dosis óptima de aditivo superplastificante a base de polycarboxilatos genera un impacto negativo en la trabajabilidad de la mezcla del concreto, por lo que es de vital importancia realizar ensayos en estado fresco previos al diseño final, para encontrar la dosis óptima en trabajabilidad.
2. Se recomienda el uso de aditivo superplastificante a base de polycarboxilatos para reducir la relación a/c de la mezcla de concreto y obtener una mayor resistencia a la compresión.
3. Para el uso de aditivo superplastificante a base de polycarboxilatos, es recomendable utilizar cemento puzolánico para incrementar la trabajabilidad y cemento de fosfato de magnesio para retener la trabajabilidad, por otra parte, la arcilla no aporta fluidez con la incorporación de este aditivo, al igual que los nanosílices.
4. Se recomienda realizar un análisis comparativo de costos entre mezclas de concreto y pastas con la incorporación del aditivo estudiado y las convencionales, para tener así una mejor idea del impacto económico que pueda generar en diferentes obras civiles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kismi, M., Saint-Arroman, J.-C., & Mounanga, P. (2012). *Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.056>
- Özen, S., Gökhan Altun, M., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). *Effect of the polycarboxylate based water reducing admixture structure on self-compacting concrete properties: Main chain length*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119360>
- Abile, R., Russo, A., Limone, C., & Montagnaro, F. (2018). *Impact of the charge density on the behaviour of polycarboxylate ethers as cement dispersants*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.276>
- Akhlaghi, O., Aytas, T., Tatli, B., Sezera, D., Hodaei, A., Favier, A., . . . Akbulut, O. (2017). *Modified poly(carboxylate ether)-based superplasticizer for enhanced flowability of calcined clay-limestone-gypsum blended Portland cement*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.08.028>
- Antoni, Gabriel Halim, J., Chandra Kusuma, O., & Hardjito, D. (2017). *Optimizing Polycarboxylate Based Superplasticizer Dosage with Different Cement Type*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.442>
- BBC. (2018, diciembre). *La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías*. Retrieved from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Ben Aicha, M. (2020). *The superplasticizer effect on the rheological and mechanical properties of self-compacting concrete*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818961-0.00008-9>
- Benaicha, M., Hafidi Alaoui, A., Jalbaud, O., & Burtschell, Y. (2019). *Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.01.015>
- Bernal Díaz, D. (2017). *Optimización de la Resistencia a Compresión del Concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos súperplastificantes*. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1233>
- Borralleras, P., Jurado, J. J., Parra, S., & Caballero, J. (2018). *Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/323559146>

- Burhan Abdalla, L., Ghafor, K., & Mohammed, A. (2019). *Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100004>
- 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*. Retrieved from <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>
- Chen, S., Sun, S., Chen, X., Zhong, K., Shao, Q., Xu, H., & Wei, J. (2020). *Effects of core-shell polycarboxylate superplasticizer on the fluidity and hydration behavior of cement paste*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124464>
- Coapaza Aguilar, H., & Cahui Hilazaca, R. A. (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*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7352>
- Comisión Guatemalteca de Normas. (2015). *Norma Técnica Guatemalteca NTG 41017 h30*. Retrieved from [https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/2\\_concreto/norma\\_ntg\\_41017\\_h30\\_astm\\_c1621.pdf](https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/2_concreto/norma_ntg_41017_h30_astm_c1621.pdf)
- Comité ACI 318. (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14)*. Michigan: American Concrete Institute.
- EFNARC. (2002). *Specification and Guidelines for Self - Compacting Concrete*. Retrieved from <https://pdf4pro.com/cdn/self-compacting-concrete-efnarc-1d96c.pdf>
- Erzengin, G., Kaya, K., Perçin Özkorucuklu, S., Özdemir, V., & Yıldırım, G. (2018). *The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.088>
- Erzengin, S., & Öcal, C. (2019). *Influences of design parameters on the properties of selfcompacting concrete produced with structurally different polycarboxylates*. Retrieved from [10.1002/suco.201900094](https://doi.org/10.1002/suco.201900094)
- Ezzat, M., Xu, X., El Cheikh, K., Lesage, K., Hoogenboom, R., & De Schutter, G. (2019). *Structure-property relationships for polycarboxylate ether*

- superplasticizers by means of RAFT polymerization.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.06.088>
- Fares, G. (2015). *Effect of slump cone orientation on the slump flow time (T50) and stability of sustainable self-compacting concrete containing limestone filler.* Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.052>
- Gao, G., Ren, J., Liu, Y., Guo, J., & Li, J. (2017). *Interaction of polycarboxylate-based superplasticiser with clay in Portland cement systems.* Retrieved from <https://doi.org/10.1680/jadcr.16.00180>
- Garay Pichardo, L. Y., & Quispe Cotrina, C. E. (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (reductor de agua de alto rango).* Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7625>
- Garcia Rojas, J. E., & Guerrero Contreras, W. I. (2009, marzo). *Análisis experimental del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango y retardante, para el control de la consistencia y resistencia del concreto hidráulico utilizado en carreteras.*
- Ghafoori, N., Diawara, H., & Hasnat, A. (2018). *Remediation of loss in flow properties of self-consolidating concrete under various combinations of transportation time and temperature.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.142>
- Gökhan Altun, M., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). *Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118427>
- Gutierrez Barahona, L. E. (2018). *Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales.* Retrieved from <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2808>
- Hong Kim, J., Ho Han, S., & Choi, B. (2020). *Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103419>
- Huamaní Huaranca, I. (2018). *“Concreto autocompactante: Diseño, beneficios y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho”.* Retrieved from <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3259>

- Huang, X., Li, X., Zhang, D., Xue, C., & Zhang, A. (2017). *Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete*. Retrieved from <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.898.2076>
- Huang, Z., Yang, Y., Ran, Q., & Liu, J. (2018). *Preparing hyperbranched polycarboxylate superplasticizers possessing excellent viscosity-reducing performance through in situ redox initialized polymerization method*.
- Hyun Lee, J., Hong Kim, J., & Young Yoon, J. (2018). *Prediction of the yield stress of concrete considering the thickness of excess paste layer*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.124>
- Jae , H., Seong, H., & Choi , B. (2020). *Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103419>
- Janowska Renkas, E. (2015). *The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.180>
- Lei, L., & Chan, H.-K. (2020). *Investigation into the molecular design and plasticizing effectiveness of HPEG-based polycarboxylate superplasticizers in alkali-activated slag*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106150>
- Leon Parra, L., & Eiguez Alava, H. (2009). *Diseño de mezclas para hormigón autocompactante*. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/2070>
- Liebscher, M., Trong Dinh, T., Schröfl, C., & Mechtcherine, V. (2020). *Dispersion of different carbon-based nanofillers in aqueous suspension by polycarboxylate comb-type copolymers and their influence on the early age properties of cementitious matrices*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118039>
- Lin, X., Liao, B., Zhang, J., Li, S., Huang, J., & Pang, H. (2019). *Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.185>
- Lin, X., Pang, H., Wei, D., Lu, M., & Liao, B. (2021). *Effect of the cross-linker structure of cross-linked polycarboxylate superplasticizers on the behavior of cementitious mixtures*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125437>

- Ma , Y., Shi, C., Lei, L., Sha, S., Zhou, B., Liu, Y., & Xiao, Y. (2020). *Research progress on polycarboxylate based superplasticizers with tolerance to clays - A review*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119386>
- Ma, B., Huahui, Q., Tan, H., Su, Y., Li , X., Liu, X., . . . Zhang, T. (2020). *Effect of aliphatic-based superplasticizer on rheological performance of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117181>
- Macijauskas, M., & Skripkiūnas, G. (2017). *The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste*. Retrieved from doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.904.167
- MAESTRO. (2018). *El alto riesgo de las viviendas informales*. Retrieved from <https://www.construyebien.com/blog/construccion-viviendas-informales/>
- Menga, W., Kumar, A., & Henri Khayat, K. (2019). *Effect of silica fume and slump-retaining polycarboxylate-based dispersant on the development of properties of portland cement paste*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.03.021>
- Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency*. (n.d.).
- Nistal Cordero, Á. F., Retana Maqueda, M. J., & Ruiz Abrio, T. (2012). *El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores identificativos de su resistencia*. Retrieved from [https://revistas.uax.es/index.php/tec\\_des/article/view/577](https://revistas.uax.es/index.php/tec_des/article/view/577)
- NORMA E.060 . (2009). CONCRETO ARMADO. Lima, Perú.
- NORMA GE.030. (2006, junio 8). CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Perú: El Peruano.
- NTP 339.034. (2015). *Método de ensayo normalizado para la*.
- NTP 339.078. (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de los tramos*.
- Oualit, M., Irekti, A., & Melinge, Y. (2018). *Saturation Point of Superplasticizers Determined by Rheological Tests for Self Compacting Concrete*. Retrieved from <https://doi.org/10.3311/PPci.11247>
- Özen, S., Gökhan Altun, M., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). *Effect of the polycarboxylate based water reducing admixture structure on self compacting concrete properties Main chain length*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119360>

- Peng, J., Deng, D., Huang, H., Yuan, Q., & Peng, J. (2015). *Influence of superplasticizer on the rheology of fresh cement asphalt paste*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.05.002>
- Puertas Maroto, F., & Palacios Arévalo, M. (2011). *COMPORTAMIENTO Y COMPATIBILIDAD DE CEMENTOS Y ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES BASADOS EN POLICARBOXILATOS. EFECTO DE LA NATURALEZA DE LOS CEMENTOS Y ESTRUCTURA DE LOS ADITIVOS*.
- Puertas, F. (2005). *Polycarboxylate superplasticiser admixtures: Effect on hydration, microstructure and rheological behaviour in cement pastes*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/250071755>
- Qian, S., Yao, Y., Wang, Z., Cui, S., Liu, X., Jiang, H., . . . Guan, J. (2018). *Synthesis, characterization and working mechanism of a novel polycarboxylate superplasticizer for concrete possessing reduced viscosity*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.212>
- Ren, C., Hou, L., Li, J., Lu, Z., & Niu, Y. (2020). *Preparation and properties of nanosilica-doped polycarboxylate superplasticizer*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119037>
- Rogontino Bianco, F. (2018). *Diseño de mezclas de morteros cementicios de ultra altas prestaciones*. Retrieved from <http://oa.upm.es/53180/>
- Samchenko, S., Kozlova, I., Zemsikova, O., Potaev, D., & Tsakhilova, D. (2019). *Efficiency of stabilization of slag suspensions by polycarboxylate*. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102039>
- Schmid, M., & Plank, J. (2020). *Dispersing performance of different kinds of polycarboxylate (PCE) superplasticizers in cement blended with a calcined clay*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119576>
- Sha, S., Wang, M., Shi, C., & Xiao, Y. (2020). *Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials-A review*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117257>
- Sika. (2013). Aditivos para Concreto una visión actual. *Sika Informaciones Técnicas*, 19.
- Tan, H., Li, X., Huang, J., Ma, B., Qi, C., & Chaoliang, L. (2015). *Effect of competitive adsorption between polycarboxylate superplasticiser and sodium tripolyphosphate on cement paste fluidity*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1680/adcr.15.00009>

- Tan, H., Zhang, X., Guo, Y., Ma, B., Jian, S., He, X., . . . Liu, X. (2018). *Improvement in fluidity loss of magnesia phosphate cement by incorporating polycarboxylate superplasticizer*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.214>
- Tang, X., Zhao, C., Yang, Y., Dong, F., & Lu, X. (2020). *Amphoteric polycarboxylate superplasticizers with enhanced clay tolerance: Preparation, performance and mechanism*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119052>
- Tareq Noaman, A., S. Abed, M., & Abdul Hamead, A. A. (2020). *Production of polycarboxylate-ether superplasticizer (PCE) coated sand with modified hardened properties in cement mortar*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118442>
- The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes*. (2015). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.180>
- Tian, H., Kong, X., Cui, Y., Wang, Q., & Wang, D. (2019). *Effects of polycarboxylate superplasticizers on fluidity and early hydration in sulfoaluminate cement system*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116711>
- Tregger, N., Gregori, A., Ferrara, L., & Shah, S. (2012). *Correlating dynamic segregation of self-consolidating concrete to the slump-flow test*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.052>
- Valverde, C., Serrano, Y., & Domínguez, J. (2016, Marzo 10). *Nuevas tecnologías en el mundo de los aditivos superplastificantes para hormigón*. Retrieved from PROFESIONALES HOY: <https://profesionaleshoy.es/arquitectura/2016/03/10/nuevas-tecnologias-en-el-mundo-de-los-aditivos-superplastificantes-para-hormigon/10752>
- Wang, L., & Wang, D. (2015). *Effects of Clay on Properties of Polycarboxylate Superplasticizer and Solutions*. Retrieved from DOI 10.1007/s11595-015-1290-7
- Wang, X., Zhang, J., Yang, Y., Shu, X., & Ran, Q. (2018). *Effect of side chains in block polycarboxylate superplasticizers on early-age properties of cement paste*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7231-x>
- Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). *Progresses in Synthesis of Polycarboxylate Superplasticizer*. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2020/8810443>

- Yanrong, Z., Xiangming, K., Liang, G., & Jiaxin, W. (2016). *Rheological Behaviors of Fresh Cement Pastes with Polycarboxylate Superplasticizer*. Retrieved from DOI 10.1007/s11595-016-1366-z
- Young Yoon, J., & Hong Kim, J. (2018). *Evaluation on the consumption and performance of polycarboxylates in cement-based materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.004>
- Zheng, T., Zheng, D., Qiu, X., Yang, D., Fan, L., & Zheng, J. (2019). *A novel branched claw-shape lignin-based polycarboxylate superplasticizer: Preparation, performance and mechanism*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.03.007>
- Zhu, J., Gao, W., Wang, P., Zhu, T., & Li, J. (2020). *Dispersion performances and adsorption behavior of novel block polycarboxylate with hybrid side chains in coal-water slurry*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124644>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA	159
<b>ANEXO 2</b> MATRIZ DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
<b>ANEXO 3</b> RELACIÓN ENTRE SUBTEMAS Y OBJETIVOS	168
<b>ANEXO 4</b> RELACIÓN ENTRE LOS SUBTEMAS Y LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169

## ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES A BASE DE POLICARBOXILATOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO FLUIDO						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	ÍNDICES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿En qué medida los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos influyen en las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido?	Analizar los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido.	Al analizar los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos se mejoran las propiedades físico-mecánicas del concreto fluido	Aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos.	Dosis de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos  Relación agua/cemento	Normas nacionales e internacionales:  -Norma E060 Concreto armado.	El método es deductivo, la orientación es aplicada y según la captación de información es retroactivo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE		-NTP 339.034 ASTM C 39 Ensayo de resistencia a la compresión	El tipo de la investigación es descriptiva, explicativa y correlacional.
a) ¿En qué medida la dosis de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos influyen en el asentamiento del concreto fluido?	a) Analizar la dosis de los aditivos superplastificantes, a base de policarboxilatos, que se emplean en las mezclas de concreto fluido para mejorar el asentamiento.	a) Al aumentar las dosis de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, mejora el asentamiento del concreto fluido.		Asentamiento / trabajabilidad del concreto fluido		
a) ¿En que medida la relación agua/cemento influye en la resistencia del concreto fluido?	b) Analizar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilato.	b) Al reducir la relación agua/cemento, mejora la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilatos.	Propiedades físico-mecánicas del concreto fluido.		-ASTM C1017/C1017M Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido	El nivel de la investigación es descriptivo.
c) ¿Cómo influyen los distintos tipos de policarboxilatos con diversas adiciones en la mezcla de concreto fluido?	c) Analizar el comportamiento de los distintos tipos de policarboxilatos con diversas adiciones en la mezcla de concreto fluido.	d) La trabajabilidad de las mezclas de concreto fluido con diversas (tipos de cementos, arcillas, piedra caliza) adiciones, mejora con la incorporación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos.		Resistencia del concreto fluido	-ASTM C 1611 - Método de Prueba para el Flujo de Asentamiento  Tesis, investigaciones, artículos, entre otros.	El diseño de la investigación es, según su propósito experimental; según mediciones es longitudinal; y según la cronología es observacional.

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 2 MATRIZ DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
1	A novel branched claw-shape lignin-based polycarboxylate superplasticizer Preparation, performance and mechanism	Un novedoso superplastificante de policarboxilato a base de lignina en forma de garra y ramificado Preparación, rendimiento y mecanismo	Tao Zheng, Dafeng Zheng, Xueqing Qiu, Dongjie Yang, Lei Fanc, Jianmin Zhengo	El policarboxilato a base de lignina representa una mejora actividad superficial y propiedad de incorporación de aire.	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	El estudio se limita a los policarboxilatos a base de lignina.	El policarboxilato a base de lignina mejora la actividad superficial y propiedad de incorporación de aire en el concreto fluido.	Utilizar concreto a base de policarboxilato con lífina para lograr concretos con una buena capacidad de dispersión	Aporta información sobre policarboxilatos con otros agregados químicos	2019
2	Dispersing performance of different kinds of polycarboxylate (PCE) superplasticizers in cement blended with a calcined clay	Rendimiento de dispersión de diferentes tipos de superplastificantes de policarboxilato (PCE) en cemento mezclado con arcilla calcinada	Marlene Schmid, Johann Plank	Existen diferentes tipos de policarboxilato que proporcionan propiedades similares al mezclarse con cemento con arcilla calcinada siendo el ás favorable el que posee metalito	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	El estudio se limita a los policarboxilatos a base de ester éster de metacrilato (MPEG), éter isoprenol (IPEG) y éter de metalito (HPEG)	El desempeño del concreto dependerá del tipo de policarboxilato y tipo de cemento que se utilice en una mezcla de concreto para lograr diferentes resultados.	Ante un cemento con arcilla calcinada se recomienda el uso de aditivo superplastificante a base de policarboxilatos, utilizar uno que posea éter de metalito para que ante una menor dosis que los demás tipos de policarboxilato, obtener los mismos resultados, es decir más rentable.	Aporta información sobre diferentes tipos de policarboxilatos al emplearse en cementos con arcilla calcinada	2020
3	Effects of core-shell polycarboxylate superplasticizer on the fluidity and hydration behavior of cement paste	Efectos del superplastificante de policarboxilato core-shell sobre la fluidez y el comportamiento de hidratación de la pasta de cemento	Shengli Chena, Shenmei Suna, Xiaolong Chena, Kaihong Zhonga, Qiang Shaoa, Haijun Xua, Jiangxiang Weib	En comparación con los PCE de peine, la pasta de cemento que contiene nanocristales semiconductores de núcleo, mostró una mejor retención de fluidez de tres horas mediante mediciones de minislump, menor calor de hidratación y una evolución más tardía del calor de hidratación mediante pruebas de calorimetría isotérmica.	Trabajabilidad (asentamiento, a/c)	Experimental	Este estudio se limita a los nanocristales conductores de núcleo	El concreto con nanocristales conductores de núcleo perfecciona las propiedades que otorga el PCE.	Se recomienda el uso de este aditivo para una mejor retención de fluidez, menor calor de hidratación y una evolución más tardía del calor de hidratación	Aporta información comparativa entre el policarboxilato y otros aditivos más novedosos derivados de este	2020
4	Evaluation on the consumption and performance of polycarboxylates in cement-based materials	Evaluación del consumo y comportamiento de policarboxilatos en materiales cementosos	Jin Young Yoon, Jae Hong Kim	Se evaluó el consumo y desempeño del policarboxilato con cambio de fluidez de materiales cementosos. El consumo de policarboxilato es constante independientemente de la relación agua cemento de los materiales a base de cemento, pero depende de la dosis utilizada.	Trabajabilidad (asentamiento, a/c)	Experimental-descriptivo	Este estudio se limita a los policarboxilatos con diferentes dosis	Existe una tendencia en la relación entre las estructuras poliméricas y el rendimiento resultante, pero su diseño óptimo apenas se obtiene debido a la incertidumbre en las estructuras poliméricas, así como en las composiciones de cemento.	Se recomienda realizar los ensayos pertinentes para lograr una dosificación adecuada de acuerdo a las propiedades que se busca alcanzar en la mezcla	Aporta información sobre la aplicación de diferentes dosis de policarboxilato	2018
5	Improvement in fluidity loss of magnesia phosphate cement by incorporating polycarboxylate superplasticizer	Mejora de la pérdida de fluidez del cemento de fosfato de magnesia mediante la incorporación de superplastificante de policarboxilato	Hongbo Tan, Xun Zhang, Yulin Guo, Baoguo Ma, Shouwei Jian, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Xiaohai Liu	La adición de policarboxilato puede reducir la pérdida de fluidez, debido a la hidratación retrasada de la pasta de cemento de fosfato de magnesio. Una razón del retraso de la hidratación es que el policarboxilato puede mejorar la estabilidad de la capa de borato a base de magnesio para obstaculizar la disolución de iones. Otra razón es por adsorción de policarboxilato sobre la superficie de estruvita para dificultar su crecimiento.	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	Este estudio se limita a los policarboxilatos adicionados en cemento con fosfato de magnesio	La adición de policarboxilato puede reducir la pérdida de fluidez, debido a la hidratación retrasada de la pasta de cemento de fosfato de magnesio.	Se recomienda emplear los policarboxilatos en la adición de cementos con fosfato de magnesio para lograr una fluidez luego de 30 minutos, sin embargo no utilizarlo si la fluidez se requiere en una etapa temprana.	Aporta información sobre policarboxilatos con otros agregados químicos (cemento con fosfato de magnesio)	2018
6	Influence of superplasticizer on the rheology of fresh cement asphalt paste	Influencia del superplastificante en la reología de la pasta asfáltica de cemento fresco	Jianwei Peng, Dehua Deng, Hai Huang, Qiang Yuan, Jianguo Peng	La reología de la pasta de cemento asfáltico fresca está dominada principalmente por la interacción de las partículas de cemento que pueden adsorber las moléculas de superplastificante y las gotas de asfalto. El efecto de los superplastificantes sobre la reología de la pasta de cemento asfáltico se puede explicar que la adsorción competitiva de superplastificante y asfalto evita que el asfalto se adsorba en la superficie del cemento y luego se liberen más gotas de asfalto en una solución acuosa, mejorando así la dispersión de partículas.	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	Este estudio se limita a los policarboxilatos y nastalenosulfonatos en pasta de cemento asfáltico	Se concluye que ambos superplastificantes tienen una fuerte adsorción competitiva con las gotas de asfalto sobre las partículas de cemento. El policarboxilato es más eficaz para disminuir el límite elástico y la viscosidad aparente de la pasta de cemento asfáltico que los nastalenosulfonatos.	Se recomienda utilizar policarboxilatos en vez de naftaleno sulfonatos para lograr una mejor fluidez en el cemento asfáltico	Aporta información sobre policarboxilatos con otros agregados químicos (cemento asfáltico)	2015
7	Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials-A review	Influencia de las estructuras del superplastificante de policarboxilato en su desempeño en materiales a base de cemento-Una revisión	Shengnan Sha, Min Wang, Caijun Shi, Yuchong Xiao	El policarboxilato con una densidad de carga tiene una dispersión inicial pobre pero una buena retención de asentamiento el policarboxilato con alta densidad de carga exhibe una mayor adherencia por adsorción en la superficie de las partículas de cemento, por lo que muestra una buena dispersión inicial pero una mala retención del asentamiento	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	Este estudio se limita a la estructura química de los policarboxilatos	La estructura química del policarboxilato en cuanto a la cadena principal, cadenas laterales, densidad de carga, entre otros, producirá diferentes reacciones en las propiedades físicas del concreto.	Se recomienda emplear la estructura química del policarboxilato que más convenga al momento de diseñar una mezcla de concreto.	Aporta información sobre la estructura química del policarboxilato y sus diferentes comportamientos/aportes	2020

#	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
8	Optimización de la dosis de superplastificante a base de poliacarboxilato con diferentes tipos de cemento	Antoni, James Gabriel Halim, Owen Chandra Kusuma, Djwantori Hardijo	El uso excesivo de superplastificante provoca sangrado y segregación. El aumento de la fluidez aumenta la resistencia a la compresión hasta cierto punto. La dosis óptima depende del superplastificante y del tipo de cemento. La resistencia a la compresión se reducirá con el uso excesivo de superplastificante. La diferencia en fluidez y ganancia de resistencia	Trabajabilidad (asentamiento, alc)	Experimental	Este estudio se limita al estudio de morteros con diferentes marcas de aditivos superplastificantes a base de poliacarboxilato y cementos	Para el diseño de una mezcla tomar en cuenta el contenido de la marca del aditivo superplastificante a emplear y el cemento	Se recomienda utilizar cemento portland tipo 1 para una mejor resistencia y cemento puzolana portland para una mejor fluidez. Se recomienda realizar ensayos y tomar en cuenta el aditivo empleado para lograr la dosis óptima del mismo.	Aporta información sobre diferentes tipos de cemento en reacción con diferentes marcas de aditivos superplastificante a base de poliacarboxilatos	2017
9	Producción de arena recubierta de poliacarboxilato-éter superplastificante (PCE) con propiedades endurecidas modificadas en mortero de cemento	Ahmed Tareq Noaman, Mayyadah S. Abed, Alaa A. AbdulHamead	Se observó una mejora de la resistencia a la compresión a las edades de prueba de 7 y 28 días, recubriendo los agregados finos (arenas) con PCE. Se sugirió que el contenido óptimo de PCE SP en la fabricación de arena recubierta era del 15% en peso de arena, porque a partir de ello ya no es tan significativo el incremento de la resistencia.	Resistencia	Experimental	Este estudio se limita a los agregados finos recubiertos con PCE	Se observó una mejora de la resistencia a la compresión a las edades de prueba de 7 y 28 días, recubriendo los agregados con PCE.	Se recomienda utilizar un 15% de arena fina recubierta con aditivo superplastificante a base de poliacarboxilato para lograr una mayor resistencia de este, sin embargo este procedimiento puede resultar ser bastante caro.	Aporta información sobre agregados recubiertos con aditivos superplastificante a base de poliacarboxilatos	2020
10	Avances de la investigación sobre superplastificantes a base de poliacarboxilato con tolerancia a las arcillas: una revisión	Yihan Ma, Caijun Shi, Lei Lei, Shengnan Sha, Beibei Zhou, Yi Liu, Yuchong Xiao	Interacción entre las arcillas y los superplastificantes PCE	Interacción entre las arcillas y los superplastificantes PCE	Experimental	Este estudio está limitado a los concretos con aditivo superplastificante a base de poliacarboxilatos con arcillas calcinadas como material cementoso.	La arcilla calcinada afecta los efectos en la mejora de las propiedades de los aditivos superplastificantes a base de poliacarboxilatos. La caolinita y la illita interactúan principalmente con PCE por adsorción física debido a su estructura no expandible y la adsorción química de sílice	Se recomienda no utilizar arcilla calcinada como material cementante al momento de buscar una buena trabajabilidad (fluidez) y reducción de agua a la mezcla de concreto	Aporta información sobre poliacarboxilatos con otros agregados químicos (arcilla calcinada como cemento)	2020
11	Ensayo y modelado de la resistencia a la compresión en edades tempranas para hormigón de alta trabajabilidad modificado con polímeros PCE	Lajan Burhan Abdalla, Kawan Ghafor, Ahmed Mohammed	La trabajabilidad midiendo el asentamiento del concreto mejoró en promedio un 25%, realizando ensayos de slump, sin embargo, también incrementó levemente la viscosidad. La relación alc fue inicialmente de 0.60 y disminuyó gradualmente a una relación de 0.46 en función de los tipos y la cantidad de polímeros. La resistencia a la compresión con solamente un rango de 0.05% a 0.25% de aditivo aumento entre 24% y 97% a los 28 días de edad de curado.	Trabajabilidad (asentamiento, alc)	Experimental	El estudio está limitado a 3 tipos de poliacarboxilatos empleados en concreto y su comparación también añadiéndole humo de sílice para diferenciar resultados	La adsorción química de sílice a este ensayo puede generar un aumento de resistencia a la compresión, un 25% de esta adición a la mezcla con aditivo a base de poliacarboxilato, puede aumentar un 40% sin embargo el asentamiento se ve afectado gravemente un 50%.	Se recomienda utilizar humo de sílice para aumentar la resistencia del concreto con poliacarboxilato siempre y cuando no se esté buscando una buena trabajabilidad, pues disminuirá	Aporta información empleando una dosis en el rango de 0 a 0.25% de superplastificante a base de poliacarboxilatos y humo de sílice	2019
12	Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón	Pere Borralleras, J.J. Jurado, S. Parra y J. Caballero	Los aditivos superplastificantes basados polímeros de poliacarboxilato amplifican el efecto de viscosidad de tal modo que la elevada viscosidad plástica acaba por ser una característica relevante del concreto autocompactante.	Trabajabilidad (asentamiento)	Experimental	Este estudio se limita al estudio de la viscosidad que puede producirse en los poliacarboxilatos	El tipo de aditivo superplastificante empleado y la $R_{vol}/A/F$ (relación agua/finos totales en volumen) son dos factores importantes que atentan contra la viscosidad de una mezcla de concreto	Se recomienda el uso de controladores de viscosidad o un diseño óptimo que no afecte a la mezcla de concreto con viscosidades elevadas afectando su trabajabilidad	Aporta información sobre los riesgos del uso excesivo de poliacarboxilatos	2018
13	Eficiencia de estabilización de suspensiones de escoria por poliacarboxilato	Svetlana Samchenko, Irina Kozlova, Olga Zemskova, Denis Potaev and Dana Tsakhilova1	Se estableció experimentalmente que la introducción de poliacarboxilato en el medio de dispersión acuosa aumenta la estabilidad de agregación y sedimentación de las suspensiones de escoria.	Trabajabilidad (estabilidad de homogeneidad de agregados)	Experimental	Este estudio se limita a los concretos con escoria con la incorporación de aditivo superplastificante a base de poliacarboxilato	Se estableció experimentalmente que la introducción de poliacarboxilato en el medio de dispersión acuosa aumenta la estabilidad de agregación y sedimentación de las suspensiones de escoria (sobretudo al inicio)	Se recomienda utilizar los aditivos superplastificantes a base de poliacarboxilatos en concretos con escoria para lograr una fluidez y estabilidad de los agregados, manteniendo una mezcla homogénea en etapas tempranas.	Aporta información sobre poliacarboxilatos con otros agregados áridos (concreto con escoria)	2019
14	Impacto de la densidad de carga en el comportamiento de los éteres de poliacarboxilato como dispersantes de cemento	Raffaella Abile, Alessandro Russo, Claudio Limone, Fabio Montagnaro	Los PCE estables con estructura de peine comparable y alta densidad de carga, como PC-28.155, dan como resultado una adsorción rápida y sustancial, una fuerte reducción de agua y un impacto macroscópico en la calorimetría de hidratación del cemento Los polímeros estables de menor carga experimentan una adsorción moderada, tanto en velocidad como en extensión, tienen un rendimiento significativamente menor en la reducción de agua y en la hidratación del cemento.	Trabajabilidad (asentamiento, retardo)	Experimental	Este estudio se limita a diferentes tipos de poliacarboxilatos con diferentes densidad de carga	Este estudio se limita a los PCE estables con estructura de peine comparable y alta densidad de carga, dan como resultado una adsorción rápida y sustancial, una fuerte reducción de agua y un impacto macroscópico en la calorimetría de hidratación del cemento.	Se recomienda conocer la densidad de carga del poliacarboxilato a emplear para predecir comportamientos	Aporta información sobre aditivos superplastificantes a base de poliacarboxilatos con diferentes densidad de carga.	2018

#	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
15	Predicción del límite elástico del hormigón considerando el espesor del exceso de capa de pasta	Jin Hyun Lee, Jae Hong Kim, Jin Young Yoon	Una pasta más delgada trajo un espesor de capa más bajo y luego una fracción de volumen efectivo más bajo, lo que resultó en un límite elástico más bajo del concreto.	Resistencia (límite elástico)	Experimental	Este estudio está limitado a como el policarboxilato influye en la pasta de cemento con los agregados, cambiando el límite elástico de este	Una pasta más delgada trajo un espesor de capa más bajo y luego una fracción de volumen efectivo más bajo, lo que resultó en un límite elástico más bajo del concreto.	Para lograr un mayor límite elástico lo cual da una mayor resistencia, se tendría que buscar la dosis óptima de superplastificante a base de policarboxilatos para cubrir los agregados con una pasta de cemento más gruesa, lo cual brinda un mayor límite elástico al concreto.	Aporta información sobre el límite elástico del concreto con superplastificante a base de policarboxilatos	2018
16	Preparación y propiedades del superplastificante de policarboxilato dopado con nanosílice	Chunrong Ren, Li Hou, Jun Li, Zhongyuan Lu, Yunhui Niu	EINS / PCE obtenido tenía una mejor dispersión y un rendimiento de adsorción mejorado en comparación con el PCE sin dopar. NS / PCE puede reducir eficazmente la cantidad y el coeficiente de orientación de los cristales de Ca (OH) 2 en materiales a base de cemento, lo que es beneficioso para el refinamiento de la microestructura y la mejora de las propiedades mecánicas de la matriz del cemento. Los SCC evaluados en este estudio experimentaron mayores pérdidas en el asentamiento durante temperaturas altas y tiempos de acarreo prolongados en comparación con los hormigones producidos bajo una temperatura de control de 21 C y un tiempo de acarreo de 10 min no se observaron cambios importantes en las propiedades frescas de los SCC durante las temperaturas frías y los tiempos de transporte. Las pruebas de fluidez y resistencia a la tracción, el rendimiento de adsorción y las pruebas de microscopio electrónico de barrido mostraron que los superplastificantes reticulados ofrecían buenos efectos de dispersión y un excelente rendimiento de asentamiento. el flujo máximo alcanzó hasta 394 mm con una relación agua-cemento de 0,35 y esta alta fluidez se pudo mantener simultáneamente durante 2 h, lo que facilitó el trabajo del concreto con un agente reductor de agua de policarboxilato con modo de	Trabajabilidad (nanosílice) y resistencia	Experimental	Este estudio se limita al concreto con la incorporación de superplastificante a base de policarboxilatos y nanosilices.	EINS / PCE obtenido tenía una mejor dispersión y un rendimiento de adsorción mejorado en comparación con el PCE sin dopar. NS / PCE puede reducir eficazmente la cantidad y el coeficiente de orientación de los cristales de Ca (OH) 2 en Los hormigones autocompactantes no requirieron ningún VMA adicional en Tiempos de acarreo de 20 y 40 min cuando se prepara en temperaturas que varían de -0,5 a 28 C. La trabajabilidad, velocidad de	Para lograr un mejor rendimiento en cuanto a la trabajabilidad y resistencia es preferible el uso de superplastificante y nanosilices.	Aporta información de concreto con aditivo superplastificantes a base de policarboxilatos y nanosilices.	2020
17	Remediación de la pérdida de propiedades de flujo del hormigón autocompactante bajo diversas combinaciones de tiempo de transporte y temperatura.	Nader Ghafoori, Hamidou Diawara, Ariful Hasnat	Los SCC evaluados en este estudio experimentaron mayores pérdidas en el asentamiento durante temperaturas altas y tiempos de acarreo prolongados en comparación con los hormigones producidos bajo una temperatura de control de 21 C y un tiempo de acarreo de 10 min no se observaron cambios importantes en las propiedades frescas de los SCC durante las temperaturas frías y los tiempos de transporte. Las pruebas de fluidez y resistencia a la tracción, el rendimiento de adsorción y las pruebas de microscopio electrónico de barrido mostraron que los superplastificantes reticulados ofrecían buenos efectos de dispersión y un excelente rendimiento de asentamiento. el flujo máximo alcanzó hasta 394 mm con una relación agua-cemento de 0,35 y esta alta fluidez se pudo mantener simultáneamente durante 2 h, lo que facilitó el trabajo del concreto con un agente reductor de agua de policarboxilato con modo de	Trabajabilidad (con modificadores de viscosidad)	Experimental	Se limita al concreto autocompactante con modificadores de viscosidad con diferentes temperaturas	Los SCC evaluados en este estudio experimentaron mayores pérdidas en el asentamiento durante temperaturas altas y tiempos de acarreo prolongados en comparación con los hormigones producidos bajo una temperatura de control de 21 C y un tiempo de acarreo de 10 min cuando se prepara en temperaturas que varían de -0,5 a 28 C. La trabajabilidad, velocidad de	Para una adecuada duración de la trabajabilidad se recomienda el uso de modificadores de viscosidad para mantener la trabajabilidad a través del tiempo. La trabajabilidad, velocidad de flujo, estabilidad dinámica y capacidad de paso requeridas se lograron con éxito mediante el uso de modificadores de	Este estudio aporta información sobre el concreto autocompactante a base de policarboxilatos con modificadores de viscosidad.	2018
18	Síntesis y caracterización de superplastificantes de policarboxilato reticulado de alto rendimiento	Xiujun Lin, Bing Liao, Jingfei Zhang, Simin Li, Jianheng Huang, Hao Pang	Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a cadenas laterales. la cantidad de adsorción disminuye con el aumento de la longitud de las cadenas laterales para una longitud fija de la cadena principal, así como la densidad de las	Trabajabilidad, Resistencia (a/c)	Experimental	Este estudio se limita a superplastificantes de policarboxilatos de liberación sostenida, es decir con diferente densidad de carga	se encontró que los superplastificantes derivados de reticulantes con mayor contenido de grupos etoxi proporcionaron muestras de pasta de cemento con fluidez mejorada.	Se recomienda el uso de aditivos superplastificantes con densidad de carga mayor para una mayor fluidez	Este estudio aporta información sobre aditivos superplastificantes con diferentes densidad de carga.	2019
19	Aplicación de superplastificante de policarboxilato en el hormigón	Xingqi Huang, Xiaorong Li, Dawei Zhang, Changjun Xue, Aiqin Zhang,	Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a cadenas laterales. la cantidad de adsorción disminuye con el aumento de la longitud de las cadenas laterales para una longitud fija de la cadena principal, así como la densidad de las	Trabajabilidad (a/c, reductor de agua)	Teórico	Este estudio se limita a los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos	el agente reductor de agua de policarboxilato contribuye a mejorar la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y el mantenimiento del rendimiento y el precio de coste.	Se recomienda usar los superplastificantes a base de policarboxilatos como reductor de agua contribuyendo a mejorar la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y el mantenimiento del rendimiento y el precio de coste.	Aporta información sobre los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos	2017
20	Efecto de las cadenas laterales de los superplastificantes de policarboxilato en bloque sobre las propiedades de la pasta de cemento en la edad temprana	Xiumei Wang, Jiangang Zhang, Yong Yang, Xin Shu, Qianping Ran	Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a cadenas laterales. la cantidad de adsorción disminuye con el aumento de la longitud de las cadenas laterales para una longitud fija de la cadena principal, así como la densidad de las	Trabajabilidad	Experimental	Está limitado a los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos con cadenas laterales de diferentes tamaños	Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a	Utilizar aditivos PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales, muestra una mayor cantidad de adsorción.	Aporta información sobre los policarboxilatos y como se comportan las cadenas laterales	2018
21	Efectos de la arcilla sobre las propiedades de superplastificantes y soluciones de policarboxilato	WANG Lin, WANG Dongmin	Los resultados han ilustrado que la PC con cadenas laterales más largas y menor densidad de cadenas laterales muestra una mayor cantidad de adsorción, por lo tanto una mejor trabajabilidad para una relación de masa dada de grupos de adsorción a cadenas laterales. la cantidad de adsorción disminuye con el aumento de la longitud de las cadenas laterales para una longitud fija de la cadena principal, así como la densidad de las	Trabajabilidad	Experimental (métodos para inhibir la adsorción de arcilla del superplastificante de policarboxilato)	Está limitado a los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos incluyendo en la mezcla arcilla	La arcilla tiene un gran impacto en la fluidez del mortero con ácido policarboxílico, especialmente el impacto de la montmorillonita y bentonita en la arcilla sobre la fluidez del mortero con superplastificante policarboxilato es muy significativo.	Se recomienda el uso de superplastificantes a base de policarboxilatos y agentes orgánicos para mejorar la reacción entre la arcilla y el policarboxilato, para mejorar la trabajabilidad	Aporta información sobre concreto con aditivo a base de PC y arcilla	2015

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
22	Interaction of polycarboxylate-based superplasticiser with clay in Portland cement systems	Interacción del superplastificante a base de policarboxilato con arcilla en sistemas de cemento Portland	Guibo Gao, Jun Ren, Yu Liu, Jingyu Guo, Jun Li	La trabajabilidad de la pasta de cemento dosificada con PCE se redujo significativamente con la adición de la arcilla. La trabajabilidad de la pasta de cemento con arcilla añadida no mejoró obviamente al aumentar la dosis de PCE. La adsorción de PCE fue mayor en la pasta mezclada con arcilla y cemento que en la pasta que comprende un solo componente. La adición de arcilla redujo la eficiencia del PCE en la dispersión de PCE en el cemento podría explicarse por múltiples teorías en lugar de una sola basada en las tendencias de desarrollo	Trabajabilidad	Experimental	Está limitado a los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos incluyendo en la mezcla arcilla	La trabajabilidad de la pasta de cemento dosificada con PCE se redujo significativamente con la adición de la arcilla. La trabajabilidad de la pasta de cemento con arcilla añadida no mejoró obviamente al aumentar la dosis de PCE	No se recomienda el uso de arcillas en concreto, no es muy eficiente su uso con policarboxilatos, requerirán de otros agentes para mejorar la trabajabilidad, pero no sería tan eficiente.	Aporta información sobre concreto con aditivo a base de PC y arcilla	2017
23	Progresses in Synthesis of Polycarboxylate Superplasticizer	Avances en la síntesis de superplastificantes de policarboxilato	Shuncheng Xiang, Yingli Gao, and Caijun Shi	Para poder controlar el peso molecular de PCE y ajustar la proporción de grupos hidrófilos-lipófilos, se deben preparar y preparar macromonomeros con una estructura razonable y un rendimiento estable. Se 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	Comportamiento (trabajabilidad)	Teórico	Está limitado al comportamiento del polcarboxilato	La dispersión de PCE en el cemento podría explicarse por múltiples teorías en lugar de una sola basada en las tendencias de desarrollo	Se recomienda realizar un estudio especializado siempre que se utilicen los policarboxilatos	Aporta información sobre los policarboxilatos y como se comportan las cadenas laterales	2020
24	Rheological behaviors of fresh cement pastes with polycarboxylate superplasticizer	Comportamientos reológicos de pastas de cemento fresco con superplastificante de policarboxilato	ZHANG Yanrong, KONG Xiangming, GAO Liang, WANG Jiaxin	La temperatura más alta generalmente conduce a una caída más pronunciada en la fluidez inicial y la retención de la fluidez, para la pasta de cemento con Los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que en los métodos de dosificación de mezclas de SCC, la determinación del contenido de superplastificante en la fase de pasta es primordial siempre fue necesario un ajuste final de la relación a / c + f para producir SCC. , es posible estimar aproximadamente el intervalo de puntos de saturación (porcentaje relativo a la masa de cemento) de cada superplastificante que son los	Trabajabilidad (a/c)	Experimental	Está limitado a los aditivos superplastificantes a diferentes temperaturas y adiciones	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	Se recomienda mantener el concreto a bajas temperaturas o no muy elevadas para mantener más tiempo las propiedades de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos	Aporta información sobre la fluidez y retención del superplastificante a diferentes temperaturas	2016
25	Saturation Point of Superplasticizers Determined by Rheological Tests for Self Compacting Concrete	Punto de saturación de superplastificantes determinado por pruebas reológicas para hormigón autocompactante	Mehena Oualit, Amar Irekiti, Yannick Melinge	Los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que en los métodos de dosificación de mezclas de SCC, la determinación del contenido de superplastificante en la fase de pasta es primordial siempre fue necesario un ajuste final de la relación a / c + f para producir SCC. , es posible estimar aproximadamente el intervalo de puntos de saturación (porcentaje relativo a la masa de cemento) de cada superplastificante que son los	Trabajabilidad (a/c)	Experimental	Está limitado a las dosis de aditivos superplastificantes en mezclas de concreto	Generalmente la dosis óptima se dio en Policarboxilato ≈ 0,75 a 1%;	Se recomienda utilizar dosis que van entre 0.75 y 1% en mezclas de concreto con aditivos superplastificantes	Aporta información referente a las dosis en mezclas de concreto con aditivos superplastificantes	2018
26	The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes	Influencia de la estructura química de los superplastificantes policarboxílicos sobre su eficacia en pastas de cemento	Elzbieta Janowska-Renkas	La eficacia de los superplastificantes policarboxílicos, derivados de los ácidos acrílico y anhídridos maleico, se determinó el efecto de la estructura química del polímero sobre las propiedades reológicas de la pasta de cemento	Superplastificante sobre la	Experimental	Estructura química de ácidos acrílico y anhídridos maleicos.	Los superplastificantes acrílicos tienen una masa molecular más baja; se construyen a partir de cadenas de poliacrílico y cadenas laterales de polioxitileno más cortas. La mayor eficiencia de los superplastificantes maleicos	Se demuestra que los superplastificantes basados en derivados del anhídrido maleico (SP-C y SP-D) son más eficientes que los superplastificantes derivados del ácido, esto debido a la presencia de ácido carboxílico y anhídrido maleico que puede anclar los granos de suspensión debido a fuerzas	Los superplastificantes reaccionan con los componentes del cemento y el agua de diseño, afectando a la hidratación y fraguado del cemento, además analizaron la estructura química del superplastificantes sobre las propiedades reológicas de la	2015
27	Effect of the polycarboxylate based water reducing admixture structure on self compacting concrete properties Main chain length	Efecto de la estructura del aditivo reductor de agua a base de policarboxilato sobre las propiedades del hormigón autocompactante Longitud de la cadena principal	Süleyman Özen, Muhammet Gökhan Altun, Ali Mardani-Aghabaglou	A mayor longitud de cadena principal tiende a ocurrir aglomeración en las partículas de cemento,	Propiedades físicas y mecánicas del concreto, asentamiento, éter policarboxilato	Experimental	Trabajan con 3 aditivos sintetizados a base de éter policarboxilato	En los 3 casos mostraron un comportamiento similar los resultados de FTIR, a mayor longitud de cadena principal mayor aglomeración de partículas de cemento.	Recomiendan el aditivo PCE-21K presentan mejor adsorción, buen flujo de asentamiento, a pesar de tener menos aditivo	Menciona a todos los indicadores de nuestro trabajo de tesis,	2020

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
28	Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	Efecto del cambio de longitud de la cadena lateral del aditivo reductor de agua de alto rango a base de polycarboxilato-éter sobre las propiedades del hormigón autocompactante	Muhammet Gökhan Altun, Süleyman Özen, Ali Mardani-Aghabaglou	A menor peso molecular de la cadena lateral mayor cantidad de adsorción	Propiedades físicas y mecánicas del concreto, asentamiento, éter polycarboxilato	Experimental	Trabajan con 3 aditivos sintetizados a base de éter polycarboxilato	La mezcla con la longitud de la cadena lateral más corta de este estudio, exhibió la mayor cantidad de adsorción	A medida que aumentó la longitud de la cadena lateral de la mezcla, las propiedades frescas dependientes del tiempo se vieron afectadas positivamente.	Menciona a todos los indicadores de nuestro trabajo de tesis,	2020
29	Dosage effect of superplasticizer on self compacting concrete correlation between rheology and strength	Efecto de la dosificación del superplastificante en la correlación del hormigón autocompactante entre reología y resistencia	M. Benaichaa, A. Hafidi Alaoui, O. Jalbaud, Y. Burtshell	La mejora de las propiedades reológicas y mecánicas por parte del superplastificante se debe a la liberación de agua entre las partículas de cemento y al aumento de las películas de agua que recubren las partículas de la mezcla.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto, asentamiento	Experimental	Trabajan con 8 dosis distintas de aditivos desde 0% - 1%.	La mejor resistencia a la compresión se obtiene con 0.3% de dosis de aditivo superplastificante. La resistencia a la compresión disminuye con el aumento de la dosis de superplastificante. Los valores del diámetro de asentamiento y la relación $H_f /$	La mejor resistencia a la compresión se obtiene con 0.3% de dosis de aditivo superplastificante.	Las propiedades en estado fresco y la resistencia a la compresión de las 8 dosis de aditivo.	2019
30	8 - The superplasticizer effect on the rheological and mechanical properties of self-compacting concrete	8 - El efecto superplastificante sobre las propiedades reológicas y mecánicas del hormigón autocompactante	Mouhcine Ben Aicha	Aumentar la dosis de superplastificante no favorece la fluidez de la mezcla, existe un punto crítico que por lo general es del 1%. Se ilustró la variación del tiempo de flujo, variación del límite elástico para las siguientes dosis de aditivo superplastificante: 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5%. Se ilustró los valores de la resistencia a la compresión en función a los porcentajes de aditivo, para las edades de 1 día, 7 días y 28 días	Propiedades físicas y mecánicas del concreto,	Experimental	Estudia el efecto del superplastificante sobre la reología y las propiedades mecánicas de la mezcla de concreto. Menciona a los 4 grupos de superplastificantes:	Los superplastificantes aumentan significativamente el rango de desempeño reológico y mecánico del concreto	Dosis crítica del 1%	Efecto superplastificante sobre la reología y las propiedades mecánicas del concreto.	2020
31	Effect of silica fume and slump-retaining polycarboxylate-based dispersant on the development of portland cement paste	Efecto del dispersante a base de polycarboxilato que retiene el asentamiento y el humo de sílice sobre el desarrollo de propiedades de la pasta de cemento Portland	Weina Menga, Aditya Kumar, Kamal Henri Khayat	Sustitución de cemento por humo de sílice, dispersante de éter de polycarboxilato.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto, asentamiento, éter polycarboxilato	Experimental	El efecto de humo de sílice, dispersante de éter de polycarboxilato que retiene el asentamiento	La sustitución parcial de cemento por SF da como resultado una mejora del cemento. Sin embargo, debido a la aglomeración de las partículas de SF, las mejoras de hidratación se vuelven menos pronunciadas con niveles altos de sustitución de SF.	La sustitución parcial de cemento por SF da como resultado una mejora del cemento; sin embargo, debido a la aglomeración de las partículas de SF, las mejoras de hidratación se vuelven menos pronunciadas con niveles altos de sustitución de SF.	Humo de sílice, dispersante de éter de polycarboxilato que retiene el asentamiento	2019
32	Dispersion performances and adsorption behavior of novel block polycarboxylate with hybrid side chains in coal-water slurry	Rendimiento de dispersión y comportamiento de adsorción del polycarboxilato de bloque novedoso con cadenas laterales híbridas en lechada de carbón y agua	Junfeng Zhu, Weichun Gao, Pei Wang, Ting Zhu, Junguo Li	Nuevo dispersante de polycarboxilato en bloque PCD, con cadenas laterales híbridas; es decir, cortas y largas.	Nuevo dispersante de polycarboxilato	Experimental	Trabaja con la combinación de cadenas laterales cortas y largas.	Las propiedades reológicas de la lechada de agua de carbón con el híbrido son más consistentes. Es bueno para ser bombeado.	Recomendable para ser bombeado.	Una opción más para el estudio ya que emplea la combinación de cadenas laterales cortas y largas.	2020
33	Effect of the cross-linker structure of cross-linked polycarboxylate superplasticizers on the behavior of cementitious mixtures	Efecto de la estructura reticulante del polycarboxilato reticulado superplastificante sobre el comportamiento de mezclas cementosas	Xiuju Lin, Hao Pang, Daidong Wei, Mangeng Lu, Bing Liao	Se sintetizó dos tipos de superplastificantes de polycarboxilato reticulado y se validó con tendría mejor rendimiento.	Propiedades físicas y síntesis de nueva estructuras.	Experimental	Se trabajó con polycarboxilatos reticulados.	Se encontró que el superplastificante SPT, proporcionó muestras de pasta de cemento con un mejor efecto de dispersión, una mayor tasa de reducción de agua y un mayor efecto retardador que los proporcionados por el superplastificante SPD agente de enlace) y el superplastificante no reticulado SPC.	enciador de la fuerza de SPT es mejor que	Compara 2 aditivos sintetizados.	2020

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
34	Amphoteric polycarboxylate superplasticizers with enhanced clay tolerance: Preparation, performance and mechanism	Superplastificantes anfóteros de policarboxilato con mayor tolerancia a la arcilla: preparación, rendimiento y mecanismo	Xinde Tang, Chunli Zhao, Yueqing Yang, Fuying Dong, Xiao Lu	Superplastificantes de policarboxilato anfóteros (arcillas) sintetizado en comparación con los PCE.	concreto, asentamiento	Experimental	Superplastificantes de policarboxilato anfóteros (arcillas) sintetizado en comparación con los PCE.	Se han sintetizado tres tipos de superplastificantes de policarboxilato anfótero (APC) con grupos catiónicos. Como contrastes se utilizó un policarboxilato de éter (PCE1) sin grupo catiónico y un producto comercial (PCE2). La caracterización de la estructura	Los resultados mostraron que la fluidez de las muestras mezcladas con APC eran más altas que las de los superplastificantes de éter de policarboxilato convencionales (PCE), lo que indica un excelente rendimiento	Interacción entre los superplastificantes PCE y las arcillas APC	2020
35	Correlating dynamic segregation of self-consolidating concrete to the slump-flow test	Correlación de la segregación dinámica del hormigón autocompactante a la prueba de asentamiento	Nathan Tregger, Amedeo Gregori, Liberato Ferrara, Surendra Shah	Correlación entre el asentamiento y segregación en mezclas SCC	Asentamiento	Experimental	Se limita a la correlación dinámica entre la segregación y el asentamiento	La prueba de asentamiento es capaz de indicar resistencias de segregación dinámica además de la fluidez.	Evaluar el diámetro final como control de calidad de la fluidez.	Asentamiento y segregación	2012
36	Effect of aliphatic-based superplasticizer on rheological performance of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer	Efecto del superplastificante de base alifática sobre el comportamiento reológico de la pasta de cemento plastificada con superplastificante de	Baoguo Ma, Huahui Qi, Hongbo Tan, Ying Su, Xiangguo Li, Xiaohai Liu, Chunbao Li, Ting Zhong	La adición de AS en el sistema PCE podría mejorar la resistencia al sangrado y la segregación	Nueva adición para mejorar las propiedades físicas del PCE	Experimental	ción de AS al sistema P	En pasta de cemento que contiene PCE, con la dosis creciente de AS, la fluidez de la pasta de cemento primero disminuyó, luego se mantuvo casi constante, y luego aumentó. La disminución se	Una nueva adición de AS para mejorar las propiedades físicas de la mezcla de concreto, pero importante verificar la dosificación ya que se requiere mayor adición de AS para lograr la adsorción esperada	Sobre las propiedades físicas del concreto	2020
37	Synthesis, characterization and working mechanism of a novel polycarboxylate superplasticizer for concrete possessing reduced viscosity	Síntesis, caracterización y mecanismo de trabajo de un novedoso superplastificante de policarboxilato para hormigón con viscosidad reducida	Shanshan Qian, Yan Yao, Ziming Wang, Suping Cui, Xiao Liu, Haidong Jiang, Zhaolai Guo, Guanghong Lai, Qian Xu.	Se diseñó un nuevo superplastificante de policarboxilato sintetizado con la finalidad de mejorar la fluidez de la mezcla, obteniendo 1.2 % de dosis a emplear sin ocasionar segregación	Mejora de la viscosidad (propiedades físicas)	Experimental	Se sintetizó un tipo de PCE que reduce la viscosidad utilizando isopentil polietilén, anhídrido maleico, y metalil sulfonato de sodio como	Se sintetizó un nuevo tipo de PCE que reduce la viscosidad con diferentes densidades y longitudes de cadena lateral.	El nuevo diseño permite incrementar la dosis hasta un 1.2% para mejorar las propiedades reológicas, sin presencia de sangrado y segregación	Se sintetiza el PCE con la finalidad de mejorar la trabajabilidad y un rendimiento reductor de la viscosidad en hormigón fresco.	2018
38	Preparation of hyperbranched polycarboxylate superplasticizers possessing excellent viscosity-reducing performance through in situ redox-initiated	Preparación de superplastificantes de policarboxilato hiperramificados que poseen un excelente rendimiento reductor de la viscosidad a través del método de	Zhen Huang, Yong Yang, Qianping Rana, Jiaping Liu	Se sintetizó el superplastificante de policarboxilato hiperramificado mediante el método de la polimerización en gel, exhibieron una capacidad débil de dispersión pero una excelente capacidad para reducir la viscosidad y aliviar el espesamiento.	ificantes de policarbox	Experimental	Se limita a trabajar con policarboxilatos hiperramificados	Los PCE hiperramificados evidentemente exhibieron una capacidad más débil de dispersión pero una excelente capacidad para reducir la viscosidad y aliviar el comportamiento de espesamiento por cizallamiento de la pasta de cemento. La capacidad más débil de dispersión se atribuye	Los PCE hiperramificados reducen la viscosidad, pero se evidencia una dispersión débil, ...	El artículo es relevante porque presenta el método redox in situ para sintetizar el PCE hiperramificado y este reduce la viscosidad de la mezcla	2018
39	Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency	Minimizar la dosificación de agua de morteros y hormigones superplastificados para una consistencia determinada	Mohamed Kismi, Jean-Claude Saint-Arroman, Pierre Mounanga	Estudio basado en el análisis de los resultados de las pruebas de mini-cono y cono de Abrams, para optimizar el volumen de ligante y minimizar la fracción de agua de la mezcla.	Asentamiento	Experimental	Estudio basado en el análisis de los resultados de las pruebas de mini-cono y cono de Abrams, para optimizar el volumen de ligante y minimizar la fracción de agua de la mezcla.	Para los morteros con LF, el volumen óptimo de ligante, correspondiente a los mayores valores de asentamiento sin segregación de las mezclas, se ubicó entre 15,8% y 20,8%, 17,0% y 24,0%, y 13,3% y 18,0% para morteros sin LF, morteros con LF y hormigón con LF, respectivamente. Después de la sustitución	Para la tasa de sustitución considerada aquí (50% de la masa de cemento), el uso de relleno de piedra caliza fue bastante beneficioso para la capacidad de fluidez de la mezcla, especialmente en el caso de mezclas superplastificadas. Permite reducir significativamente el volumen de	el uso de piedra caliza fue beneficioso para la capacidad de fluidez de la mezcla, especialmente en el caso de mezclas superplastificadas. Permite reducir significativamente el volumen de porosidad capilar,	2012
40	Investigation into the molecular design and plasticizing effectiveness of HPEG-based polycarboxylate superplasticizers in alkali-activated slag	Investigación sobre el diseño molecular y la eficacia plastificante de superplastificantes de policarboxilato basados en HPEG en escoria activada por álcalis	Lei Lei, Hsien-Keng Chan	Se utilizó una serie de polímeros HPEG PCE con diferente densidad de carga aniónica y longitudes de cadena lateral sintetizado mediante copolimerización de radicales libres a partir de ácido acrílico y éter de metalil poli como macromonomero.	Propiedades físicas	Experimental	Se utilizó una serie de polímeros HPEG PCE con diferente densidad de carga aniónica y longitudes de cadena lateral sintetizado mediante copolimerización de radicales libres a partir de ácido acrílico y éter de metalil poli como macromonomero.	Se concluyó que HPEG PCE de alta anionicidad, alto Mw y la longitud de la cadena lateral corta adsorbe particularidad en grandes cantidades en la escoria, proporcionando así una mayor capacidad de dispersión en comparación con otros polímeros HPEG.	HPEG PCE de alta anionicidad, alto Mw y la longitud de la cadena lateral corta adsorbe particularidad en grandes cantidades en la escoria, proporcionando así una mayor capacidad de dispersión en comparación con otros polímeros HPEG.	Se sintetizó el HPEG - PCE para buscar un mejor desempeño	2020

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
41	Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate	Influencia de la presión de bombeo en la curva de viscosidad y estabilidad reológica del mortero que incorpora polycarboxilato	Jae Hong Kim, Seong Ho Han, Byoung Il Choi	Se evalúa el efecto de la presión de bombeo sobre las curvas de viscosidad de materiales a base de cemento que incorporan un polycarboxilato específico. La viscosidad de las muestras de mortero aumenta con la presión de bombeo. El aumento de la viscosidad depende de la velocidad de deformación por cizallamiento y de la estructura polimérica del polycarboxilato.	Viscosidad	Experimental	El artículo estudia el efecto de la presión de bombeo sobre las curvas de viscosidad de materiales a base de cemento incorporado con polycarboxilatos	Las muestras de mortero que incorporan un PCE de tipo que mantiene la consistencia con una alta densidad de injerto de PEG aumentaron el efecto de alta presión sobre la viscosidad de cizallamiento infinito.	Las muestras de mortero que incorporan un PCE de tipo que mantiene la consistencia con una alta densidad de injerto de PEG aumentaron el efecto de alta presión sobre la viscosidad de cizallamiento infinito.	Estudio sobre las propiedades reológicas para concretos bombeables	2020
42	Effects of polycarboxylate superplasticizers on fluidity and early hydration in sulfoaluminate cement system	Efectos de los superplastificantes de polycarboxilato sobre la fluidez y la hidratación temprana en el sistema de cemento sulfoaluminato	Hongwei Tian, Xiangming Kong, Yong Cui, Qibao Wang, Dongmin Wang	Tres superplastificantes de polycarboxilato con estructura molecular variada, denominados PCE4, PCE22 y Los PCE25 se sintetizaron mediante la copolimerización de radicales de ácido acrílico	adsorción	Experimental	Tres superplastificantes de polycarboxilato con estructura molecular variada, denominados PCE4, PCE22 y Los PCE25 se sintetizaron mediante la copolimerización de	Prueba de flujo y la medición de la adsorción revela que los PCE22 y PCE18S4 con mayor carga exhiben una adsorción más fuerte capacidad en superficies minerales y por lo tanto un mejor efecto fluidificante que el PCE4 de	Prueba de flujo y la medición de la adsorción revela que los PCE22 y PCE18S4 con mayor carga exhiben una adsorción más fuerte capacidad en superficies minerales	Tres superplastificantes de polycarboxilato con estructura molecular variada, denominados PCE4, PCE22 y Los PCE25 se sintetizaron mediante la copolimerización de radicales de ácido acrílico	2019
43	Structure-property relationships for polycarboxylate ether superplasticizers by means of RAFT polymerization	Relaciones estructura-propiedad para superplastificantes de éter de polycarboxilato mediante polimerización RAFT	Metwally Ezzat, Xiaowen Xu, Khadija El Cheikh, Karel Lesage, Richard Hoogenboom, Geert De Schutter	Se sintetizaron dos tipos de copolímeros mediante polimerización RAFT para permitir la síntesis de polímeros con características controladas.	características controladas de polycarboxilatos sintetizados	Experimental	copolímeros de peine de éter polycarboxilato (PCE)	Las posibles mediciones revelaron que la adición de superplastificantes aumentaba la estabilidad coloidal de las pastas de cemento. A partir de las medidas de adsorción, se concluye que la disminución	Es evidente que la polimerización RAFT proporciona una forma precisa de estudiar el efecto de diferentes parámetros.	Las posibles mediciones revelaron que la adición de superplastificantes aumentaba la estabilidad coloidal de las pastas de cemento. A partir de las medidas de adsorción, se	2019
44	The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates	Las propiedades de los sistemas de cemento superplastificados con polycarboxilatos a base de éster metacrílico	S. Gamze Erzençin, Kübra Kaya, Sabriye Perçin Özkonucuklu, Velican Özdemir, Gizem Yıldırım	Se sintetizaron superplastificantes de polycarboxilato a base de éster metacrílico	Tabajabilidad, reología, tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del cemento	Experimental	Se sintetizaron superplastificantes de polycarboxilato a base de éster metacrílico del ácido metacrilato con varias densidades y longitudes de cadenas laterales.	Los resultados que obtuvieron es que los copolímeros sintetizados cambian el comportamiento reológico de las suspensiones de cemento al engrosamiento por cizallamiento y los polycarboxilatos con densidades de cadena lateral bajas aumentan la fluidez y la	Los polycarboxilatos tienen excelente capacidad de dispersión y estabilidad en la pasta de cemento.	Superplastificantes de tipo polycarboxilato que tienen diferentes Se sintetizaron las longitudes y densidades de las cadenas laterales, caracterizados y sus efectos en los sistemas de cemento en términos de adsorción, trabajabilidad	2018
45	Dispersion of different carbon-based nanofillers in aqueous suspension by polycarboxylate comb-type copolymers and their influence on the early age properties of cementitious matrices	Dispersión de diferentes nanorrellenos a base de carbono en suspensión acuosa por copolímeros de tipo peine de polycarboxilato y su influencia en la propiedades de las matrices cementosas a temprana edad	Marco Liebscher, Tin Trong Dinh, Christof Schröfl, Viktor Mechtcherine	Se investigó el comportamiento de dispersión de diferentes nanocargas a base de carbono en agua desionizada (DI) utilizando dos polycarboxilatos como tensioactivos	Dispersion	Experimental	Únicamente trabajan con 3 nanocargas a base de carbono y 2 polycarboxilatos PCE de distintas características.	Se investigó la eficiencia de las moléculas de PCE con respecto a la dispersión de los nanomateriales de carbono CNT, CB y EG en suspensión acuosa. Los PCE diferían en la longitud de su columna vertebral, pero presentaban la misma densidad de cadena lateral a lo largo de la cadena	Se recomienda a los nanotubos de carbonos CNT porque tienen un mejor comportamiento de dispersión	En presente artículo no presenta gran relevancia con el tema de investigación	2020
46	Effect of slump cone orientation on the slump flow time (T50) and stability of sustainable self-compacting concrete containing limestone filler	Efecto de la orientación del cono de asentamiento sobre el tiempo de asentamiento (T50) y la estabilidad del hormigón autocompactante sostenible que contiene relleno de piedra caliza	G. Fares	ENSAYO T50, SEGÚN LA NORMA ASTM C 1611	ENSAYO T50	Experimental	Se limita al estudio Según la norma ASTM C1611	Se demuestra que la orientación del cono o el procedimiento de llenado de ASTM C1611 tiene un impacto significativo en el T50 medido, siendo los valores obtenidos de la orientación invertida casi el doble de los obtenidos de la orientación normal. Este	Se demuestra que la orientación del cono o el procedimiento de llenado de ASTM C1611 tiene un impacto significativo en el T50 medido, siendo los valores obtenidos de la orientación invertida casi el doble de los obtenidos de la orientación normal.	ENSAYO T50	2015

#	TÍTULO	ESPAÑOL	AUTOR	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	LIMITACIONES	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	RELEVANCIA	AÑO
47	The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste	Influencia de los superplastificantes a base de polímero acrílico modificado y éster de policarboxilato sobre el efecto plastificante de la pasta de cemento	Maiaugus Macijauskas, Gintautas Skripiūnas	El superplastificante SP2 (éster policarboxilato) es más efectivo que el SP1 (polímero acrílico modificado): la pasta de cemento (W/C = 0.30) exhibe una mejor fluidez y mejores cualidades reológicas.  Dosis recomendada de SP2: de 0,6 a 0,8%.	Trabajabilidad, relación a/c	Experimental (reómetro rotacional Rheotest RN4.1 con cilindros coaxiales.)	Se limita al estudio de la reología del concreto con adición de superplastificantes a base de policarboxilatos y pomilero acrílico modificado	El ester policarboxilato es más efectivo que el polímero acrílico modificado ya que presenta una mejor reología y trabajabilidad, incluso una mayor retención de esta.	Se recomienda el uso de policarboxilatos a dosis óptimas en vez de polímero acrílico modificado como superplastificante	Aporta información sobre la reología del este policarboxilato	2017
48	Modified poly(carboxylate ether)-based superplasticizer for enhanced flowability of calcined clay-limestone-gypsum blended Portland cement	Superplastificante a base de poli (éter carboxilato) modificado para fluidez del cemento Portland mezclado con arcilla, piedra caliza y yeso calcinado	Omid Akhlaghi, Tunahan Aytas, Buse Talii, Dilek Sezera, Amin Hodaiei, Aurélie Favier, Karen Scrivener, Yusuf Z. Menciloglu, Ozge Akbulut	Superplastificante a base de poli (carboxilato éter) modificado para mejorar la fluidez del cemento Portland mezclado con arcilla, piedra caliza y yeso calcinado	Trabajabilidad, superplastificantes a base de policarboxilatos fueron sintetizados	Experimental	Se limita el estudio a la modificación de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos-éter para mejorar la fluidez del cemento Portland mezclado con arcilla, piedra caliza y yeso calcinado	Se sintetizó una serie de copolímeros basados en PCE compuestos de AA, AMPS y PEG y su capacidad para dispersar las partículas aglutinantes (OPC, arcilla calcinada y piedra caliza) y para proporcionar retención de fluidez en el se probó hasta de	La ruta de optimización servirá para el diseño de otros superplastificantes que sean compatibles con multicomponentes.	Superplastificantes modificados	2017
49	Influences of design parameters on the properties of selfcompacting concrete produced with structurally different polycarboxylates	Influencias de los parámetros de diseño en las propiedades del hormigón autocompactante producido con policarboxilatos estructuralmente diferentes	Siddika G. Erzengin, Cenik Öcal	diferentes longitudes de cadena lateral y enlaces cruzados para superar los problemas de trabajabilidad y retención de trabajabilidad en el hormigón.  el superplastificante tipo policarboxilato reticulado muestra un mejor desempeño en SCC en comparación con sus contrapartes y el policarboxilato comercial.	Trabajabilidad	Experimental (sintetizado de reticulado de policarboxilato)	Este estudio se limita a el concreto autocompactante con aditivo a base de policarboxilato reticulado	En los SP diseñados, las cadenas laterales en ciertas longitudes y reticulaciones en un porcentaje moderado, proporcionaron una mejor capacidad de superplastificación (capacidad de reducción de agua) y retención de fluidos a las	Es recomendable el uso de policarboxilato reticulado para un mejor resultado con menores dosis de aditivo superplastificante	Aporta información sobre policarboxilato reticulado y convencional en concretos autocompactantes	2019
50	Effect of competitive adsorption between polycarboxylate superplasticiser and sodium tripolyphosphate on cement paste fluidity	Efecto de la adsorción competitiva entre el superplastificante de policarboxilato y el tripolifosfato de sodio en la fluidez de la pasta de cemento	Hongbo Tan, Xin Li, Jian Huang, Baoguo Ma, Changya Qi, Lin Chaoliang	el tripolifosfato de sodio inhibe que el PCS se adsorba en la superficie de las partículas de cemento y el PCS también reduce la adsorción de tripolifosfato de sodio.  Esto indica que algunas sales pueden usarse para ajustar el proceso de adsorción de PCS con el fin de mejorar la fluidez y trabajabilidad de la pasta de cemento y el hormigón fresco.	Trabajabilidad	Experimental (A flow cone, water/cement weight ratio of 0.29:1.00.)	Este estudio está limitado al concreto con adición de tripofosfato de sodio y policarboxilatos	Los resultados sugieren que se deberían utilizar sales inorgánicas con una fuerte capacidad de adsorción para mejorar la dispersión del PCS y así mejorar la trabajabilidad de la pasta de cemento y el hormigón fresco.	Se recomienda utilizar sales inorgánicas con una fuerte capacidad de adsorción para mejorar la dispersión del PCS y así mejorar la trabajabilidad de la pasta de cemento y el hormigón fresco.	Aporta información sobre concreto con aditivo superplastificante y tripofosfato de sodio como retardante y aumento de trabajabilidad	2015

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 3 RELACIÓN ENTRE SUBTEMAS Y OBJETIVOS

SUBTEMAS (Indicadores)	Definición / Justificación del subtema/ delimitación temporal (si aplica)	Objetivo
<b>Trabajabilidad</b>	"La trabajabilidad es una medida de la facilidad con la que se puede colocar y compactar el hormigón fresco: es un complejo de combinación de aspectos de fluidez, cohesión, transportabilidad, compactabilidad y adherencia." (EFNARC, 2002, p. 5) / Este indicador es indispensable debido a que es modificado directamente por la adición de superplastificantes a base de policarboxilatos, mostrando mayor fluidez mejorando la trabajabilidad.	Analizar la mejora de la trabajabilidad del concreto fluido a base de policarboxilato.
<b>Relación a/c</b>	La relación a/c, es la razón entre la cantidad de agua y la cantidad de aglutinante presente por m <sup>3</sup> . A menor relación a/c se obtiene mayor resistencia y viceversa; sin embargo, suele ser más trabajable cuando la mezcla posee relaciones a/c más altas. / Es uno de los parámetros más importantes del diseño de mezcla del concreto porque influye directamente en la resistencia del mismo. A menor relación a/c se obtiene mayor resistencia y viceversa; sin embargo, suele ser más trabajable cuando la mezcla posee relaciones a/c más altas.	Analizar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilato.
<b>Resistencia</b>	La resistencia es la capacidad de carga que puede soportar el concreto en una cierta superficie, este indicador se expresa en términos de esfuerzo y en su mayoría en kg/cm <sup>2</sup> en unidades métricas. / Este indicador está relacionado al tema, debido a que el aditivo superplastificante a base de policarboxilato al ser un alto reductor de agua, influye en la disminución de la relación a/c y esta directamente a la resistencia.	Analizar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del concreto fluido a base de policarboxilato.
<b>Dosis de aditivo</b>	La dosis de aditivo es la cantidad de aditivo que presenta la mezcla por m <sup>3</sup> , generalmente es medido directamente proporcional con la cantidad de aglutinante que contiene la mezcla, de acuerdo a la cantidad que se agregue puede manifestar resultados positivos como negativos, tanto en las propiedades del concreto como el presupuesto del mismo. / Este indicador está relacionado al tema debido a que la dosis de aditivo influirá directamente a las propiedades físico-mecánicas del concreto.	Analizar el comportamiento de los distintos tipos de policarboxilatos con diversas adiciones en la mezcla de concreto fluido.
		Analizar los porcentajes de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos para mejorar el asentamiento del concreto fluido.

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 4 RELACIÓN ENTRE LOS SUBTEMAS Y LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
1	Tao Zheng, Dafeng Zheng, Xueqing Qiu, Dongjie Yang, Lei Fanc, Jianmin Zhengc	A novel branched claw-shape lignin-based polycarboxylate superplasticizer Preparation, performance and mechanism	Trabajabilidad que logra el polycarboxilato a base de lignina	0.29		Dosis de 0.15% de polycarboxilatos a base de ligninas en ensayo de pérdida de fluidez
2	Marlene Schmid, Johann Plank	Dispersing performance of different kinds of polycarboxylate (PCE) superplasticizers in cement blended with a calcined clay	se realizaron ensayos de "mini asentamiento" para polycarboxilato (PCE) a base de éster de metacrilato (MPEG), éter isoprenol (IPEG) y éter de metalilo (HPEG) y con arcillas calcinadas	0.48 - 0.6		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.05 a 0.3
3	Shenglii Chena, Shenmei Suna, Xiaolong Chena, Kaihong Zhonga, Qiang Shaoa, Haijun Xua, Jianxiang Weib	Effects of core-shell polycarboxylate superplasticizer on the fluidity and hydration behavior of cement paste	Se realizó una mini prueba de asentamiento de acuerdo con el Estándar Nacional de China GB / T 8077-2012 para evaluar la dispersión y el mantenimiento de la fluidez de los nano-PCE en sistemas cementosos.	0.35		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.05 a 0.3
4	Jin Young Yoon, Jae Hong Kim	Evaluation on the consumption and performance of polycarboxylates in cement-based materials	Se realizó prueba de mini-asentamiento PCE metoxi polietilenglicol (MPEG) sintetizado con las mismas materias primas: polietilenglicol (PEO) y monómero ácido carboxilato	0.33		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.11
5	Hongbo Tan, Xun Zhang, Yulin Guo, Baoguo Ma, Shouwei Jian, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Xiaohai Liu	Improvement in fluidity loss of magnesia phosphate cement by incorporating polycarboxylate superplasticizer	Un cono de flujo (60 mm de altura, 36 mm de diámetro superior y 60 mm de diámetro inferior) especificado en el estándar chino GB 8077-2012 para polycarboxilato convencional comercial y con cemento de fosfato de magnesio	0.18		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0 a 0.36
6	Jianwei Peng, Dehua Deng, Hai Huang, Qiang Yuan, Jianguo Peng	Influence of superplasticizer on the rheology of fresh cement asphalt paste	Se midió La reología se midió utilizando un reómetro giratorio de cilindro coaxial " RheoPlus QC ". En Los SP son superplastificantes de polycarboxilato (PCA) y naftalenosulfonato (PNS) en cemento asfáltico			
7	Shengnan Sha, Min Wang, Caijun Shi, Yuchong Xiao	Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials- A review	Artículo teórico, menciona diferentes formas de mejorar la trabajabilidad con la estructura química de los polycarboxilatos			
8	Antoni, James Gabriel Halim, Owen Chandra Kusuma, Djwantori Hardijo	Optimizing polycarboxylate based superplasticizer dosage with different cement type	La trabajabilidad de la mezcla fresca se midió usando un aparato de prueba de tabla de flujo de acuerdo con ASTM C230. en cinco marcas de SP a base de PCE convencionales con Cemento portland convencional y Cemento puzolana portland	0.25,0.30,0.35		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0 a 2%
9	Ahmed Tareq Noaman, Mayyadah S. Abed, Alaa A. Abdul Hamead	Production of polycarboxylate-ether superplasticizer (PCE) coated sand with modified hardened properties in cement mortar	Se midió la trabajabilidad de arena de río natural recubierta con superplastificante de polycarboxilato-éter (PCE) para producir arena recubierta modificada.	0.48		Arena recubierta con recubierta de PCE 10%, 30% y 50%

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
10	Yihan Ma, Caijun Shi, Lei Lei, Shengnan Sha, Beibei Zhou, Yi Liu, Yuchong Xiao	Research progress on polycarboxylate based superplasticizers with tolerance to clays - A review	Artículo teórico que habla sobre la trabajabilidad en una mezcla con arcillas con aditivo a base de policarboxilatos			
11	Lajan Burhan Abdalla, Kawan Ghafor, Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	se utilizó la prueba de asentamiento para medir la trabajabilidad en tres tipos de polímero en polvo (superplastificante de policarboxilato) con humo de sílice		se utilizó humo de sílice hasta un 25% para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón de 25 MPa a 35 MPa	
12	Pere Borralleras, J.J. Jurado, S. Parra y J. Caballero	Aditivos superplastificantes de última generación basados en polímeros PAE para el control de la viscosidad plástica del hormigón	Se realizó el ensayo de embudo V en una mezcla con Policarboxilatos convencional, se pudo visualizar la trabajabilidad para diferentes estructuras químicas	0.46		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 1 a 1.8%
13	Svetlana Samchenko, Irina Kozlova, Olga Zemszkova, Denis Potaev and Dana Tsakhilova1	Efficiency of stabilization of slag suspensions by polycarboxylate	Trabajabilidad que logra un policarboxilato en una mezcla con escoria finamente molida de alto horno			
14	Raffaella Abile, Alessandro Russo, Claudio Limone, Fabio Montagnaro	Impact of the charge density on the behaviour of polycarboxylate ethers as cement dispersants	Artículo teórico que habla químicamente como el Policarboxilatos basados en ácido acrílico (AA) / ácido metacrílico (MAA) se comporta	0.35 - 0.39		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.05 a 0.3%
15	Jin Hyun Lee, Jae Hong Kim, Jin Young Yoon	Prediction of the yield stress of concrete considering the thickness of excess paste layer	se adoptó la prueba de flujo de canal para medir trabajabilidad en policarboxilatos (PCE) a base de metoxi polietilenglicol (MPEG).	0.53		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.25%
16	Chunrong Ren, Li Hou, Jun Li, Zhongyuan Lu, Yunhui Niu	Preparation and properties of nanosilica-doped polycarboxylate superplasticizer	Nos habla sobre la trabajabilidad en superplastificante de policarboxilato dopado con nanosilice (NS / PCE)	0.29	La propiedad mecánica temprana del mortero con NS / PCE es ligeramente superior	Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.15%
17	Nader Ghafoori, Hamidou Diawara, Ariful Hasnat	Remediation of loss in flow properties of self-consolidating concrete under various combinations of transportation time and temperature	Se midió la trabajabilidad mediante slump flow, Tasa de flujo no confinado, segregación por el índice de estabilidad visual y Capacidad de pasar el anillo en J en mezclas con aditivo reductor de agua de alto rango a base de policarboxilato	0.4		
18	Xiuju Lin, Bing Liao, Jingfei Zhang, Simin Li, Jianheng Huang, Hao Pang	Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers	La fluidez de la pasta de cemento superplastificado se ensayó de acuerdo con un método estándar GB / T 8077-2012 en mezclas con policarboxilato de liberación sostenida (SP) reticulados con una alternativa superior a los SP de policarboxilato de tipo peine	0,29 - 0,35		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.20%

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
19	Xingqi Huang, Xiaorong Li , Dawei Zhang, Changjun Xue, Aiqin Zhang,	Application of Polycarboxylate Superplasticizer in the Concrete	Artículo teórico que habla sobre policarboxilato convencional		Mejora la resistencia al ser un alto reductor de agua y reducir así la relación a/c	
20	Xiumei Wang, Jiangang Zhang, Yong Yang, Xin Shu, Qianping Ran	Effect of side chains in block polycarboxylate superplasticizers on early age properties of cement paste	Método para medir la fluidez de la pasta de una mezcla con Policarboxilato con diferentes cadenas laterales se ha sintetizado con éxito mediante polimerización por transferencia de cadena por adición-fragmentación reversible (RAFT)	0.3		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.16%
21	WANG Lin, WANG Dongmin	Effects of clay on properties of polycarboxylate superplasticizer and solutions	Se analizó la trabajabilidad de mezclas con superplastificante de policarboxilato estándar con una concentración del 20% sintetizado con tres tipos de arcillas.			
22	Guibo Gao, Jun Ren, Yu Liu, Jingyu Guo, Jun Li	Interaction of polycarboxylate-based superplasticiser with clay in Portland cement systems	Se realizaron pruebas de asentamiento realizadas de acuerdo con GB 8077 (SAC, 2012) para determinar la trabajabilidad en mezclas con Policarboxilato convencional con 40.06% de contenido sólido, y el peso molecular promedio con diferentes porcentajes de	0.3		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0.38, 0.42 y 0.50%
23	Shuncheng Xiang, Yingli Gao, and Caijun Shi	Progresses in Synthesis of Polycarboxylate Superplasticizer	Menciona sobre la trabajabilidad en mezclas con policarboxilatos sintetizados donde las cadenas laterales de estructura molecular en PCE fueron introducidas por otros pequeños monómeros activos.			
24	ZHANG Yanrong, KONG Xiangming, GAO Liang, WANG Jiabin	Rheological behaviors of fresh cement pastes with polycarboxylate superplasticizer	Se realizó la prueba del minicono para medir la fluidez en mezclas con un superplastificante tipo policarboxilato auto-sintetizado (PCE), que fue una solución acuosa de copolímero de ácido acrílico, metacrilato de metil polietilenglicol y ácido 2-	0.25 - 0.50		Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0 a 2%
25	Mehena Oualit, Amar Irekti, Yannick Melinge	Saturation Point of Superplasticizers Determined by Rheological Tests for Self Compacting Concrete	Se realizaron pruebas para los hormigones autocompactantes en mezclas con Superplastificante reductor de agua de tercera generación. Está diseñado a base de éter policarboxilatos. Policarboxilato base de polimelamina sulfonato	0.35	La resistencia máxima a la compresión la registra el hormigón a base de PMS (sulfonato de polimelamina) , con un valor máximo de 47 Mpa Con dosis de 2.5% y a/c = 0.31, aumentó la resistencia aprox un 30%	Valores de dosis de aditivo incorporado a la mezcla de 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25 y 1.5%
26	Elżbieta Janowska-Renkas	The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes	-	0.38	Se observó una mejora de la resistencia a la compresión a las edades de prueba de 7 y 28 días, recubriendo los agregados finos (arenas) con PCE. Se sugirió que el contenido óptimo de PCE SP en la	-
27	Süleyman Özen, Muhammet Gökhan Altun, Ali Mardani- Aghabaglou	Effect of the polycarboxylate based water reducing admixture structure on self compacting concrete properties Main chain length	-	-	-	Las interacciones de PCE con caolinita e illita son predominantemente adsorción electrostática debido a su estructura no expandible y estabilidad interna. Adsorben mucho más PCE en contraste con el cemento

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
28	Muhammet Gökhan Altun, Süleyman Özen, Ali Mardani-Aghabaglou	Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	-	a/c: 0.38	-	Dosis: 1%
29	M. Benaichaa, A. Hafidi Alaoui, O. Jalbaud, Y. Burtshell	Dosage effect of superplasticizer on self compacting concrete correlation between rheology and strength	Asentamiento objetivo 600±3 mm Las longitudes de cadena principal de 21 ky 31 k mostró una retención de trabajabilidad superiores en comparación con las mezclas que contienen aditivos con una longitud de cadena principal de 10 k	a/c: 0.35	Los principales cambios en la longitud de la cadena de la mezcla no mostraron efecto sobre la resistencia a la compresión de 28 días, así como la absorción de agua de 28 días, el LBY y	
30	Mouhcine Ben Aicha	8 - The superplasticizer effect on the rheological and mechanical properties of self-compacting concrete	Se realizó el flujo de asentamiento dependiente del tiempo (tabla 8), T50, embudo V, caja L y resultados de prueba de caja U de mezclas de SCC que contienen aditivos con diferentes longitudes de cadena lateral . Asentamiento objetivo 600±3 mm	0.4	Resistencia a compresión: 14.7 - 58.8 MPa para 1 - 28 días	Se utilizaron 1.90%, 1.40% y 2.26% del peso del cemento para proporcionar el valor de escurrimiento objetivo en las mezclas de PCE-1000, PCE-2400 y PCE-2000 respectivamente. En esta
31	Weina Menga, Aditya Kumar, Kamal Henri Khayat	Effect of silica fume and slump-retaining polycarboxylate-based dispersant on the development of properties of portland cement paste	Cuando la reología, la trabajabilidad de las mezclas mejora, las propiedades de endurecimiento de las mezclas de hormigón autocompactantes disminuyen.	0.45	Correlación entre el tiempo del embudo en V y la resistencia a la compresión. Correlación entre la relación L-box y la resistencia a la compresión. Figura 8.19	La medición del límite elástico y la viscosidad disminuye con la dosis de SP. El diámetro de asentamiento aumenta con la dosis de SP. Dosis: 1%
32	Junfeng Zhu, Weichun Gao, Pei Wang, Ting Zhu, Junguo Li	Dispersion performances and adsorption behavior of novel block polycarboxylate with hybrid side chains in coal-water slurry	El aumento de la trabajabilidad depende de la adición del superplastificante y del tipo de cemento. Por otro lado, la cantidad de sangrado y segregación depende del tipo de superplastificante.		A los 28 días y con 1% de aditivo alcanza una resistencia de 28 Mpa. Se aprecia según la figura que el aumento de dosis disminuye la resistencia. Teniendo	A medida que aumenta la dosis de superplastificante, disminuye la eficacia de rotura, por lo tanto el agua no fluye libremente entre las partículas de
33	Xiuju Lin, Hao Pang, Daidong Wei, Mangeng Lu, Bing Liao	Effect of the cross-linker structure of cross-linked polycarboxylate superplasticizers on the behavior of cementitious mixtures	Para aliviar el efecto de la aglomeración de partículas y para mejorar la trabajabilidad del concreto premezclado, superplastificantes PCE, se utilizan como dispersantes en sistemas hechos con SF.	0.35	resistencia a la compresión de 1 día debido a los efectos de la dilución del cemento (causada por SF) y la supresión de la cinética de hidratación	o. La sustitución parcial de cemento por SF da como resultado una mejora del cemento; sin embargo, debido a la aglomeración de las partículas de SF, las mejoras de hidratación se vuelven
34	Xinde Tang, Chunli Zhao, Yueqing Yang, Fuying Dong, Xiao Lu	Amphoteric polycarboxylate superplasticizers with enhanced clay tolerance: Preparation, performance and mechanism	Buena consistencia, bueno para ser bombeado	a/c: 0.29 comportamiento de la dispersión a/c: 0.38 rendimiento de dispersión		
35	Nathan Tregger, Amedeo Gregori, Liberato Ferrara, Surendra Shah	Correlating dynamic segregation of self-consolidating concrete to the slump-flow test		a/c: 0.45	Se ha demostrado que la prueba de asentamiento es capaz de indicar resistencias de segregación dinámica además de la fluidez. Esto refuerza la prueba de asentamiento como una gran	
36	Baoguo Ma, Huahui Qi, Hongbo Tan, Ying Su, Xiangguo Li, Xiaohai Liu, Chunbao Li, Ting Zhang	Effect of aliphatic-based superplasticizer on rheological performance of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer	La fluidez de la pasta de cemento se midió mediante la prueba de mini-asentamiento siguiendo el estándar nacional chino "Métodos para probar la uniformidad de la mezcla de concreto" (GB / T 8077-2012)	0.29	El hormigón con APC mostró una gran mejora en la resistencia en comparación con la muestra estándar y la resistencia fue mayor que con PCE, lo que implica que APC puede mejorar	dosis: 0.15%

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
37	Shanshan Qian, Yan Yao, Ziming Wang, Suping Cui, Xiao Liu, Haidong Jiang, Zhaolai Guo, Guanghong Lai, Qian Xu, Jianan Guan	Synthesis, characterization and working mechanism of a novel polycarboxylate superplasticizer for concrete possessing reduced viscosity				
38	Zhen Huang, Yong Yang, Qianping Rana, Jiaping Liu	Preparing hyperbranched polycarboxylate superplasticizers possessing excellent viscosity-reducing performance through in situ redox initialized polymerization method		a/c: 0.29	El uso de AS y PCE podría mejorar la resistencia al sangrado y la segregación en la práctica real.	El cemento y la solución contenían AS (0,40% en peso) y PCE (0,10% en peso)
39	Mohamed Kismi, Jean-Claude Saint-Arroman, Pierre Mounanga	Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency	El uso de relleno de piedra caliza fue bastante beneficioso para la capacidad de fluidez de la mezcla, especialmente en el caso de mezclas superplastificadas. Permitió reducir significativamente el volumen de porosidad capilar. Además, el punto de saturación en la	0.35, 0.40, 0.45	Para alcanzar una resistencia alta o ultra alta, el hormigón debe fabricarse utilizando una gran cantidad de materiales cementosos y empleando una relación agua-aglutinante baja	El uso de relleno de piedra caliza fue bastante beneficioso para la capacidad de fluidez de la mezcla, especialmente en el caso de mezclas superplastificadas. Permitió reducir significativamente el
40	Lei Lei, Hsien-Keng Chan	Investigation into the molecular design and plasticizing effectiveness of HPEG-based polycarboxylate superplasticizers in alkali-activated slag				
41	Jae Hong Kim, Seong Ho Han, Byoung Il Choi	Influence of pumping pressure on the viscosity curve and rheological stability of mortar incorporating polycarboxylate	Entre los diversos tipos de SP, los a base de polycarboxilato han demostrado ser los más efectivos para hormigones de alta fluidez y alta resistencia debido a su fuerza de dispersión superior para el cemento, especialmente en proporciones bajas de agua	0.35		
42	Hongwei Tian, Xiangming Kong, Yong Cui, Qibao Wang, Dongmin Wang	Effects of polycarboxylate superplasticizers on fluidity and early hydration in sulfoaluminate cement system		a/c: 0.5		Dosis: 0.2% - 2.0%
43	Metwally Ezzat, Xiaowen Xu, Khadija El Cheikh, Karel Lesage, Richard Hoogenboom, Geert De Schutter	Structure-property relationships for polycarboxylate ether superplasticizers by means of RAFT polymerization		a/c:0.38		dosis: 0.1% de SP
44	S. Gamze Erzençin, Kübra Kaya, Sabriye Perçin Özkorucuklu, Velican Özdemir, Gizem Yıldırım	The properties of cement systems superplasticized with methacrylic ester-based polycarboxylates		a/c: 0.33	Las resistencias mecánicas de los morteros se determinaron mediante ensayos de resistencia a la compresión según TS EN 196-1. La resistencia a la compresión más alta se obtuvo del concreto, incluido este SP. Para	dosis: 0.3% de SP
45	Marco Liebscher, Tin Trong Dinh, Christof Schröfl, Viktor Mechtcherine	Dispersion of different carbon-based nanofillers in aqueous suspension by polycarboxylate comb-type copolymers and their influence on the early age properties of cementitious matrices		-	Las resistencias a la flexión se midieron en las vigas fundidas mediante una configuración de flexión de tres puntos con una separación de 30 mm. Para cada mezcla se realizaron tres mediciones de resistencia	

Fuente	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMAS (Indicadores) 2 RELACIÓN A/C	SUBTEMAS (Indicadores) 3 RESISTENCIA	SUBTEMAS (Indicadores) 4 DOSIS DE ADITIVO
46	G. Fares	Effect of slump cone orientation on the slump flow time (T50) and stability of sustainable self-compacting concrete containing limestone filler		a/c: 0.29		Dosis de PCE: 0.2% a 0.7%
47	Mindaugas Macijauskas, Gintautas Skripkiūnas	The Influence of Superplasticizers Based on Modified Acrylic Polymer and Polycarboxylate Ester on the Plasticizing Effect of Cement Paste	Las pruebas revelaron que el superplastificante SP2 es más efectivo que el SP1: la pasta de cemento (W / C = 0.30) exhibe una mejor fluidez y mejores cualidades reológicas. Los superplastificantes SP1 y SP2 exhiben diferentes niveles de efectividad plastificante y	a/c: 0.3	-	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
48	Omid Akhlaghi, Tunahan Aytas, Buse Tatli, Dilek Sezera, Amin Hodaei, Aurélie Favier, Karen Srdjanovic, Yusuf Z	Modified poly(carboxylate ether)-based superplasticizer for enhanced flowability of calcined clay-limestone-gypsum blended Portland cement	Los materiales suplementarios que se utilizan para reemplazar el cemento Portland ordinario (OPC) disminuyen la trabajabilidad de las mezclas, por tanto se informa sobre el desempeño de una serie de un superplastificantes modificados, a base de poli			
49	Siddika G. Erzenegin, Cenk Öcal	Influences of design parameters on the properties of selfcompacting concrete produced with structurally different polycarboxylates	Se prepararon nuevas mezclas de acuerdo con los criterios de hormigón autocompactante EFNARC con superplastificantes sintetizados tipo policarboxilato. Para este propósito, se produjeron superplastificantes que poseen diferentes longitudes de cadena lateral y	0.33 - 0.28		dosis de 0,56 de SP
50	Hongbo Tan, Xin Li, Jian Huang, Baoguo Ma, Changya Qi, Lin Chaoliang	Effect of competitive adsorption between polycarboxylate superplasticiser and sodium tripolyphosphate on cement paste fluidity	El tripolifosfato de sodio es un retardador común que se usa para retrasar la hidratación y prolongar el tiempo de fraguado de la pasta de cemento. A veces también se emplea para mejorar la dispersión del superplastificante para mejorar la fluidez y			

Fuente: Elaboración propia