

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



**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS**  
**AGREGADOS CON ADICIÓN DE POLICARBOXILATO PARA**  
**MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO**

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

**PRESENTADA POR:**

**Bach. FEIJOÓ PAREDES JAIME ALEJANDRO**

**Bach. SANCHEZ MONDRAGON LUCERO**

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

**LIMA-PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Jaime y Violeta, por brindarme su apoyo y motivación durante mi formación. A mis abuelos y demás familiares que me motivaron e inspiraron a seguir adelante.

Jaime Alejandro Feijoó Paredes

Esta tesis está dedicada a mis padres, a mis abuelos y a mi madrina por su apoyo, sus consejos y su cariño a lo largo de mi vida y formación profesional.

Lucero Sanchez Mondragon

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a la Mg. Ing. Liliana Chavarría y al Dr. Ing. Carlos Chavarry por apoyarnos en la realización y culminación de la presente tesis. A la Universidad Ricardo Palma, nuestra alma mater.

Lucero Sanchez y Jaime Feijoó

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Determinación de la realidad problemática	3
1.2. Contextualización y delimitación del problema	3
1.3. Descripción y formulación del problema general y específicos	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Objetivo general y específicos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivo específicos	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.5.1. Conveniencia	5
1.5.2. Relevancia social	5
1.5.3. Aplicaciones prácticas	6
1.5.4. Utilidad metodológica	6
1.5.5. Valor teórico	6
1.6. Importancia de la investigación	6
1.7. Limitaciones del estudio	6
1.8. Delimitación de la investigación	7
1.8.1. Geográfica	7
1.8.2. Temporal	7
1.8.3. Temática	7
1.8.4. Muestral	7
1.9. Alcances de la investigación	7

1.10.	Viabilidad del estudio	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>		<b>9</b>
2.1.	Antecedentes del estudio de investigación	9
2.1.1.	Nacionales	10
2.1.2.	Internacionales	18
2.2.	Investigaciones relacionadas con el tema	22
2.3.	Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio	47
2.3.1.	Concreto	47
2.3.2.	Cemento	47
2.3.3.	Agua	49
2.3.4.	Agregados	49
2.3.5.	Agregado fino	50
2.3.6.	Agregado grueso	51
2.3.7.	Tamaño máximo	51
2.3.8.	Tamaño máximo nominal	52
2.3.9.	Módulo de fineza	53
2.3.10.	Superficie específica	53
2.3.11.	Aditivos superplastificantes	53
2.3.12.	Aditivo a base de policarboxilato	54
2.3.13.	Diseño de mezcla del concreto	55
2.3.14.	Relación agua/cemento	56
2.3.15.	Trabajabilidad del concreto	56
2.3.16.	Consistencia del concreto	57
2.3.17.	Resistencia del concreto	57
2.3.18.	Durabilidad del concreto	58
2.4.	Definición de términos básicos	58
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS</b>		<b>61</b>

3.1.	Hipótesis general y específicas	61
3.1.1.	Hipótesis general	61
3.1.2.	Hipótesis Específicas	61
3.2.	Variables	61
3.3.	Sistema de variables	61
3.3.1.	Definición conceptual de la variable	61
3.3.2.	Definición operacional de la variable	62
3.3.3.	Operacionalización de la variable	63
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>64</b>
4.1.	Método de la investigación	64
4.2.	Tipo de la investigación	64
4.3.	Nivel de la investigación	65
4.4.	Diseño de la investigación	65
4.5.	Población y muestra	65
4.5.1.	Población	65
4.5.2.	Muestra	66
4.6.	Técnica e instrumentos de recolección de datos	66
4.6.1.	Técnica	66
4.6.2.	Instrumentos	66
4.7.	Descripción de procedimientos de análisis	66
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>67</b>
5.1.	Resultados	67
5.2.	Análisis de resultados	79
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>84</b>
6.1.	Discusión	84
6.2.	Conclusiones	86

6.3. Recomendaciones	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXO	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los agregados de la cantera de La Valdivia - Trujillo	10
Tabla 2 Características de los agregados de la cantera Orión - Carhuaz	11
Tabla 3 Características de los agregados de la cantera La Victoria -Chiclayo	12
Tabla 4 Características de los agregados de la cantera La Cabonera - Chimbote	13
Tabla 5 Características de los agregados de la cantera Rocafuerte - Cajamarca	14
Tabla 6 Características de los agregados de la cantera La Soledad - Lima	16
Tabla 7 Características de los agregados de la cantera Yauri - Trujillo	17
Tabla 8 Características de los agregados de la cantera Jicamarca- Lima	17
Tabla 9 Características de los agregados en la ciudad de Villavicencio-Colombia	18
Tabla 10 Características de los agregados en la ciudad de Ambato-Ecuador	20
Tabla 11 Características de los agregados en la ciudad de Cuenca-Ecuador	21
Tabla 12 Composición de los cementos Portland	48
Tabla 13 Finura de los cementos Portland	48
Tabla 14 Análisis granulométrico de agregados finos	50
Tabla 15 Relación agua/cemento por resistencia a la compresión	56
Tabla 16 Consistencia y Asentamiento	57
Tabla 17 Matriz de Operacionalización de variable	63
Tabla 18 Tamaño máximo nominal y asentamiento del concreto de los artículos seleccionados con adición de policarboxilato	67
Tabla 19 Tamaño máximo nominal y asentamiento del concreto de los artículos seleccionados sin adición de policarboxilato	68
Tabla 20 Tamaño máximo nominal y resistencia a la compresión del concreto de los artículos seleccionados sin aditivo de policarboxilato	70
Tabla 21 Tamaño máximo nominal y resistencia a la compresión del concreto en los artículos seleccionados con aditivos de policarboxilatos	71
Tabla 22 Relación agregado fino/agregado grueso y asentamiento en el concreto en los artículos seleccionados con adición de policarboxilato	73
Tabla 23 Relación agregado fino/agregado grueso y asentamiento en el concreto en los artículos seleccionados sin adición de policarboxilato	73
Tabla 24 Porcentaje del aditivo a base de policarboxilato y resistencia a la compresión a los 28 días en los artículos seleccionados	75



Tabla 25 Relación agua/cemento y durabilidad del concreto en los artículos  
seleccionados con porcentajes aditivo de policarboxilato

78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Repulsión electrostática de las partículas de cemento con aditivos superplastificantes	9
Figura 2 Tamaño máximo del agregado y cantidad requerida de agua	52
Figura 3 Tamaño máximo del agregado y cantidad de cemento	53
Figura 4 Interacción entre partículas de cemento y superplastificantes	54
Figura 5 Tamaño máximo nominal vs. Asentamiento utilizando Superplastificante de policarboxilato	69
Figura 6 Tamaño máximo nominal vs Asentamiento sin superplastificante de policarboxilato	69
Figura 7 Tamaño máximo nominal vs Resistencia a la compresión sin aditivo de policarboxilato	70
Figura 8 Tamaño Máximo Nominal vs Resistencia a la compresión a los 28 días con aditivo de policarboxilato	72
Figura 9 Resumen tamaño máximo nominal vs Resistencia a la compresión a los 28 días	72
Figura 10 Relación agregado fino/grueso vs Asentamiento con Policarboxilato	74
Figura 11 Relación agregado fino/grueso vs Asentamiento sin Policarboxilato	74
Figura 12 Porcentaje de aditivo Policarboxilato vs Resistencia a la compresión	76
Figura 13 Comparación de resistencia a la compresión de Artículos seleccionados con el ACI	77
Figura 14 Relación agua/cemento vs Resistencia a la compresión	79

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación **características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato para mejorar las propiedades mecánicas del concreto**, tiene como objetivo principal mejorar las propiedades del concreto utilizando aditivo a base de policarboxilato y estableciendo las mejores características físicas y mecánicas de los agregados.

El aditivo utilizado es un superplastificante de cuarta generación a base de policarboxilato, el cual mejora las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, reduciendo hasta 40% el agua en la mezcla, obteniendo concretos con mejor trabajabilidad y altas resistencias. La presente investigación es un estudio documental/bibliográfico, de método deductivo, con enfoque cuantitativo; tipo descriptivo-correlacional y explicativo; de nivel descriptivo; de diseño experimental, longitudinal, prospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto).

Del análisis realizado en la investigación se obtiene que el mejor tamaño máximo nominal es de 3/8", la mejor relación agua/cemento es de 0.35 al adicionar 1.90% de aditivo a base de policarboxilato. Con estas características, se obtuvo un asentamiento mayor a 200mm, y 66Mpa de resistencia a la compresión, también se tuvo un asentamiento de 145 mm utilizando una relación agregado fino/grueso de 1.04 con la adición de 0.25% de superplastificante, mientras que otro concreto con una relación agregado fino/grueso de 1.06 con la adición de 1.35% de superplastificante obtuvo un asentamiento mayor a 200mm, con lo cual se concluye que para obtener el mejor asentamiento y resistencia a la compresión se debe utilizar el menor tamaño máximo nominal y una adecuada proporción de aditivo con respecto a la relación agua/cemento.

**Palabras clave:** Policarboxilato, Resistencia a la compresión axial, Asentamiento, Propiedades físico-mecánicas de los agregados, Durabilidad.

## ABSTRACT

The purpose of this research **physico-mechanic characteristics of aggregates with addition of polycarboxylate to improve the mechanic properties of concrete** is to improve the properties of concrete employing admixture based on polycarboxylate and establishing better physical and mechanical characteristics of the aggregates.

The employed admixture is a fourth generation superplasticizing admixture based on polycarboxylate, which improves concrete properties in fresh and hardened state, thereby reducing up to 40% water in the mixture and obtaining concretes with better workability and higher resistance. This research is a desk study, the method is deductive, with quantitative approach, of descriptive-correlational type and explicative, of descriptive level, of experimental, longitudinal, prospective and cohort study (cause-effect) design.

From the researched articles, it can be observed that, in order to obtain the best workability and compressive resistance, the minor maximum nominal size and an appropriate admixture proportion regarding the water/cement ratio should be employed, therewith it concludes that the best maximum nominal size is 3/8", the best water/cement ratio is 0.35 by adding 1.90% admixture based on polycarboxylate. With these characteristics, a higher settling at 200mm and compressive resistance of 66Mpa were obtained. By increasing the fine aggregate / coarse aggregate ratio in the mix with the addition of polycarboxylate improves workability, a slump of 145 mm was obtained using a fine aggregate / coarse aggregate ratio of 1.04 with the addition of 0.25% of superplasticizer, while other concrete with A fine / coarse aggregate ratio of 1.06 with the addition of 1.35% of superplasticizer obtained a settlement greater than 200 mm.

**Keyword:** Durability, polycarboxylate, axial compressive strength, slump, physico-mechanic characteristics of aggregates.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú viene desarrollándose en varios sectores y ámbitos por lo cual es necesaria la construcción de obras de gran envergadura, este tipo de obras requieren elementos estructurales con una gran cuantía de acero y grandes cantidades de concreto de características especiales y altas resistencias, para conseguir un concreto adecuado, es necesaria la adición de superplastificantes de 4ta generación a base de policarboxilato que brinde mayor trabajabilidad a la mezcla y alcance altas resistencias a la compresión, el principal problema es que éste aditivo es relativamente nuevo en nuestro país y se tiene pocas referencias sobre las características de los agregados en mezclas de concreto con adición de policarboxilato y la manera en que influyen en las propiedades frescas y endurecidas del concreto.

La presente tesis servirá como base para controlar las características de los agregados a utilizar en las mezclas de concreto con adición de policarboxilato, logrando optimizar recursos, tiempo y reducir costos en los proyectos con concreto de alta resistencia, mejorando la calidad de vida de las personas que se beneficien con la obra ejecutada.

El principal objetivo es analizar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilatos y la manera en que influyen en las propiedades del concreto, para ello determinamos los siguientes objetivos específicos de nuestro estudio:

- a. Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para aumentar el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- b. Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para aumentar la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato.
- c. Determinar la relación agregado fino/agregado grueso para aumentar el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- d. Incorporar porcentajes de policarboxilatos para aumentar la resistencia a la compresión del concreto.
- e. Determinar la relación agua/cemento para aumentar la durabilidad del concreto con adición de policarboxilato.

El presente trabajo de investigación consta de VI capítulos que se dividen de la siguiente manera:

En el capítulo I, se tiene el planteamiento y la descripción del problema general y problemas específicos, objetivos, asimismo se describen las limitaciones y justificaciones de la investigación.

En el capítulo II, se tiene el marco teórico, antecedentes históricos del estudio en el ámbito nacional e internacional los cuales sirven como base para la discusión, las bases teóricas y definición de términos básicos.

En el capítulo III, se tiene el sistema de hipótesis general y específicas, el sistema de variables dependientes e independientes y la definición de las variables.

En el capítulo IV, se presenta la metodología, tipo y nivel de la investigación, el diseño de la investigación, se define la población y muestra, así mismo se definen las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de análisis de la información.

En el capítulo V, se puede observar la presentación y análisis de resultados de la investigación y la contratación de hipótesis.

Finalmente, en el capítulo VI, se tienen la discusión, conclusiones y recomendaciones finales del trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Determinación de la realidad problemática**

En el Perú se vienen construyendo, remodelando o expandiendo obras de gran envergadura en los últimos años, como lo son estadios, puentes, hospitales, túneles, etc; en estas obras se requiere concreto en grandes cantidades, de altas resistencia y con mayor trabajabilidad al aplicarlo. Actualmente para que los concretos puedan llegar a altas resistencias sin perder su trabajabilidad se aplican aditivos superplastificantes de 4ta generación en base a policarboxilato, los cuales son relativamente nuevos en nuestro país y se tiene pocas referencias, investigaciones o artículos realizados en el Perú acerca de este tipo de aditivos en comparación con otros países.

Así mismo debido a la gran cantidad de canteras que tiene el departamento de Lima, los agregados que se tienen son variados y con ello no se tiene una estandarización acerca de cómo deberían ser los agregados o en qué rangos deberían estar, al incorporar el policarboxilato y aumentar las resistencias mecánicas del concreto con el fin de llegar a altas resistencias.

Al tener más información, se puede reducir los costos de elaboración y mejorar las propiedades mecánicas del concreto, con esto se busca dar una línea base sobre las mejores características de los agregados, la relación agua/cemento y el porcentaje de aditivo a usar para alcanzar una mejor resistencia y asentamiento en el concreto.

## **1.2. Contextualización y delimitación del problema**

En la rama de concreto en la Ingeniería Civil con el paso de los años se van desarrollando nuevas tecnologías que nos ayudan a mejorar las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido, una de estas es la adición de superplastificante a base de policarboxilato.

La presente investigación tiene como propósito analizar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato y la manera en que influyen en las propiedades del concreto, para ello se evaluaron resultados de diversos artículos científicos con el fin de obtener mayor información sobre: el porcentaje de superplastificante utilizado, el tipo, calidad y proporción del agregado

grueso y fino, tamaño máximo nominal del agregado, módulo de finura del agregado fino, etcétera.

De esta forma obtendremos una guía base de apoyo para desarrollar aún más las investigaciones que traten del mismo tema, las características consideradas en nuestra investigación son mezclas con cemento tipo I, agregados naturales y adición de polycarboxilatos.

### **1.3. Descripción y formulación del problema general y específicos**

#### 1.3.1. Problema general

¿En qué medida las características físico-mecánicas de los agregados con la adición de polycarboxilatos influyen en las propiedades del concreto?

#### 1.3.2. Problemas específicos

a) ¿En qué medida el tamaño máximo nominal del agregado grueso influye en el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato?

b) ¿En qué medida el tamaño máximo nominal del agregado grueso influye en la resistencia a la compresión del concreto con adición de polycarboxilato?

c) ¿En qué medida la relación agregado fino/agregado grueso influye en el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato?

d) ¿En qué medida el porcentaje de polycarboxilato influye en la resistencia a la compresión del concreto?

e) ¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la durabilidad del concreto con adición de polycarboxilato?

### **1.4. Objetivo general y específicos**

#### 1.4.1. Objetivo general

Determinar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de polycarboxilatos para mejorar las propiedades del concreto.



#### 1.4.2. Objetivo específicos

- a) Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para aumentar el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- b) Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para aumentar la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato.
- c) Determinar la relación agregado fino/agregado grueso para aumentar el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- d) Incorporar porcentajes de policarboxilatos para aumentar la resistencia a la compresión del concreto.
- e) Determinar la relación agua/cemento para aumentar la durabilidad del concreto con adición de policarboxilato.

### **1.5. Justificación de la investigación**

#### 1.5.1. Conveniencia

La presente investigación tiene el objetivo de encontrar las características físicas y mecánicas de los agregados finos y gruesos con la incorporación de policarboxilato para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, con esto se minimiza la distorsión de la selección de los agregados y se establece el porcentaje adecuado de policarboxilato mejorando la calidad del concreto de alta resistencia.

#### 1.5.2. Relevancia social

La presente investigación tiene trascendencia social ya que servirá como base para mejorar las características de los agregados a utilizar en las mezclas de concreto con adición de policarboxilato, logrando optimizar recursos, tiempo y reducir costos en los proyectos con concreto de alta resistencia, mejorando la calidad de vida de las personas beneficiadas con la obra ejecutada, con estos datos los futuros investigadores tendrán una base con la cual puedan profundizar el tema de forma aplicada.

### 1.5.3. Aplicaciones prácticas

Esta investigación servirá como referencia para estudios aplicativos más específicos en el diseño por durabilidad en concretos de altas resistencias con la adición de policarboxilato.

### 1.5.4. Utilidad metodológica

Con el presente estudio de investigación se aportarán metodologías teóricas que ayudarán en el diseño adecuado de concretos de alta resistencia con el uso de policarboxilato. La metodología a utilizada fue el estudio de diversos artículos de investigación, los cuales fueron analizados y seleccionados de acuerdo a los objetivos planteados, de estos se realizaron tablas comparativas, llegando a su respectiva conclusión, con el fin de crear precedentes para futuras investigaciones.

### 1.5.5. Valor teórico

El presente trabajo de investigación aportará teorías referentes al concreto de alta resistencia con adición de policarboxilatos con lo cual se estará disminuyendo la brecha de información, los resultados obtenidos se podrán generalizar a diferentes escenarios, los cuales servirán de base para futuras investigaciones.

## **1.6. Importancia de la investigación**

Esta investigación tiene como fin obtener características y proporciones adecuadas de relación agua/cemento, proporción de agregados y porcentaje de aditivo superplastificante a base de policarboxilato, por ende, la importancia de la investigación es establecer criterios para realizar un diseño de mezcla con una correcta adición de policarboxilato para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

## **1.7. Limitaciones del estudio**

La limitación de la investigación es que no se tiene acceso a un laboratorio de ensayo de materiales, debido a la actual coyuntura, pandemia COVID19. La

investigación se desarrolla de manera documental basándose en tesis de grado, artículos científicos, etc.

## **1.8. Delimitación de la investigación**

### **1.8.1. Geográfica**

El estudio podrá ser aplicado en las zonas del departamento de Lima, provincia de Lima.

### **1.8.2. Temporal**

La presente investigación se realiza en el año 2020, teniendo un alcance para futuras investigaciones.

### **1.8.3. Temática**

La investigación se basa en el estudio de las características de los agregados finos y gruesos con la adición de superplastificantes de policarboxilato y los ensayos de granulometría de agregados; resistencia a la compresión y asentamiento en concretos de alta resistencia.

### **1.8.4. Muestral**

Las muestras que se estudiaron son los agregados utilizados en cuyo diseño de mezcla se haya incorporado aditivos superplastificante a base de policarboxilato en cada probeta ensayada. Los ensayos considerados para la muestra fueron Granulometría, Asentamiento y resistencia a la compresión

## **1.9. Alcances de la investigación**

La presente investigación considera diseños de mezcla usando cemento Portland Tipo I, agregados naturales y aditivo a base de policarboxilato, sin otras adiciones. Analiza las características de los agregados finos y gruesos, el porcentaje de aditivo de policarboxilato y la relación agua/cemento empleados en la mezcla de diferentes artículos científicos, comparándolos entre sí y considerando bases teóricas, normas técnicas y reglamentos de nuestro país, llegamos a conclusiones que nos permitirán mejorar la resistencia a la compresión y el asentamiento de las mezclas de concreto.

### **1.10. Viabilidad del estudio**

El desarrollo de la presente investigación se hizo viable debido a que existen diferentes referencias bibliográficas como tesis de grado, artículos científicos e información técnica, los cuales desarrollaron temas relacionados a las características de los agregados y al uso de aditivos de policarboxilato en el concreto, los cuales son la base de nuestra investigación.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

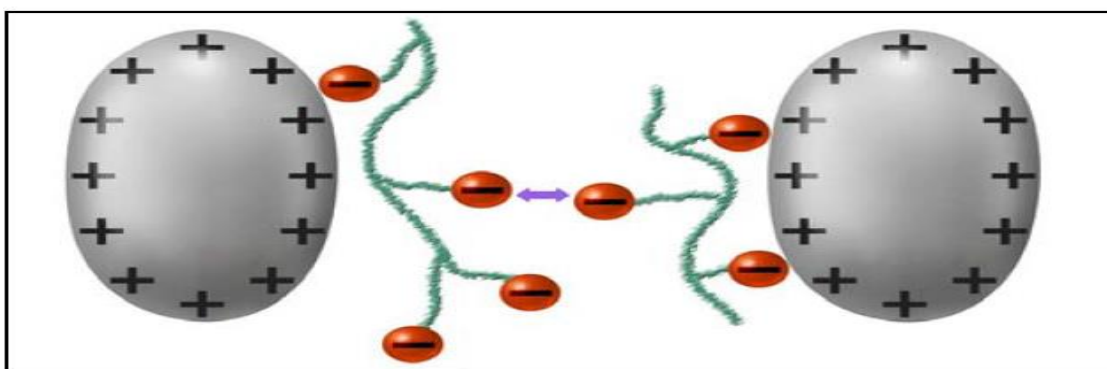
### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

Alonso, M. (2011) nos dice que:

A partir de la década de 1960 se desarrollaron los aditivos derivados de melamina (SMFCs- *Sulfonated melamine formaldehyde polycondensates*), en Alemania, y los derivados de naftaleno (SNFC- *Sulfonated naphthalene formaldehyde polycondensates*), en Japón, y que se sintetizan a partir de la sulfonación de melamina y naftaleno respectivamente. Su rango de reducción de agua oscila entre el 10% y el 20%.

Estos aditivos superplastificantes convencionales (lignosulfonatos y derivados de melamina y naftaleno) se adsorben sobre los granos de cemento a través de sus grupos aniónicos, debido a la carga positiva superficial de las partículas de cemento. Además, una parte de estos grupos con carga negativa quedan en contacto con la disolución confiriendo a los granos de cemento una carga neta negativa responsable de una repulsión de tipo electrostático entre ellos. Esta repulsión provoca la dispersión entre los granos de cemento, liberando el agua contenida en los flóculos. El esquema de actuación de estos aditivos se observa en la Figura 1.

Figura 1  
Repulsión electrostática de las partículas de cemento con aditivos superplastificantes



Nota: La figura muestra un esquema del mecanismo de absorción de aditivos superplastificantes convencionales con respecto a las partículas de cemento. Alonso, M. (2011).

Los aditivos superplastificantes de nueva generación se desarrollan en Japón durante los inicios de la década de los 90, sintetizados a partir de la polimerización de ácido acrílico ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ ) o el metacrílico ( $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ ), con cadenas

laterales de condensados de óxido de etileno para formar éter de policarboxílico o también denominados policarboxilatos (PCE).

Durante los años 2000 – 2004, los aditivos superplastificantes de nueva generación son los aditivos superplastificantes que experimentan un crecimiento importante. No solamente por su superior capacidad reductora de agua, también porque en su síntesis puede modificarse secuencias que permiten regular propiedades. La evolución de resistencia inicial y lo más importante, adaptar la compatibilidad del aditivo a cada cemento en particular. (Rivva, Concreto de Alta Resistencia, 2014, pág. 29).

### 2.1.1. Nacionales

El trabajo de investigación de Molina, C. y Saldaña S. (2014), tiene como objetivo determinar la influencia del aditivo Hiperplastificante a base de policarboxilatos, Plastol 200 Ext de marca Euco, en el concreto Autocompactante con agregados locales y determinar la influencia del aditivo, en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido. Se utilizó cemento tipo MS. Los agregados fino y grueso se obtuvieron de la cantera “La Valdivia”, las características son las siguientes:

Tabla 1

*Características de los agregados de la cantera de La Valdivia - Trujillo*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.64
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1.68	
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1.88	
Módulo de finura		2.9	6.06
Contenido de humedad	%	0.60	0.30
Absorción	%	3.00	2.00
T.M.N		1/2"	
Aditivo		PLASTOL 200 ext	

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de un diseño Patrón y de seis diseños diferentes dosis del aditivo Plastol 200 Ext que son (1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0%, 2.2%) respectivamente, se analiza la trabajabilidad de concreto autocompactante en

estado fresco mediante los ensayos de extensibilidad, embudo V, Anillo J, Caja En L y de estabilidad de tamiz a través de la malla GTM. Posteriormente se ejecutará el ensayo de rotura del CAC en estado endurecido, para las 6 muestras de concreto, incluyendo el concreto patrón (2 muestras a 3 días, 2 muestras a 7 días y 2 muestras a los 28 días). Como conclusión se tiene que el aumentar en pequeñas cantidades el porcentaje de Hiperplastificante Plastol 200Ext en un concreto autocompactante, tiene gran influencia en la exudación, segregación, trabajabilidad y su resistencia a la compresión.

En la investigación de Bedón, J. (2017), abordó un problema relacionado con la necesidad que existe por determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en zonas altoandinas del Perú, esto, como respuesta al creciente desarrollo de proyectos inmobiliarios (Comerciales y habitacionales) que se vienen desarrollando, teniendo como objetivo diseñar un tipo de Concreto de Alta Resistencia que se ajuste a los requerimientos de las Obras Civiles en las zonas altoandinas del Perú. Para la mezcla de concreto se utilizó una relación agua/cemento de 0.29, cemento Portland Tipo I, para unas muestras se adicionó aditivo a base de policarboxilato, EUCO 37, con las siguientes proporciones 1.2%, 1.5%, 1.8% y 2%, y en otras muestras se utilizó Microsílice con proporciones de 10%, 12% y 15%, finalmente se utilizaron agregados fino y grueso con las siguientes características:

Tabla 2

*Características de los agregados de la cantera Orión - Carhuaz*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	2.65
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1449	1353
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1695	1500
Módulo de finura		3.16	7.01
Contenido de humedad	%	8.20	1.89
Absorción	%	3.34	1.21
T.M.N			3/4"
Aditivo			EUCO 37

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Llegando a concluir que los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona lo que da mayor aplicabilidad a estos concretos de alta resistencia, el aditivo superplastificante en una dosis del 2% en peso del cemento reduce la cantidad de agua en 22% con respecto al diseño del concreto patrón, los concretos con aditivos superplastificantes retardantes de alto rango alcanzaron una resistencia a la compresión del orden de 634 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, el incremento aproximado es del 8% con respecto al concreto sin aditivo (585 kg/cm<sup>2</sup>). Nos deja como recomendación, continuar con las investigaciones respecto a las resistencias del concreto que se podrían alcanzar incrementando el asentamiento, para concretos lanzados o bombeados, con el uso de nanosílice.

En la tesis de Mayanga, A. (2018), se usaron aditivos superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 para evaluar el mejoramiento de las propiedades del concreto en estructuras especiales, para ello se elaboraron tres diseños de concreto patrón para  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=500$  kg/cm<sup>2</sup>, añadiendo porcentajes de aditivo, Chemament 400 con 0.7%, 1.35%, 2% y aditivo Sikaplast®-326 el 1%, 1.4% y 1.8%, los cuales se evaluaron en estado fresco y endurecido. Las características de los aditivos son:

Tabla 3

*Características de los agregados de la cantera La Victoria -Chiclayo*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.502	2.684
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1418	1373
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1559	1515
Módulo de finura		3.448	
Contenido de humedad	%	2.90	0.40
Absorción	%	2.08	0.50
T.M.N		3/4"	
Aditivo	CHEMAMENT 400 / SIKAPLAST® 326		

Fuente: Elaboración propia



Para la recolección de datos, se emplearon guías de observación como la norma ACI 211.4. Como desarrollo de la tesis se evaluaron cuatro propiedades físicas del concreto: temperatura, asentamiento, peso unitario, contenido de aire atrapado y cuatro propiedades mecánicas tales como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad. Se concluye que al añadir un porcentaje de 0.7%, 1.35%, de aditivo Chemament 400 o el 1%, 1.4% de aditivo Sikaplast®-326 a la mezcla del concreto, la resistencia a la compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad aumentan, de igual manera que las propiedades físicas como asentamiento, peso unitario, aire atrapado, pero su temperatura varía de acuerdo a los materiales y la temperatura ambiente en que se encuentre, concluyendo que el 2% y 1.8% de aditivo no son los adecuados para este tipo de resistencia, porque se obtuvo una mezcla de consistencia muy fluida, como consecuencia la segregación del concreto y una mezcla no trabajable.

La investigación de Rossell, A. (2018), tuvo como objetivo general evaluar las propiedades de un concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  adicionando aditivo superplastificante para estructuras densamente armadas en el Distrito de Nuevo Chimbote, el cual consistió en evaluar tanto las propiedades físicas y mecánicas del concreto, se utilizaron agregados finos y gruesos con las siguientes características:

Tabla 4

*Características de los agregados de la cantera La Cabonera - Chimbote*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.74	2.9
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1619.82	1430.99
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1787.34	1543.55
Módulo de finura		3.01	7.26
Contenido de humedad	%	0.22	0.08
Absorción	%	1.94	0.61
T.M.N		1/2"	
Aditivo		NEOPLAST 2000 HP	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se utilizó aditivo de marca NEOPLAST 200HP con proporciones de 0.50%, 1.50% y 2.50% del peso de cemento para determinar su autocompactabilidad y la comparación de la resistencia del concreto experimental y concreto patrón a la edad de 7, 14 y 28 días, obteniendo resultados más favorables para los concretos con adiciones, en el cual se observó que el concreto con dosificación de 1.50% de aditivo superplastificante es el óptimo debido a que cumplió con cada parámetro establecido para la caracterización de un concreto autocompactable con buena estabilidad y gran resistencia mecánica. Según investigadores la resistencia a la tracción del concreto es aproximadamente de 8 a 12% de la resistencia a la compresión, por lo cual se puede ratificar lo mencionado. El estudio recomendó como futuras investigaciones comparar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactable utilizando diferentes tipos de aditivos superplastificante que se encuentran en el mercado peruano.

Bustamante, M. (2018), en su trabajo de investigación tiene como objetivo principal analizar las propiedades mecánicas del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313 para un  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>. Los materiales utilizados fueron cemento Pacasmayo Portland Tipo I, agregados extraídos del Rio Chonta, con las siguientes características:

Tabla 5

*Características de los agregados de la cantera Rocafuerte - Cajamarca*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.60
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1650	1400
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1760	1510
Módulo de finura		3.12	6.88
Contenido de humedad	%	3.44	0.56
Absorción	%	1.40	0.61
T.M.N		1/2"	
Aditivo		GLENIUM C313	

Fuente: Elaboración propia

Se analizó las propiedades del concreto en estado fresco empleando ensayos de fluidez, caja L, caja U, peso unitario del concreto, con diferentes porcentajes de aditivo en función al peso del cemento (0.5%, 1%, 1.5% y 2%), ensayados a 7, 14 y 28 días a compresión y flexión y módulo de elasticidad en estado endurecido. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento de la resistencia a compresión fue de 17.55% con respecto al concreto patrón y se obtuvo con la adición de 1% de del aditivo de peso del cemento, en flexión la resistencia se incrementó en 13.52% en función al concreto patrón con una adición de 1% del aditivo de peso del cemento. Los resultados también indican que a medida que se incrementa el porcentaje del aditivo la resistencia del concreto disminuye en 11.02% a compresión y 17.42% a flexión, respecto al concreto patrón, con la adición de 2% del aditivo de peso del cemento. El menos costo en relación a la resistencia a compresión se obtuvo con la adición de 0.5% de adición del aditivo en función al peso del cemento. Por lo tanto el porcentaje óptimo fue de aditivo 1% en peso del cemento, el cual produce un incremento de resistencia mecánica en más de 10%.

El propósito de Cachay. S y Mogrovejo M (2019), con respecto a la tesis el objetivo fue mejorar la resistencia a la compresión en edades tempranas de concreto estructural y poder reducir el tiempo de fraguado para permitir una aceleración del proceso constructivo. Se manipuló el porcentaje de adición del aditivo Sika ViscoCrete 40 HE. Se realizó la caracterización de los materiales, el diseño de mezcla, ensayo de penetrómetro (NTP 339.082) y resistencia a la compresión (NTP 339.034). Se utilizó cemento GU mochica, relaciones agua/cemento de 0.40 y 0.45, se adicionó el aditivo elegido a la dosificación de concreto en función al peso del cemento en proporciones de 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1.0% y se obtuvieron las siguientes características de los agregados:

Tabla 6

*Características de los agregados de la cantera La Soledad - Lima*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.79	2.65
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1620	1520
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1840	1680
Módulo de finura		2.67	5.86
Contenido de humedad	%	2.82	4.45
Absorción	%	1.71	1.32
T.M.N		3/8"	
Aditivo		SIKA VISCOCRETE-40HE	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de resistencia a la compresión se ensayaron a edades de 1, 3, 7 y 28 días. De los ensayos realizados se obtuvo que en el día 3 con la adición al 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1.0%, se obtienen resistencias a la compresión óptimas, valores que nos permiten afirmar que se puede continuar con las actividades de construcción, llegando a desarrollarse el concreto hasta con 82.04% más de resistencia en comparación a su dosificación patrón.

La investigación de Reyes, C y Echevarría, T. (2019), tuvo como objetivo determinar la influencia del aditivo Sika Viscocrete 3330 en el ensayo de resistencia a la compresión y en las propiedades de un concreto autocompactante para elementos verticales empleando el método del ACI 237R en el diseño de mezcla, se realizaron ensayos según las normas técnicas peruanas (NTP) para la caracterización de los agregados y para evaluar que un concreto autocompactante cumpla los requisitos de autocompactabilidad se emplearon las normas UNE y la ASTM, así como para la resistencia a la compresión se empleó la NTP. Se utilizó cemento Portland tipo I, se utilizó aditivo Sika Viscocrete 3330 con proporciones de 0.90, 1.10, 1.30%, como agregados se obtuvieron las siguientes características de los agregados:

Tabla 7

*Características de los agregados de la cantera Yauri - Trujillo*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.676	2.612
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1750	1590
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1890	1740
Módulo de finura		2.69	6.34
Contenido de humedad	%	0.83	0.81
Absorción	%	0.81	1.61
T.M.N		1/2"	
Aditivo		VISCOCRETE 3330	

Fuente: Elaboración propia

Se concluyó que el aditivo influye de manera positiva en la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días. En los ensayos para un concreto autocompactante se determinó la cantidad óptima de aditivo de 1.1%.

El trabajo de investigación de Gutiérrez, L. (2018), realizada con el objetivo de determinar y cuantificar las ventajas técnicas y económicas que se obtienen al emplear aditivos plastificantes de alto rango en los concretos; para tal efecto se realizaron diversos diseños de mezcla con y sin aditivo superplastificante a fin de realizar un análisis comparativo tanto técnico como económico. Para el diseño de mezcla se tomaron 3 relaciones agua/cemento, de 0.75, 0.65 y 0.55, con cemento Portland Tipo I; como aditivo se empleó el aditivo Rheobuild 1000, con las siguientes características de los agregados:

Tabla 8

*Características de los agregados de la cantera Jicamarca- Lima*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2630	2720
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1572	1475
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1787	1596
Módulo de finura		2.83	6.84
Contenido de humedad	%		
Absorción	%	0.70	1.30
T.M.N		3/4"	
Aditivo		Rheobuild 1000	

Fuente: Elaboración propia

La investigación concluye que el aditivo permite obtener a 03 días resistencias del orden del 60%, mientras que los concretos sin aditivo superplastificante solo el 49%, con respecto a 28 días. Cabe mencionar que este efecto tiende a desaparecer a los 07 días y a los 28 días el empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 no altera la resistencia a compresión, siempre que se mantenga constante la relación agua/cemento; incluso a pesar de presentar menores contenidos de cemento/m<sup>3</sup>. Así mismo en todos los casos se obtuvieron concretos a menor costo constituyendo ello importantes oportunidades de optimización económica

### 2.1.2. Internacionales

Bojaca, R. y Quevedo, O. (2020), en su investigación se pretende generar una alternativa para los contratistas de la región específicamente los constructores que utilizan en su mayoría los materiales pétreos extraídos del Río Guayuriba en toda su extensión para la ejecución de sus obras; generando un procedimiento técnico, ágil y que cumpla con los estándares bajo las normas, los requerimientos exigidos, y que sus costos sean menores para los ejecutores de la obra. Como materiales para el diseño de mezcla se utilizó cemento, arena lavada y tres tamaños diferentes de piedra en cada mezcla de concreto, teniendo como características:

Tabla 9

*Características de los agregados en la ciudad de Villavicencio-Colombia*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso	A. Grueso	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.78	2.80	2.81
Módulo de finura		2.86	2.47	2.83	3.45
Contenido de humedad	%	5.60	0.85	0.85	0.75
Absorción	%	0.97	0.89	1.07	1.08
T.M.N			1/2"	3/4"	1"

Fuente: Elaboración propia

Estos diseños tienen como relación agua/cemento 0.35, 0.45, 0.55, 0.65, 0.75 y deben cumplir los parámetros regidos bajo la NTC 174 Concretos especificaciones de los agregados para concretos; NTC 3318 Producción de concreto; Norma Colombiana de Diseño de Puentes; Especificaciones

Técnicas del Instituto Nacional de Vías de INVIAS los artículos; Art. 630 Concreto estructural; Art. 500 Pavimento de concreto hidráulico; y el método de mezclas de prueba. El autor en su investigación demostró que con una sola caracterización de agregados pétreos y materiales cementantes, se pueden lograr varios grados de resistencia.

Riquett, A. (2018), en su trabajo de grado, de tipo no experimental, presenta una explicación detallada de la diferencia de los CC y los CAD, además de profundizar en los componentes y características de los CAD, con sus nuevos avances investigativos a nivel mundial y sus nuevos usos. Se demostró la importancia del conocimiento de este concreto de cara al futuro, con la implementación de materiales reciclados, que ofrecen un concreto de alto desempeño amigable con el medio ambiente y duradero para la construcción de grandes obras de infraestructura física. Se concluyó que el concreto de alto desempeño recibe sus altas prestaciones mecánicas gracias a su óptimo diseño de mezcla, que incluye además de los materiales comunes de concretos convencionales (Cemento, arena, grava y agua), las adiciones minerales como material cementante suplementario, superplastificantes, modificadores de viscosidad y, últimamente, agregados reciclados. Estos acompañados de un mejor curado, una relación de agua/ material cementante baja, de mano de obra más calificada y de exactitudes en las proporciones de los componentes de la mezcla, además la relación agua/cemento baja se da gracias al uso de aditivos como los superplastificantes o reductores de agua de alto rango, además de la utilización de adiciones que reemplazan un porcentaje de la pasta de cemento por un material más fino.

Soberón, I. (2015), en su investigación empezó recolectando los materiales necesarios para su ejecución, los agregados se recogieron de la mina A&P ubicada en Ambato sector “Las Viñas”, también se dispuso del superplastificante y el filler; una vez con todos los materiales requerido se comprobó su calidad determinando sus propiedades a través de los diferentes ensayos de laboratorio en base a los parámetros que indica la norma INEN, los cuales fueron:

Tabla 10

*Características de los agregados en la ciudad de Ambato-Ecuador*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.54	2.59
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1470.00	1320.00
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1600.00	1430.00
Módulo de finura		2.93	
Absorción	%	1.81	2.56
T.M.N			1/2"

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se realizó la dosificación de un hormigón autocompactante de 350 kg/cm<sup>2</sup>, con diferentes mezclas de los materiales se comprobaron estas en el laboratorio a través de los tres ensayos principales que clasifican al hormigón autocompactante, para así conformar la dosificación requerida. Con todos los datos obtenidos se elaboró como propuesta una guía técnica para la fabricación y puesta en obra del hormigón autocompactante en muros con lo que se da por finalizado el proyecto.

Castro, M (2020), dividió su investigación en tres fases, la fase 1 consistió en la caracterización de los diseños de mezcla, el cemento, los agregados y los aditivos. La fase 2 consistió en la fabricación de elementos de concreto en laboratorio y la calificación de su acabado superficial según los lineamientos de la guía ACI 347.3R -13 y por último la fase 3 se basó en la determinación del grado de importancia de las variables estudiadas. Como objetivo principal tiene determinar el grado de importancia del material de la formaleta. Se utilizaron dos tipos de superplastificantes a base de policarboxilatos en la mezcla.

Campoverde, S. y Muñoz, D. (2015), en su tesis de grado realizó un estudio sobre el uso de diferentes aditivos como plastificantes reductores de agua en la elaboración de hormigón y se verificó la influencia que estos aditivos tienen en la propiedad de la resistencia a la compresión. El hormigón estudiado fue elaborado con materiales de la zona como: cemento Guapán, aditivos



distribuidos por los proveedores SIKA, ADITEC y VENTAJET, áridos suministrados por la Compañía VIPESA CONSTRUCCIONES y, agua potable que se consume en la ciudad de Azogues. Se determinaron las propiedades físicas de los agregados las cuales fueron:

Tabla 11

*Características de los agregados en la ciudad de Cuenca-Ecuador*

Características de los agregados		A. Fino	A. Grueso	A. Grueso
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.54	2.57	2.54
Peso unitario seco suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1572	1497	1458
Peso unitario seco compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1799	1627	1601
Módulo de finura		3.48		
Contenido de humedad	%	3.85	1.17	1.01
Absorción	%	0.87	1.72	2.42
T.M.N			3/4"	1 1/2"
Aditivo	Sika 100N/ Fludex Road / Aditek SF 106			

Fuente: Elaboración propia

También se determinaron las características del hormigón en su estado fresco y endurecido. La resistencia a la compresión se determinó a la edad de 28 días. En función de los datos o resultados obtenidos se determinó cuál de los aditivos hizo que las mezclas de hormigón alcanzaran o sobrepasaran la resistencia a la compresión deseada, reduciendo agua en la dosificación y en consecuencia la cantidad de cemento, de manera que se obtenga una mezcla óptima de hormigón y la más económica posible, sin afectar las demás propiedades del hormigón, conservando la trabajabilidad de la mezcla patrón. Se concluyó que el uso de aditivos reductores de agua permite reducir el agua de mezclado en las dosificaciones elaboradas conservando la trabajabilidad de la mezcla Patrón del hormigón de 300kg/cm<sup>2</sup>. El aditivo SIKA 100 N permite una reducción en un rango de 10% hasta un 28%, mientras que el aditivo FLUDEX ROAD permite reducir el agua de mezcla en un rango de 25% hasta un 34%, finalmente el aditivo ADITEK SF 106 se obtuvo un gran rendimiento en la reducción de agua de mezcla con porcentaje de reducción en un rango que va desde 17% hasta un 43%.

La investigación realizada por Hernández, C. (2005), tiene como objetivo en su investigación dar a conocer la importancia y los beneficios que se pueden obtener con la incorporación de aditivos plastificantes y superplastificantes en la elaboración de concreto, mejorando el aspecto económico, el productivos en las diferentes etapas constructivas y el desempeño del concreto consiguiendo mayores capacidades de resistencia y fluidez lo cual es indispensable en la actualidad, el estudio demostró que la utilización de estos productos está muy relacionado a las diferentes condiciones o variables que se tengan al momento de diseñar un tipo de concreto, dentro de esta variables podemos nombrar las condiciones climáticas, calidad de los materiales utilizados, una correcta dosificación y condiciones de tiempo necesario para la colocación del concreto.

## **2.2. Investigaciones relacionadas con el tema**

Jonbi J., Resti N., y Basori, M (2018), en su investigación, el objetivo de la investigación fue determinar la cantidad óptima de adición de polycarboxilato (PCE) en la mezcla de concreto para mejorar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión, se diseñaron 4 mezclas de concreto con diferentes porcentajes de adición de aditivo de 0%, 0.5%, 1% y 2%, para producir una resistencia a la compresión mínima de  $f_c$  50 Mpa, Los materiales utilizados fueron cemento ordinario Portland tipo I, Superplastificante Tamcem 21 RA, agregado grueso de la cantera Purwakarta y agregado fino de la cantera Galunggung, la relación agua cemento fue de 0.40, las pruebas de retención de asentamiento se realizaron a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 minutos mientras que las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron a los 3, 7, 14 y 28 días por cada muestra de hormigón, obteniendo que la retención de asentamiento óptima a los 45 minutos es 10 cm que se logra agregando 2% de PCE, la resistencia a la compresión más alta obtenida fue de 53,84 MPa añadiendo un 2% de PCE logrando un aumento en la resistencia del 26,77% en comparación con la muestra de control sin la adición de PCE.

Nowak, A. (2015), tienen como objetivo determinar el efecto del uso de superplastificante (SP) en la consistencia sobre los parámetros de la estructura de

porosidad en concretos con aire incorporado y concretos sin aire incorporado, como parte de la investigación se realizaron un conjunto de 8 mezclas de hormigón con las siguientes nomenclaturas: S1 - mezcla de control (sin incorporador de aire, sin superplastificante), SN1 - mezcla incorporada de aire de 0.2% sin superplastificante, S2, S3, S4 - mezclas sin incorporador de aire con composición básica como la mezcla S1 con adición de superplastificante de 0.20%, 0.35% y 0.50%, SN2, SN3, SN4 - mezclas con aire incorporado con cantidad de incorporador de aire como en SN1 y cantidad de superplastificante como en S2, S3 y S4, los materiales utilizados fueron cemento Portland CEM 42.5R, agregado grueso fraccional 2/8 y 8/16 con tamaño máximo de  $D = 16$  mm y agregado fino natural 0/2, los ensayos realizados fueron la consistencia, la densidad, contenido de aire y resistencia a la compresión. Según los resultados obtenidos podemos concluir que en medida que el porcentaje de superplastificante aumenta la resistencia a la compresión incrementa de igual manera hasta la adición de 0,35%, ya que el resultado obtenido con la adicción de 0.5% de SP es el mismo valor de la mezcla S3 de  $600 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo en el ensayo de consistencia se obtuvo un slump de 6.7" para la mezcla S3 y 8.3" para la mezcla S4, concluyendo que adicionando más de 0.35% de superplastificante la resistencia a la compresión no aumenta, pero si mejora la trabajabilidad de la mezcla.

De acuerdo a la investigación de Lajan, A et al (2019), cuya investigación tiene como objetivo medir la influencia de tres tipos de superplastificantes a base de policarboxilatos con respecto al tiempo de fraguado del cemento, trabajabilidad y densidad del hormigón, y buscar cuantificar el impacto de los aditivos en la resistencia a la compresión en función del tiempo de curado, relación agua cemento, contenido de superplastificante, tipo de superplastificante y compararlo con los diferentes estudios de investigación de mezclas con la adición de humo de sílice que varían entre 0 y 25%. Desarrolló un diseño patrón sin aditivo para realizar la comparación de los resultados y 9 diseños con la adición de 0.15% 0.20% y 0.25% respectivamente por cada tipo de superplastificante, Cada polímero tiene un efecto diferente sobre la cantidad de agua de mezcla en general se obtuvo que al aumentar el contenido de aditivo se reduce la relación agua cemento. Los materiales utilizados fueron cemento ordinario Portland tipo I, agregado grueso de grava triturada de tamaño máximo nominal 25 mm y agregado fino de arena triturada de módulo de

finza de 2.79, de los resultados de los ensayos podemos concluir que al aumentar el contenido de aditivo aumentaron el asentamiento y la viscosidad del hormigón, la resistencia a la compresión del hormigón a los 3 días de curado aumentó de 21 MPa a 39 MPa, a los 28 días de curado el resultado aumento de 34 MPa a 50 MPa según el tipo de polímero, relación a/c y el contenido del aditivo, el polímero B fue más efectivo para mejorar la resistencia a la compresión a una edad temprana en comparación con el polímero A y C, también se determinó que el superplastificante es más efectivo que el humo de sílice para mejorar la trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Los investigadores, Antoni, Halim, G, Chandra K. y Hardjito, D. (2017), en su investigación “Optimizing polycarboxylate based superplasticizer dosage with different cement type”, nos dan como conclusiones lo siguiente, la adición de superplastificante incrementa la fluidez de la mezcla de mortero, sin embargo, existe una óptima proporción de adición de aditivo en la mezcla para obtener la cantidad de agua adecuada. El incremento de la fluidez hace que se incremente la resistencia a la compresión. Así mismo la resistencia a la compresión se puede ver reducida por un uso excesivo de superplastificante. La diferencia de la fluidez y la resistencia que gana solo son afectados por el diferente tipo de cemento que se utilice, de los resultados podemos concluir que el cemento Portland ordinario alcanzo la mayor resistencia a la compresión por la misma cantidad de agua/cemento compara con los otros cementos.

Smirnova, O (2016) en su investigación nos dice que:

La incorporación de aditivo superplastificante a base de policarboxilato contribuye en el aumento de la resistencia inicial en el concreto reduciendo la relación agua-cemento, al realizar el diseño de mezcla se debe tener en cuenta la compatibilidad del cemento y los superplastificantes en la presente investigación se utilizó cemento Portland PC500-D0-N y CEM I 42.5 N, agregado grueso, y superplastificante Glemium ACE 430 y Sika Viscocrete 20 Gold usados en la proporción de 0.2%, 0.4% y 0.6%, se estudió la influencia de las composiciones químicas y mineralógicas del cemento Portland sobre el efecto reductor de agua de los superplastificantes, la

retención de la trabajabilidad de hormigón fresco, así como el aumento de la resistencia a temprana edad del hormigón, según los resultados del estudio se concluyó que la adición de Sika Viscocrete 20 Gold de 0.38%, Glenium ACE 430 de 0,4% permitió reducir el consumo de cemento Portland en un 15% proporcionando la resistencia del hormigón requerida después del tratamiento de vaporización térmica.

Sokhansefat,G; Riyadh, M. y Moradian, M. (2018) en su investigación científica, prepararon mezclas de concreto con diferentes gradaciones y trabajabilidad de agregados, se estudió el empaque de agregados en concreto endurecido utilizando la tomografía computarizada de rayos X, la trabajabilidad de las mezclas y el espaciado y la distribución de los agregados en el hormigón endurecido con un escaneo XCT de 40  $\mu\text{m}$  de resolución. Los materiales utilizados fueron agregado grueso de piedra caliza triturada de tamaño máximo nominal de 19 mm<sup>2</sup>, arena fina natural con módulo de fineza de 2,68 y relación agua cemento de 0.45. Se pudo observar en los resultados del ensayo de trabajabilidad que las mezclas que contienen más del 20% de los agregados gruesos retenidos en un solo tamiz muestran segregación y mala trabajabilidad, debido a esto concluimos que la segregación del agregado grueso juega un papel importante en la trabajabilidad del hormigón fresco. Sin embargo, cuando una mezcla tiene menos del 20% de agregado grueso retenido en un tamaño de tamiz dado, la mezcla mostró una mejor trabajabilidad, un espaciado de agregado grueso más uniforme y todas las secciones transversales consistían en al menos un 10% de agregado grueso.

Gökhan, M. et al (2019), estudiaron 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 éter de policarboxilato que tienen una longitud constante de la cadena principal, también se investigó la resistencia a la compresión a edad temprana y edad avanzada, la capacidad de absorción de agua y el valor de la velocidad del pulso ultrasónico de los hormigones autocompactante. Se llevaron a cabo los análisis FTIR (infrarrojo por transformada de Fourier) y GPC (cromatografía de permeación en gel) para caracterizar las mezclas. Los materiales utilizados fueron cemento Portland tipo CEM 42.5R como ligante, agregado de

pedra caliza triturada y tres aditivos reductores de agua a base de policarboxilato, la relación agua cemento del diseño fue de 0.35. Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a edades tempranas de 1 y 2 días se vieron afectadas dependiendo la cantidad de aditivo lográndose observar que a medida que aumentaba la cantidad de aditivo disminuía la resistencia a edades tempranas de la mezcla, pero no tuvo un efecto significativo en las resistencias en los ensayos de 3, 7 y 28 días.

Prasad, K. y Pavan, K. (2019), en su investigación nos dice que:

El hormigón permeable, también conocido como hormigón poroso, es una mezcla de cemento, agua y agregado grueso de un tamaño particular combinado para formar un material estructural poroso. El objetivo principal es estudiar las aplicaciones del hormigón permeable y también desarrollar una mezcla de hormigón de cemento permeable fuerte y duradero utilizando policarboxilato como aditivo de adición, los resultados de resistencia a la compresión de los tamaños de agregado de 10 mm y 11,2 mm explican que la reacción química entre el policarboxilato y el cemento proporcionando una alta resistencia a la compresión con un contenido de aditivo de 5 ml.

Yunhong, C. et al (2019), en su artículo científico mencionan que:

Se investigó el concreto con agregado previamente colocado (PAC), el proceso de preparación comprende los siguientes dos pasos principales: primero, el agregado grueso se apiló de cierta manera para formar un esqueleto natural; luego, el esqueleto se rellenó con el mortero formulado. El estudio tiene como objetivo determinar la relación entre el grado de resistencia y la relación agua-cemento, para explorar la esencia de la falla por compresión se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción de división del PAC. Los resultados de la prueba revelan que cuando se empleó el método sin formación de vibraciones, el grado de resistencia del PAC alcanzó 20 Mpa cuando el baño fue 0,54 o 0,48, y alcanzó 30 Mpa cuando el baño fue 0,42; cuando se empleó el método de formación de vibraciones, su grado de resistencia alcanzó 20 Mpa, 30 Mpa y 40 Mpa cuando el baño fue 0,54, 0,48 y 0,42, respectivamente. Por lo tanto, la preposición del agregado grueso beneficia el desarrollo de la resistencia a la tracción del concreto, además

desde el aspecto mesoscópico, las pruebas de falla por compresión sobre el hormigón demuestran que la esencia de la falla por compresión en el PAC es similar a la del concreto normal.

Akije, I. (2016), en su investigación determina el efecto de la relación agua-cemento de 0.50, 0.55 y 0.60 en las propiedades mecánicas del concreto. Los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario de tipo I de grado 42.5R, arena de río como agregado fino y agregado grueso de granito de tamaño máximo nominal de 19 mm y 12.5 mm. Se elaboraron nueve mezclas de hormigón diferentes, a las cuales se le realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, resistencia a la tracción a los 7 y 28 días y resistencia a la flexión a los 7, 14, 21, 28, 56, y 91 días, de los resultados del hormigón producido con granito de 19 mm y relación agua/cemento de a 0.50 y 0.55 satisfacen individualmente la resistencia requerida a los 28 días de curado para resistencias a flexión y compresión. Sin embargo, la resistencia a la tracción en el mismo hormigón tiene valores de 2.684 N/mm<sup>2</sup> y 2.590 N/mm<sup>2</sup> respectivamente, que no satisface el 10% esperado de la resistencia a la compresión correspondiente, que deben ser valores de 3.355 N/mm<sup>2</sup> y 3.238 N/mm<sup>2</sup>.

El artículo científico de Hashemi, M ., Shafigh, P. y Duran, C. (2017), tiene como objeto de estudio el pavimento de hormigón compactado con rodillos, el cual es un pavimento rígido, económico y duradero que presenta un asentamiento de cero y contiene una cantidad de cemento más baja que el hormigón de vibrado convencional, debido a esto la calidad de los áridos tienen una gran influencia en las propiedades del hormigón, Se tiene como objetivo determinar el efecto de la relación de agregado grueso a fino sobre las propiedades frescas y endurecidas del hormigón con un contenido de cemento del 9% (204 kg / m<sup>3</sup>) y 12% (268 kg / m<sup>3</sup>). Los materiales utilizados para el estudio fueron cemento Portland ordinario, arena con un módulo de finura de 2.8 y agregado grueso triturado con un tamaño máximo nominal de 19 mm. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por rotura, resistencia a la tracción por flexión, y porosidad. Los resultados de las pruebas demuestran que, al aumentar la relación de agregado grueso a fino de 0.6 a 1.2 disminuyó significativamente la porosidad del hormigón en aproximadamente 60% para el hormigón con 9% de cemento y 38% para el hormigón

con 12% de cemento, en conclusión, la relación agregado grueso a fino más adecuada fue de 1.2 a 1.4, por lo tanto para lograr un hormigón viable, de alta resistencia y duradero, se recomienda una mezcla con un 12% de cemento y una proporción de 1.2 de agregado grueso a fino.

Ekwulo E. y Eme, D. (2017), en su investigación tiene como objetivo determinar el efecto del tamaño y la gradación de los agregados sobre la resistencia a la compresión del hormigón utilizado para pavimentos rígidos, se investigó cuatro especímenes de concreto que contienen agregados de tamaño máximo nominal de 9,5 mm, 12,7 mm, 19,1 mm y muestra de agregado graduada hecha de una combinación de 9,5 mm, 12,7 mm y de 19,1 mm. Se utilizó cemento Portland ordinario, arena de río y piedra triturada con un diseño de mezcla de hormigón de 1: 1,5: 3 con una relación agua-cemento constante de 0,6 al cual se le realizó el ensayo de asentamiento, las muestras tomadas fueron curadas y ensayadas a la resistencia a la compresión a los 14 y 28 días. Los resultados obtenidos nos muestran que los hormigones hechos con agregados de tamaño de 9,5 mm, 12,7 mm y 19,1 mm registraron asentamientos de 60 mm, 50 mm y 30 mm respectivamente, mientras que el hormigón elaborado a partir de áridos graduados registró el asentamiento mínimo de 20 mm. Además, el hormigón hecho de agregados de 9,5 mm, 12,7 mm y 19,1 mm registró resistencias medias a la compresión de 18,2 N/mm<sup>2</sup>, 20.0 N/mm<sup>2</sup> y 20,9 N/mm<sup>2</sup> respectivamente a los 28 días, mientras que el hormigón elaborado a partir de los agregados clasificados registró una resistencia a la compresión media de 17,3 N/mm<sup>2</sup> a los 28 días, por lo cual se concluyó que la trabajabilidad del concreto fresco disminuye con el aumento del tamaño del agregado y que la resistencia a la compresión aumenta con el aumento del tamaño del agregado.

Según Lin, X., et al (2018), en su artículo científico nos dice 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. Se sintetizaron una serie de superplastificantes de policarboxilato reticulados utilizando ácido acrílico y cuatro reticulantes diferentes que contienen grupos éster,



respectivamente. Las pruebas realizadas fueron 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 comportamiento de asentamiento. De los resultados obtenemos que el asentamiento máximo alcanzó 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, la evaluación del calor de hidratación y el tiempo de fraguado demostró que los superplastificantes de policarboxilato reticulado podían retrasar la hidratación del cemento y el tiempo de fraguado final en 4 h en comparación con las otras muestras.

Ali, M., Zharif, M. y Asmahani, S. (2015), en su investigación estudia el concreto de alto rendimiento que en comparación con el concreto convencional posee mayor trabajabilidad, durabilidad y resistencia. Para obtener concretos de alto rendimiento es necesaria la adición de superplastificante de policarboxilato de éter (PCE) para mejorar la trabajabilidad del hormigón con una relación de agua a cemento más baja. El estudio tiene como objetivo determinar la dosis óptima de PCE y comparar su resistencia a la compresión, características físicas y morfología. Se desarrollaron tres diseños de concreto con diferentes cantidades de adición de superplastificante de 0.25%, 0.50% y 0.75% con respecto al peso del cemento, se realizó la prueba de asentamiento y se tomaron un total de 27 muestras para el ensayo de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días. El resultado de las pruebas muestra que el hormigón de alto rendimiento con la adición de 0,5% de superplastificante de éter de policarboxilato tiene la mayor resistencia a la compresión y una excelente resistencia física.

Adeuwuyi, A., Sulaiman, I. y Akinyele, J. (2018), tuvieron como propósito en su investigación, evaluar comparativamente la resistencia al desgaste de los hormigones bajo tasas de abrasión. En el presente estudio se consideraron los siguientes materiales cemento Portland de grado 42.5, el agregado grueso fue granito triturado de un tamaño máximo nominal de 19 mm, el agregado fino fue arena gruesa natural

del río con un tamaño máximo de 4.75 mm, superplastificante y agua potable. Se desarrollaron cinco proporciones de mezcla de concreto con una relación agua-cemento fija de 0.45, pero se variaron los materiales constituyentes, la edad del concreto y las condiciones de exposición al contacto. Los ensayos realizados fueron prueba de asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión a las edades de curado de 7, 28, 42, 56 y 72 días. El estudio reveló que la resistencia a la compresión y la resistencia a la abrasión tuvieron el desempeño óptimo cuando el contenido de agregado grueso fue del 45% y el peor desempeño cuando el contenido de agregado fino fue del 28.7% del peso total de los componentes del concreto, hubo una notable pérdida de partículas de hormigón por desgaste entre 200 revoluciones y 300 revoluciones de contacto de la rueda de abrasión.

En el presente artículo, Mohamed, S. y Tayeb, B. (2018), desarrollaron un método de prueba de asentamiento K modificado para evaluar la trabajabilidad y la estabilidad estática del hormigón autocompactante ya que representan propiedades clave del hormigón en estado fresco. Los materiales utilizados en el estudio fueron cemento Portland ordinario, polvo de mármol, agregados gruesos de piedra caliza triturada de tamaño 3/8 y 8/15 mm, arena de río de 0/6 mm y superplastificante reductor de agua de alto rango a base de policarboxilato, se adoptó un diseño compuesto central para resaltar el efecto de la proporción de grava a arena ( $G / S$ ), proporción de grava 3/8 a grava 8/15 proporción de agua a cemento ( $W / C$ ), proporción de polvo de mármol a cemento ( $MP / C$ ) y contenido de superplastificante ( $SP$ ) en la trabajabilidad medida con asentamiento y tiempo de flujo ( $T_{50}$ ) ensayos y estabilidad estática medida con ensayo de estabilidad del tamiz ( $P_i$ ), índice de prueba de segregación ( $SSI$ ), prueba de penetración ( $P_d$ ) y la prueba de asentamiento K propuesta ( $K_m$ ). Los resultados obtenidos muestran que la relación  $G / S$  cercana a 1 y  $G_1 / G_2$  proporciones cercanas al 60% pueden considerarse como valores óptimos para lograr una buena trabajabilidad al tiempo que se asegura una suficiente estabilidad estática del SCC.

Hanif, A., Lee, K., Park, C., Kim, Y., y Sim, J. (2016), en su investigación tuvieron como objetivo determinar los efectos del tipo de cemento los cuales fueron cemento Portland ordinario (OPC) y cemento de alta resistencia temprana (HESC) y el tipo de

agregado natural y reciclado en las propiedades mecánicas del hormigón, mientras se emplea el método de curado con vapor para obtener una resistencia inicial más alta. Según los resultados obtenidos se tuvo que los hormigones desarrollados exhibieron niveles adecuados de resistencia a la compresión después del curado con vapor, dependiendo del tipo de áridos finos y gruesos utilizados, los hormigones que incorporan OPC desarrollaron 42 - 72% de su resistencia de diseño después de 1 día; el rango de 52 - 83% era para hormigones hechos con HESC, se determinó que en todas las edades, los hormigones con HESC tenían aproximadamente un 10% más de resistencia que los hormigones OPC, También se determinaron los parámetros de resistencia a la abrasión y al deslizamiento, aunque los hormigones que incorporan HESC y agregados reciclados tenían menor resistencia mecánica, los parámetros de resistencia a la abrasión y al deslizamiento fueron superiores a las de las otras mezclas, lo que significa que podrían utilizarse de manera útil en estructuras de pavimentos, pisos y losas. Con la proporción adecuada de la mezcla, se puede lograr la resistencia adecuada.

Esat K. y Bugra, A. (2015), nos dice que:

El rápido crecimiento de la industria del mármol genera preocupaciones con respecto al impacto negativo de la extracción de mármol en el medio ambiente, porque el corte de mármol crea lodos. La incorporación de lodos de mármol (polvo) en el hormigón y los productos a base de cemento supondría importantes contribuciones medioambientales y económicas. Este estudio tiene como objetivo desarrollar una mezcla de hormigón con un contenido máximo de mármol que tenga propiedades de resistencia comparables a las del hormigón de referencia sin mármol (sin polvo de mármol), en contraposición al desarrollo de un hormigón en polvo de mármol con la máxima resistencia a la compresión. El propósito principal es reemplazar la arena con polvo de mármol en el concreto porque dicha mezcla será amigable con el medio ambiente y económicamente viable. Las muestras de hormigón se obtienen sustituyendo arena por polvo de mármol al 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 90% en volumen. Los valores de resistencia a la compresión se determinan después de 7, 28 y 90 días con valores de resistencia a la tracción por división al día 28, incluidos los valores de absorción de agua y resistencia a la abrasión. Se realiza una evaluación de factibilidad utilizando parámetros como concreto fresco, resistencia a la compresión,

resistencia a la abrasión y costo estimado. Según la evaluación de viabilidad, se demuestra que utilizar hasta un 40% de polvo de mármol en hormigón es adecuado de acuerdo con los requisitos.

El objetivo del estudio realizado por Esen, Y. y Orphan, E. (2015) fue investigar el efecto de la adición de superplastificantes a base de policarboxilatos y aditivos minerales como humo de sílice sobre las propiedades del Concreto Autocompactante y determinar las cantidades óptimas para el diseño de mezcla. Los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario CEM I 42.5 N, y agregados de río, para determinar las dosis óptimas de los aditivo se realizaron nueve mezclas con tres contenidos de humo de sílice diferentes 0%, 10%, 20% y se prepararon tres contenidos de superplastificantes diferentes 1.3%, 1.5%, 1.7%, a las cuales se le realizaron ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción a las edades de 7, 14 y 28 días de curado, en estado fresco se realizó la prueba de asentamiento y la prueba del embudo en V, de los resultados se pudo observar que el diseño 10S1.3A (10% de humo de sílice, 1.3% de superplastificante) y 10S1.5A (10% de humo de sílice, 1.5% de superplastificante) muestran los mejores desempeños con respecto a las propiedades del concreto fresco y endurecido.

Solovyova, V., Solovyov, D. y Stepanova, I. (2019), en su investigación tiene como objetivo mejorar las propiedades del hormigón para elementos estructurales delgados mediante el uso de nuevos aditivos a base de policarboxilato que mejora la resistencia a la compresión, la resistencia al agrietamiento, la resistencia a las heladas, al agua y a la abrasión. El estudio se desarrolló de manera experimental, los materiales utilizados fueron cemento Portland tipo I, arena con módulo de fineza de 2.6, piedra triturada de tamaño 5-10m y aditivo superplastificante, se evaluó la resistencia a la compresión, y resistencia a la tracción, de los resultados se puede concluir que el concreto con el aditivo aumenta la resistencia a la compresión en más de un 80%, la resistencia a las heladas en 2 veces y la resistencia química en un 20%. El hormigón con aditivo se puede recomendar para la construcción de superficies de carreteras y aeródromos, estructuras de paredes delgadas de construcción de gran altura y elementos de propósito especial.

Tugrul, T. y Esat, A. (2020), en su estudio tiene como objetivo determinar la relación entre la resistencia a la abrasión de los agregados y la resistencia del concreto considerando las relaciones agua-cemento y agregado-cemento. Para ello, se prepararon mezclas de concreto con diferentes relaciones agua-cemento (0.38, 0.40, 0.42, 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60) con diferentes tipos de agregados (basalto, mármol, caliza y agregados naturales), se realizaron las pruebas de abrasión para cada agregado utilizado en los experimentos para determinar los valores de abrasión de Los Ángeles de los agregados. De los resultados obtenidos se puede concluir que, la pérdida por abrasión de Los Ángeles, la proporción de agua a cemento y la proporción total de agregado a cemento tuvieron un efecto combinado en la resistencia del concreto, con los modelos desarrollados, es posible predecir los valores de resistencia del hormigón a producir utilizando diferentes agregados y diferentes proporciones de mezcla de esta forma, el número de mezclas de prueba disminuirá logrando ahorros de tiempo, mano de obra y bajos costos. La importancia del efecto del tipo de agregado en la resistencia del concreto se comprende claramente al obtener resultados de resistencia del concreto que van desde 36.7 MPa a 56.6 MPa usando diferentes tipos de agregados.

La presente investigación realizada por Maruyama, I. Sasano, H. y Lin, M. (2015), estudia el agrietamiento en el concreto producido por contracción por secado, el cual es un fenómeno indeseable ya que causa daños en las superficies de las edificaciones afectando la durabilidad del hormigón al facilitar el ingreso de agua, dióxido de carbono y otras sustancias agresivas, se prepararon dos muestras de hormigón con la misma proporción de mezcla excepto por sus agregados que tienen propiedades diferentes, se utilizó la relación agua-cemento de 0.55, con agregados gruesos diferentes de piedra caliza y arenisca y cemento Portland ordinario. Se estudiaron los parámetros que podrían contribuir al comportamiento de fisuración en el hormigón, como el módulo de Young y la contracción del agregado, la resistencia, la rigidez y la energía de fractura de transición interfacial. De los resultados se concluye que cuando se usaban agregados de piedra caliza con una pequeña contracción por secado en condiciones desenfrenadas, la diferencia en la contracción por secado entre el agregado y el mortero causó grietas alrededor del agregado, formando gradientes de

deformación por contracción desde la superficie de secado hacia el interior, esta tendencia fue menor cuando se utilizaron agregados de arenisca con una mayor contracción por secado, esto se debió en parte a la porosidad del agregado de arenisca, que le permitió liberar un exceso de agua para suprimir la contracción por secado durante las primeras etapas del secado.

Vishalakshi, K., Revathi, V. y Sivamurthy, S. (2017), en su investigación busca determinar el efecto del tipo de agregado grueso sobre las propiedades de resistencia y energía de fractura de hormigones de grado M30, M50 y M80. En el caso de los hormigones de alta resistencia el agregado grueso es uno de los factores determinantes de la resistencia, sin embargo, para los concretos normales no causa ningún impacto. Los materiales utilizados en el estudio fueron cemento, humo de sílice, como agregado fino arena de río con un módulo de fineza de 2.5, para el agregado grueso se utilizó Granito Gris (GG), Anorthosita (AS) Charnockita (CK) Caliza, (LS) y Gneis (GS) teniendo que el tamaño del agregado varía en el rango de 12mm a 20 mm y superplastificante. De los resultados podemos concluir que el agregado de Granito Gris ha producido concreto con la mayor resistencia a la compresión, seguido de Anorthosita, Charnockita, Caliza y Gneis, lo que indica que la textura de la superficie, la estructura y la composición mineralógica tienen un papel dominante.

Ma, K., Feng, J., Long, G., Xie, Y. y Chen, X. (2016), en su artículo científico nos dice que:

Para el concreto autocompactante (SCC) la característica más importante es la trabajabilidad, ya que esta le permite que pueda fluir y consolidarse por su propio peso. En el presente estudio se propuso un método de diseño de mezcla mejorado de concreto autocompactante de acuerdo con las relaciones de flujo de asentamiento, diámetro promedio del agregado grueso y volumen de agregado grueso. Para las muestras se utilizó cemento Portland ordinario PO42.5, cenizas volantes, arena de río con un módulo de finura de 2.75, superplastificante a base de policarboxilato con una tasa de reducción del 20.1% y piedra caliza triturada con tamaño de 5 a 20 mm. El ensayo de asentamiento mostro que cuando el tamaño nominal del agregado

grueso fue de 5 a 20 mm el asentamiento se encontró en el rango de 570 mm– 720 mm, según los resultados de los diferentes ensayos se corroboró que las propiedades del SCC, incluida la trabajabilidad y la resistencia a la compresión, satisfacen los requisitos, por lo tanto, este método de diseño de mezcla reduce los costos en proyectos de ingeniería.

El presente estudio Menegazzi, F., Marina, J. y Foiato, M. (2020), tiene como objetivo determinar nuevas dosificaciones que cumplan con los requisitos mínimos para postes de hormigón armado con una resistencia a la compresión superior o igual a 30 MPa y absorción media de agua menor o igual al 5,5%, también se incluyó un estudio sobre el empaquetamiento de partículas, ya que con él es posible determinar una proporción adecuada de materiales de diferentes granulometrías con el fin de constituir la mejor integración de la pasta de cemento hidratada para llenar los vacíos entre los agregados. Los materiales utilizados fueron cemento, arena natural con un módulo de finura de 1.4, agregado grueso 1 tamaño máximo de 9.5 mm y módulo de fineza de 5.75, agregado grueso 2 tamaño máximo de 12.5 mm y módulo de fineza de 6.79 y se adicionó un aditivo plastificante para mejorar algunas características del hormigón en estado fresco y endurecido, De los resultados se concluye que el diseño que cumple con todos los requisitos normativos es 1: 1.38: 1.61: 1.505: 1.505: 0.59 (cemento, arena, polvo de piedra, grava 1, grava 2 y agua), con la adición de un 0,5% de aditivo plastificante, el cual alcanzó una resistencia a la compresión de 34.2 MPa a los 7 días de edad superando el mínimo .

En el estudio realizado por Chen, A. et al. (2020), se investigó los efectos de los agregados gruesos reciclados, las partículas de caucho y las fibras de basalto en el comportamiento mecánico y de tensión-deformación del hormigón. Los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario, piedra triturada de tamaño 5 mm -20 mm y áridos gruesos reciclados de caucho de igual tamaño, arena de río natural con módulo de fineza de 2.85 y fibra de basalto, se prepararon un total de 12 muestras de hormigón a las cuales se les realizaron las pruebas de resistencia a la compresión, curva de tensión-deformación, resistencia a la tracción y la flexión a los 28 días de edad. Los resultados indican que los efectos de agregados gruesos reciclados,

partículas de caucho y las fibras de basalto sobre las propiedades del hormigón son importantes.

En el presente estudio presentado por Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), se evaluaron las propiedades frescas y endurecidas del concreto autocompactante (SCC) con adición de residuos de corte de granito. Se realizaron pruebas de tiempo, embudo en V, caja en L y anillo en J para evaluar las propiedades frescas y pruebas de resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la velocidad del pulso ultrasónico, absorción de agua y permeabilidad al agua para medir las propiedades de endurecimiento de las mezclas de SCC. Los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario de grado 43, arena de río con módulo de fineza de 2.5, piedra basalto de tamaño máximo de 10 mm y residuos de granito de módulo de fineza de 1.4. De los resultados de los ensayos se puede concluir que la incorporación de granito en mezclas de SCC mostró un incremento en la resistencia a la compresión y a la flexión a un nivel de reemplazo del 20% y una disminución en ambas características de resistencia más allá del reemplazo del 20%, pero con un nivel de reemplazo del 40%, se encontró que la resistencia a la flexión era mayor con respecto a la mezcla de control. Así también se encontró que las mejores características de impermeabilidad y valores de velocidad de pulso ultrasónico más altos de las mezclas modificadas con granito se encontraron con una incorporación de hasta un 40% en comparación con la mezcla de SCC de control.

En el trabajo de investigación realizado por Toutanji, H., Goff, C., Pierce, K. y Fares, H (2015), se investigó las propiedades de flujo del hormigón ligero autocompactante que utiliza una nueva prueba que relaciona el flujo de agregados con el flujo de concreto. Se estudió tres tipos de hormigón ligero autocompactante que contienen diferentes proporciones de agregados livianos y de peso normal, gruesos y finos, así como un concreto autocompactante de peso normal como control. Se utilizó cemento Portland tipo I con una relación agua/cemento de 0.35, cenizas volantes de carbón utilizado como aditivo mineral correspondiente al 40% de la masa de cemento, se utilizó dos agregados ligeros gruesos con tamaños máximos de agregado de 19 mm y 13 mm, como agregado de peso normal se utilizó piedra caliza triturada con tamaños máximos de agregado 13 mm, se usó agregado de arcilla expandida para la



arena de agregado liviano fino y para el agregado fino de peso normal se utilizó arena de cantera, los ensayos realizados fueron de resistencias a la compresión y a la tracción y pruebas de fluidez del concreto, es decir, flujo de asentamiento, anillo en J y T 500, de los resultados obtenidos se puede concluir que las resistencias a la compresión fueron mayores en las mezclas que contenían agregados de peso normal y grueso de menor tamaño en comparación con las mezclas con agregados gruesos de mayor tamaño, así también los módulos elásticos tendieron a ser más altos en estos tipos de mezcla.

Alqarni, A., Albidah, A., Alaskar, A. y Abadel, A. (2020), en su artículo, investigaron experimentalmente los efectos de las características del agregado grueso en el comportamiento de cortante de vigas delgadas de hormigón armado. Se fabricaron ocho vigas de concreto reforzado con cemento Portland tipo I, humo de sílice, superplastificante a base de poliacarboxilato y cuatro tipos de densidades de agregado grueso y mineralogía utilizando caliza, cuarcita, escoria y agregado de escoria de acero, todos los agregados gruesos tuvieron un tamaño máximo nominal de 20 mm excepto los agregados de escoria que tenían un tamaño máximo nominal de 10 mm. Como conclusión se tiene que los agregados con alta resistencia a la abrasión dieron como resultado una mayor resistencia al corte final, así también se observó que la rigidez inicial de las vigas era independiente del tipo de agregado y dependía únicamente de la resistencia a la compresión del hormigón.

Saphouvong, K., Thepvonga, K. y Singvixay, S. (2016), en su investigación nos dice que:

El tamaño del agregado y su origen tienen una gran influencia en las propiedades del hormigón. En este trabajo se estudian las propiedades del hormigón autocompactante (SCC) con diferentes dosificaciones y tipo de agregado grueso de tres fuentes que están comúnmente disponibles en Vientiane Capital, el río Mekong, el río Ngum y la piedra de montaña triturada. Se prepararon seis proporciones mixtas diferentes con dos tamaños de agregado máximo de 19 mm y 12,5 mm para cada fuente de agregado, como aglutinantes se utilizaron cemento Portland ordinario de tipo I y cenizas volantes de clase C, la relación de reemplazo de cenizas volantes a cemento se fijó

en 20%, se utilizó Sika Viscocrete-3180MR como aditivo reductor de agua con 0,95% en peso de aglutinantes. Los resultados muestran que, para las propiedades del hormigón fresco, el agregado grueso con un tamaño máximo de 12,5 mm del río Mekong es el agregado más adecuado en comparación con otras fuentes y para el concreto endurecido con curado de 28 días el agregado grueso con 12,5 mm del río Mekong es el agregado más apropiado entre tres fuentes que tiene una capacidad de flujo y una mayor resistencia a la compresión.

El presente artículo realizado por De Brito, J., Kurda, R. y Raposeiro, P (2018), estudia la influencia de la naturaleza geológica y la calidad de los agregados sobre la resistencia a la compresión del hormigón y explica por qué es importante considerar las características de los agregados en la estimación de la resistencia del hormigón, para este propósito se utilizaron tres modelos originales (Abrams, American Concrete Institute y Manual of Concrete Practice y Slater) y dos modelos modificados (Bolomey y Feret) para calcular la resistencia del concreto. Los resultados muestran que los modelos no predicen adecuadamente la resistencia del hormigón cuando se ignoran las características de los agregados. La dispersión obtenida entre la resistencia a la compresión calculada y experimental del hormigón, incluso cuando se fabrica con agregados naturales únicamente, fue significativa. Para la misma composición de mezcla, hubo una diferencia significativa entre los resultados cuando se usaron agregados naturales de diversa naturaleza geológica como piedra caliza, basalto, granito, arenisca en el concreto y diferentes calidades de densidad, absorción de agua y abrasión de los agregados. De los resultados podemos concluir que, para ambos modelos modificados, la resistencia calculada de las mezclas hechas con basalto fue mayor que la de las mezclas que contienen otros tipos de agregados, seguidas de las mezclas que contienen piedra caliza, cuarzo y granito.

La presente investigación realizada por Aissoun, B., Soo-Duck, H. y Khayat, K. (2016) estudia la influencia de las características físicas de los agregados en el desempeño del hormigón fluido en comparación con el hormigón convencional, el diseño de la mezcla de hormigón de alta fluidez es más complejo y debe garantizar que la mezcla pueda desarrollar una estabilidad estática y dinámica adecuada por lo cual la selección de agregados juega un papel importante para el diseño y la

optimización de la mezcla de hormigón fluido. Se utilizaron tres tipos de arenas con diferentes módulos de finura de 2.5, 2.6 y 3.0 con diferentes texturas (lisas y rugosas), siete tipos de agregados gruesos con diferentes características de textura, contenido de partículas planas y alargadas y diferentes formas, cemento CSA tipo GU y cenizas volantes. Los resultados de las pruebas indicaron que la densidad de empaque, la cantidad de finos que pasan un tamiz de 315 mm, y la forma de agregado puede tener un efecto significativo en la reología, estabilidad y resistencia a la compresión, para el agregado triturado con tamaños de partículas de 5 a 14 mm, la densidad de empaque del agregado aumento un 13% de 0,69 a 0,79 mediante el uso de la óptima proporción de arena y la arena natural pueden conducir a más del 50% de reducción en el asentamiento de la superficie, es decir, 50% de aumento en estabilidad estática.

Ede, A., Olofinnade, O., Shittu, K., Ugwu, E. y Bamigboye, G. (2017), en su investigación tiene como objetivo predecir la resistencia del diseño mediante la elección de tamaños de agregados gruesos de 12.5 mm, 19 mm, 30 mm y mixto, proporciones de mezcla de concreto de 1: 2: 4, 1: 3: 6, 1: 2: 3 y tipos de cemento Portland ordinario de 42.5R y 32.5N, se realizaron pruebas de composición del compuesto de cemento, pruebas de propiedades frescas y pruebas de propiedades endurecidas en muestras. Los resultados de las pruebas de las ciudades de construcción de diferentes áreas de gobierno local del estado de Lagos, Nigeria, obtenidos en 2010, se comparan con los resultados de las pruebas de compresión de esta investigación mediante herramientas estadísticas. Los resultados indican que las propiedades frescas y endurecidas se ven influenciadas de manera proporcional por los tamaños de los agregados y que las opciones de tamaños de agregados, proporciones de mezcla de concreto y tipos de cemento pueden usarse para predecir las propiedades frescas y endurecidas del concreto normal.

El presente estudio científico realizado por Ekwulo, E. y Eme, D. (2017), investiga el efecto de la gradación del agregado en la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del material de base de agregado tratado con cemento para pavimentos con la finalidad de evitar deflexiones y fallas en el pavimento. En este estudio, se combinaron agregados de tamaños de 19.00 mm, 2.00 mm, 0.425 mm, 0.075 mm y 200 para producir gradaciones normales que cumplen con los límites de

especificaciones para mezclas de base de agregado tratado con cemento, de las tres mezclas realizadas se determinó la resistencia a la compresión y el módulo elástico de las mezclas. El resultado mostró que, en los diversos contenidos de cemento, la gradación normal cumplió con el requisito de resistencia mínima para el material base, se concluyó que la gradación de los agregados afecta la resistencia a la compresión y el módulo elástico de la mezcla de base de agregado tratado con cemento.

Yu, F., Sun, D., Wang, J. y Hu, M. (2019), en su artículo científico se enfocan en la relación entre el tamaño del agregado, la resistencia a la compresión, la estructura de los poros, el espesor de la pasta cementosa y la compresión de la influencia del tamaño del agregado en la resistencia a la compresión del concreto permeable. Para ello se prepararon ocho grupos de muestras de concreto permeable con una similar porosidad, pero diferente tamaño de agregado con cemento Portland ordinario. Los resultados de las pruebas muestran que la resistencia a la compresión aumenta rápidamente con el aumento del tamaño del agregado al principio, mientras que el tamaño del agregado supera los 7 mm, los cambios de resistencia a la compresión con el tamaño del agregado se pueden atribuir principalmente al efecto del tamaño del agregado sobre las características de los poros y el espesor de la pasta cementosa, el aumento del contenido de poros pequeños disminuirá la resistencia a la compresión.

Este estudio experimental realizado por Figimig R. y Kovac, M. (2019), se centra en el impacto de la gradación de agregados sobre las propiedades del hormigón fresco y endurecido. Para el desarrollo de la investigación se prepararon 9 diseños de mezclas con contenido constante de cemento CEM I 42.5R, agua efectiva, plastificante y agregado. El factor variable está representado por diferentes proporciones de 4 fracciones (0 / 0,7, 0/4, 4/8, 8/16). Se realizaron ensayos de consistencia por asentamiento y tabla de flujo en el tiempo, la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la densidad. Los resultados muestran algunas diferencias significativas, la prueba de asentamiento varió de 0 a 170 mm después de 5 minutos y de 0 a 50 mm después de 30 minutos de mezclado del hormigón, la

resistencia a la compresión estándar varió de 50,8 a 61,6 MPa, la absorción de agua varió entre 4.7 y 5.9% en masa y densidad de 2380 a 2440 kg.m<sup>3</sup>.

Soo, S., Qudoos A., Hussain S., Bae, J. y Gi, H. (2019), en su estudio investiga el efecto de los agregados en el comportamiento del hormigón, ya que este está compuesto por aproximadamente 70% -80% de agregados, para ello se estudió el efecto de tres agregados gruesos en las propiedades mecánicas, durabilidad y microestructura del hormigón, los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario, humo de sílice, superplastificante a base de polycarboxilato, arena natural de módulo de fineza de 2.7 y tres tipos de agregados gruesos (granito, cuarcita y basalto). Las muestras se analizaron en términos de resistencia a la tracción por compresión, flexión y división, penetración de cloruro. Los resultados demuestran que las muestras elaboradas con agregados gruesos más ásperos (granito y cuarcita) y humo de sílice tuvieron un rendimiento mejorado en comparación con las obtenidas con agregados más suaves.

La investigación realizada por Góra, J. y Szafraniec, M. (2020), tiene como objetivo analizar la influencia del tamaño máximo del agregado grueso en las propiedades de resistencia y módulo de elasticidad del hormigón, se prepararon tres muestras de hormigón con los siguientes materiales cemento Portland CEM I 42.5R, arena de cuarzo y agregado grueso con tamaño máximo de grano de 8 mm, 16 mm y 31,5 mm. Los valores de la resistencia a la tracción por compresión y rotura, la fragilidad y el módulo de elasticidad de los hormigones se analizaron con una relación agua/cemento de 0,45. El análisis mostró que las propiedades de resistencia son proporcionales no solo al tamaño máximo del agregado, sino también a la resistencia al aplastamiento del agregado. No se encontraron relaciones análogas con respecto al módulo de elasticidad de los hormigones ensayados.

En la investigación científica realizada por Ahmed, M. y Benharzallah, K. (2017), estudia el efecto de la carbonatación y el tipo de cemento (cemento calizo (CEM II) y cemento Portland ordinario (CEM I)) sobre la ductilidad y la resistencia a la compresión del hormigón. Se desarrollaron dos diseños de hormigón a las que se realizaron muestras cúbicas de tamaño 10 cm, 10 cm y 10 cm y muestras de vigas de

tamaño 10 cm, 10 cm y 40 cm y se sometieron a la prueba de carbonatación acelerada durante varios períodos para este propósito, las muestras cúbicas se utilizaron para medir las profundidades de carbonatación y la resistencia a la compresión y las muestras de vigas se realizaron para medir las profundidades de carbonatación y la ductilidad de desplazamiento. Los resultados obtenidos muestran que la resistencia a la compresión, aumenta con la duración de la exposición a la carbonatación para los dos hormigones y es más importante para el hormigón con cemento Portland ordinario, la tasa de aumento es de aproximadamente 12%. Por tanto, la carbonatación disminuye la vida útil de las estructuras de hormigón armado principalmente su capacidad de ductilidad y consecuentemente su resistencia a acciones sísmicas.

Este estudio, Akije, I. (2017), investigó las propiedades del concreto fresco y endurecido que contiene cemento Powermax, que es una nueva marca de cemento portland producido localmente en Nigeria de grado 42.5 N. Los materiales utilizados fueron arena gruesa de río con un módulo de finura de 3.0 y agregado grueso con tamaño máximo de 19 mm y 25 mm que fueron sometidos individualmente a pruebas de aplastamiento, impacto y abrasión, La relación agua-cemento utilizada fue de 0.4 y la relación de la mezcla fue 1: 1.5: 3 (cemento: arena: granito). Cada muestra de hormigón fresco producido se sometió a pruebas de asentamiento y factor de compactación. Se llevaron a cabo ensayos de resistencia a la rotura por compresión, flexión y tracción en probetas de hormigón endurecido a los 28 días de curación, se puede concluir que el concreto que contiene agregado de 25 mm tiene una resistencia a la compresión de 37.3 N/ m<sup>2</sup> mientras que el agregado de 19 mm tiene 44.4 N/mm<sup>2</sup>, según la investigación realizada aquí, el uso de agregado con tamaño máximo de 19 mm es la mejor opción.

Musa, I., Shamsulddin, Z. y Askar, A. (2017), en su investigación nos dice que:

Los áridos forman del 60% al 75% del volumen de hormigón, y por lo tanto influyen en sus propiedades mecánicas, la resistencia del hormigón normal se ve afectada por el tamaño máximo del agregado grueso bien graduado de dos maneras opuestas las

mezclas de hormigón que contienen partículas de agregado más grandes necesitan menos agua de mezcla que las que contienen agregados más pequeños, por otro lado, los agregados de menor tamaño dan una mayor superficie para adherirse a la matriz de mortero. Se desarrollaron tres mezclas de concreto utilizables en diferentes regiones de Kurdistán - Irak que son 1: 1.5: 3, 1: 2: 4 y 1: 3: 6 (cemento: arena: grava). Los materiales utilizados fueron cemento Portland ordinario, cinco tamaños máximos de agregado (9.5 mm, 12.5 mm, 19 mm, 25 mm y 37.5 mm), la consistencia de todas las mezclas se fija para asentamientos de 25-50 mm. De acuerdo con los resultados de las pruebas, se concluye que en general la resistencia a la compresión del hormigón aumenta cuando el tamaño máximo del agregado disminuye y el tamaño máximo del agregado influye fuertemente en la resistencia del concreto. Los resultados de las pruebas también muestran que la resistencia óptima del hormigón se alcanza utilizando agregados de un tamaño máximo de 9,5 mm. Además, concluimos que, para una resistencia específica, se puede producir una mezcla económica disminuyendo la cantidad de cemento y usando un tamaño de agregado máximo apropiado.

La investigación realizada por UKALA, DC (2018), estudió el efecto de gradación de los agregados (distribución del tamaño de las partículas) en la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del hormigón mediante el módulo de fineza, los materiales utilizados fueron cemento Portland de grado 42.5, arena de río y como agregado grueso se utilizaron cuatro tamaños de granito de 12,7 mm, 25,4 mm y 38,1 mm y 50,8 mm, se eligió una relación agua/cemento de 0,7, los resultados mostraron que como el agregado grueso se distribuyó uniformemente en los cuatro tamaños de agregados, la resistencia fue máxima en comparación cuando los agregados se concentraron hacia el tamaño de 50,8 mm., se observó que la trabajabilidad era más rígida a medida que se introducían agregados más gruesos en la mezcla. Cuando el tamaño de granito de 50,8 mm representó el contenido total de agregado grueso (60%) de la mezcla de hormigón, la mezcla registró un asentamiento de 40 mm, la trabajabilidad disminuyó ligeramente a asentamientos de 30 mm, 20 mm y 10 mm cuando el contenido de agregado grueso se produjo combinando tamaños de granito de la mezcla registró una caída de 40 mm.

El presente estudio realizado por Afolayan, J., Oriola, F., Sani, J. y Amao, J. (2019), nos dice que:

Debido a la creciente utilización de áridos naturales para la producción de hormigón ha creado un impacto negativo en el medio ambiente, por ello investiga las piedras lateríticas como material alternativo que tenga el potencial de reemplazar el uso de agregado grueso de rocas normales en la mezcla de concreto, ya sea total o parcialmente. Se estudiaron las propiedades del concreto que contiene agregado laterítico como reemplazo parcial de agregado grueso en 10, 20, 30, 40 y 50%, el cemento utilizado fue cemento Portland grado 42.5R, las probetas se curaron y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente. El resultado del asentamiento disminuye a medida que aumenta el porcentaje de agregado laterítico en la mezcla, esto puede deberse a la porosidad del agregado laterítico debido a la absorción del agua en la mezcla, el resultado del análisis de varianza de dos vías muestra que tanto el agregado laterítico como la edad de curado (días) tienen efectos significativos de la resistencia a la compresión del concreto.

Este artículo realizado por Cali, G. y Noguchi, T. (2020), presenta una revisión crítica de los principales avances de la investigación y la aplicación de los hormigones Shirasu en Japón recientemente. Este agregado se consideró como un tipo de agregado no estándar para las industrias modernas del concreto porque generalmente tiene una baja densidad y una alta tasa de contenido de agua, y también contiene una gran cantidad de polvo fino en su superficie. Sin embargo, teniendo en cuenta que Shirasu tiene un alto nivel de actividad puzolánica y puede estar disponible de forma amplia y sencilla en Japón, se han realizado muchos estudios en Japón en las últimas dos décadas. Las principales preocupaciones en el documento se centran en las propiedades frescas básicas de la materia prima de Shirasu, el diseño de la mezcla y las propiedades del material básico de estos concretos, El hormigón Shirasu considerado como material de construcción podría presentar propiedades de material aceptadas en comparación con el hormigón tradicional, incluidas las propiedades básicas frescas y mecánicas y de durabilidad. Se sugirió aplicar estructuras de hormigón con precaución y se recomendó a las estructuras en varios entornos



especiales. Usando este agregado, también se podrían producir varios tipos de concreto de alto desempeño.

En este estudio, Karpuz, O., Akpınar, M. y Mutlu, M. (2016), se investigó los efectos de la resistencia a la abrasión del agregado fino y su módulo de finura sobre la resistencia al desgaste de los pavimentos de hormigón de cemento Portland, las muestras de hormigón incluyeron agregado fino de piedra caliza triturada, mezcla fina de piedra caliza triturada y basalto y agregado fino de basalto triturado. Los resultados del estudio mostraron que sería necesaria una tasa de abrasión del 30% o menos de los agregados finos para carreteras de concreto de larga duración. Además, se descubrió que el módulo de finura del agregado fino de 3.15 aumentará significativamente la resistencia al desgaste de la superficie de la carretera de concreto, Se determinó que el aumento del valor de modulo fino de 2.2 a 3.15 reduce la cantidad de desgaste del concreto en un 15.5%, los hallazgos del estudio también mostraron que el uso de agregados de basalto en lugar de los agregados de piedra caliza ampliamente utilizados, aumentará significativamente la resistencia al desgaste del concreto del pavimento.

Malika, P., Ratnam, M. y Ranga, U. (2017), en su artículo presenta dos aditivos de éter policarboxílico y HRJohanson, a los cuales se realizaron diferentes ensayos como capacidad de flujo y ensayo de compresión. La mezcla se realizó en capas para garantizar una mezcla uniforme durante la mezcla solo se incluyó la cantidad de agua deseada, una acentuación extraordinaria fue la disminución de la cantidad de agua tanto como se pudo para controlar la proporción de unión de agua, en consecuencia, se mejoró la calidad. La extensión de la mezcla se incluyó sin problemas ya que no se retiene el aislamiento ni el desprendimiento de cemento de diferentes materiales.

En la investigación realizada por Daniel, M., Ghaezadah A. y Tyler M. (2017), nos dice que:

La elección de una gradación de agregados es fundamental en el diseño de mezclas de concreto. Este trabajo Investiga los límites de gradación superior e inferior para agregados gruesos, gradaciones que no tienen material en tamices simples y

adyacentes, gradaciones de agregado idealizadas de publicaciones anteriores y conocimientos sobre tamices responsables de la cohesión y la capacidad de acabado de mezclas de concreto para aplicaciones de moldeado por deslizamiento. De los resultados se puede observar que se puede usar una amplia gama de gradaciones de agregados exitosas para producir mezclas de concreto con un desempeño satisfactorio; sin embargo, determinadas características de gradación pueden provocar un rendimiento deficiente.

En este estudio realizado por Toklu, K. y Yazicioglu, S. (2020), se investigó el efecto de las condiciones de curado y el tamaño del agregado sobre las propiedades de ingeniería del concreto, se utilizaron agregados en el rango de 0-8 mm y 0-16 mm en la producción de hormigón y luego se prepararon muestras cúbicas de 100x100x100 mm. En el estudio, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, abrasión, porosidad y carbonatación en muestras de concreto de 28 días sometidas a curado con agua y aire. Según los resultados obtenidos, se determina que las muestras de hormigón bajo el efecto de curado con agua dan mejores resultados. Además, se obtuvieron mejores resultados en las propiedades de resistencia a la compresión, abrasión, porosidad y carbonatación del hormigón mediante el aumento del tamaño del agregado.

En el presente artículo realizado por Arora, A., Almurjaddidi, A., Kianmofrad, F., Mobasher, B. y Neithalath, N. (2018), se investigó los aglutinantes y agregados para producir mezclas de concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) sostenibles y económicas, los ligantes que contienen materiales de reemplazo de cemento comúnmente disponibles con un nivel de reemplazo de cemento entre 30% y 50% se seleccionan utilizando criterios de empaquetamiento microestructural y basados en reología, estos aglutinantes se utilizan junto con tamaños / cantidades de agregados seleccionados en función de la densidad máxima de empaque prevista por un modelo de empaque comprimible para producir mezclas de UHPC con una resistencia a la compresión mayor a 150 MPa, se eligieron tres tamaños de agregado grueso (tamaño máximo nominal de 6,25 mm, 4,75 mm y 2,36 mm) y dos agregados fino para el proceso de optimización, que se implementa en un programa informático que analizó 885 combinaciones de los tres gruesos y dos finos, y llegó a la combinación con el

empaques más densos (de 0,696), esta combinación consistió en un 60% de agregados gruesos que comprenden el 40% de 6.25 mm de tamaño y 10% de cada uno de los agregados de 4.75 mm y 2.36 mm, el empaque optimizado también se comparó con las densidades de empaque de las pilas de agregados de uso común, se obtuvieron resistencias a la compresión a los 28 días superiores a 150 MPa y a la flexión superiores a 10 MPa.

Ubi, S., Nkra, P., Agbor, R., Ewa, D. y Nuchal, M. (2020), en su investigación compara el uso eficaz de basalto y granito como agregados gruesos en el concreto. Se realizaron ensayos físicos y estructurales en los diferentes materiales y las muestras de hormigón respectivamente, los resultados de las pruebas físicas revelaron que el basalto tiene un peso específico de 2.8 y 2.5, mientras que el granito tiene un peso específico de 2.9 y 2.6, la densidad del basalto es de 1554,55 kg/m<sup>3</sup> mientras que el granito tiene una densidad de 1463,64 kg/m<sup>3</sup>. Las pruebas realizadas a las muestras de hormigón fueron de resistencia a la compresión, prueba de resistencia a la flexión y tracción y los resultados comparativos son los siguientes; resistencia a la compresión para basalto 36,39 N/mm<sup>2</sup> mientras que 37,16 N/mm<sup>2</sup> para granito, la resistencia a la tracción de 24,81 N/mm<sup>2</sup> para basalto mientras que 12,57 N/mm<sup>2</sup> para granito, resistencia a la flexión de 31,83 N/mm<sup>2</sup> para basalto y 27,97 N/mm<sup>2</sup> para granito. De los resultados anteriores, se puede concluir que el basalto tiene propiedades de resistencia más altas que el granito, por lo tanto, es más adecuado para agregados gruesos para lograr una mayor resistencia.

### **2.3. Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio**

#### **2.3.1. Concreto**

Arcos, J (2014), nos menciona que, el concreto es la mezcla de cemento, agua y agregados finos y gruesos, también se puede adicionar a su composición aditivos, adiciones y fibra. En cuanto a su consistencia inicialmente muestra una consistencia plástica y moldeable, y con el tiempo se va endureciendo hasta formar una piedra artificial rígida con propiedades aislantes y resistentes lo cual lo hace un material ideal para la construcción.

#### **2.3.2. Cemento**

Rivva, E. (2014), nos menciona que:

El cemento es el componente más importante y activo del concreto, es un material finamente molido de color gris verdoso, el cual al mezclarse con agua tiene la propiedad de fraguar o endurecer, recordando que las propiedades del concreto dependen tanto de la calidad como de la cantidad de sus componentes, la selección y empleo adecuado son fundamentales para obtener las propiedades deseadas para la mezcla.

El cemento Portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de Sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso de total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deben ser pulverizados juntos con el Clinker.

Tabla 12  
*Composición de los cementos Portland*

Composición de los Cementos Portland				
Tipo	C <sub>3</sub> S %	C <sub>2</sub> S %	C <sub>3</sub> A %	C <sub>4</sub> AF %
I	42 – 65	10 – 30	0 -17	6 – 18
II	35 - 60	15 – 35	0 – 8	6 – 18
III	45 - 70	10 – 30	0 – 15	6 – 18
IV	20 – 30	55 – 55	3 – 6	6 – 18
V	40 – 60	15 – 40	0 – 5	10 – 18

Fuente: Rivva, E. (2014)

Tabla 13  
*Finura de los cementos Portland*

Finura de los Cementos Portland	
Tipo I	3000 – 4000
Tipo II	2800 – 3800

Tipo III	4500 – 6000
Tipo IV	2800 – 3200
Tipo V	2900 – 3500

---

Fuente: Rivva, E. (2014)

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de las siguientes normas:

- Los cementos Portland normal Tipo I, II o V respectivamente con las normas NTP 334.009; o con la Norma ASTM C150.
- Los cementos Portland puzolánicos Tipo IP y IPM deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.090; o con la Norma ASTM C595.

#### 2.3.3. Agua

El agua empleada en la mezcla debe cumplir los requisitos de la Norma NTP 339.088, ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el hormigón. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad, en la práctica esta parte ultima, no es muy aplicable en hormigones de alta resistencia. (Rivva, Materiales para el Concreto, 2014).

#### 2.3.4. Agregados

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta que ocupan del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica de concreto.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 define el agregado de la siguiente manera:

Conjunto de Partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se le llaman también áridos.

### 2.3.5. Agregado fino

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8" y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 o ASTM C33.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33, los cuales se indican en la Tabla 14

- El agregado fino deberá tener una granulometría preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100 de la serie Tyler.
- El agregado fino deberá tener más del 45% retenido en dos tamices consecutivos; y su módulo de finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. El módulo de finura se mantendrá dentro de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.

Tabla 14  
*Análisis granulométrico de agregados finos*

Tamiz	% que Pasa
3/8" (9.50 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 – 100
N°8 (2.36 mm)	80 – 100
N°16 (1.18mm)	50 – 85
N°30 (600 µm)	25 – 60
N°50 (600 µm)	10 – 30
N°100 (600 µm)	2 – 10

Fuente: NTP 400.037:2018 (2018)

De Rivva, E. (2014), en su libro *Materiales para el Concreto*, nos dice que:

El agregado fino influye en la resistencia del mortero por la finura del agregado, siendo mayor conforme el agregado es más fino. Ello posiblemente debido al alto contenido de pasta de dichos morteros más que a una relación

directa entre finura y resistencia. La resistencia se reduce conforme la cantidad de agregado fino se incrementa, debido a que la cantidad de pasta por unidad de volumen de mortero decrece. El efecto de la finura es indirecto dado que él determina la cantidad de agregado grueso requerido.

Se ha determinado que las arenas naturales, al requerir menos agua que las manufacturadas, permiten obtener más altas resistencias. Igualmente, que la resistencia en flexión del concreto es afectada en forma diferente a la resistencia en compresión debido a las propiedades del agregado fino.

#### 2.3.6. Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz N°4 (4.75mm) y que cumple con los límites establecidos en la Norma 400.037 o ASTM C33.

El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferiblemente angular o semiangular, limpios, duros, compactos, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas blandas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas.

La granulometría seleccionada deberá ser continua y permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más de 5% del agregado retenido en la malla 1 1/2" y no más de 6% del agregado que pasa la malla 1/4".

#### 2.3.7. Tamaño máximo

De acuerdo a la norma NTP 400.037 (2018), el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de un agregado grueso.

Según Rivva, E. (2014), puede decirse que para incrementos en el tamaño de las partículas hasta 3/4" el efecto de la reducción de agua predomina y la resistencia del concreto incrementa. Por encima de 3/4" se compensa la ventaja de la reducción de agua por los tamaños mayores del agregado los cuales causan reducción de la resistencia.

### 2.3.8. Tamaño máximo nominal

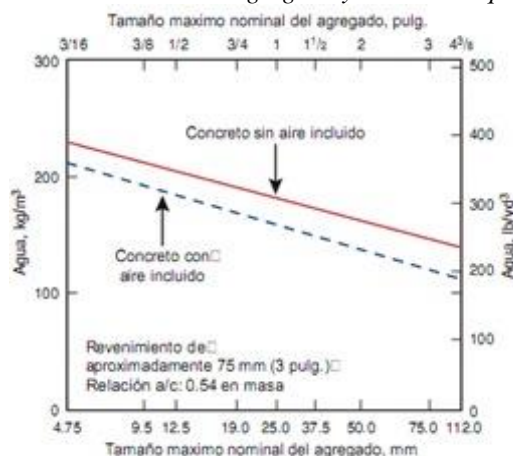
De acuerdo a la norma NTP 400.037 (2018), se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Según la norma E.060, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de preesfuerzo.

Para poder obtener una mezcla con una alta proporción de concreto que requiera una baja relación de agua- cemento y a la vez tenga una elevada resistencia a la compresión el tamaño máximo del agregado debe ser el menor posible. Este incremento de la resistencia al disminuir el tamaño máximo tiene su origen en que, al aumentar la superficie física de las partículas, los esfuerzos de adherencia disminuyen por lo tanto la resistencia a la compresión aumenta. Castañeda, S. et al. (2017).

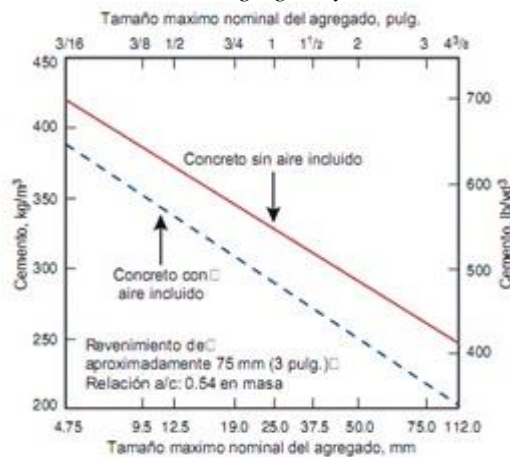
Figura 2  
Tamaño máximo del agregado y cantidad requerida de agua



Fuente: Concrete Manual, U.S. Bureau of Reclamation (1981)



Figura 3  
 Tamaño máximo del agregado y cantidad de cemento



Fuente: Concrete Manual, U.S. Bureau of Reclamation (1981)

### 2.3.9. Módulo de fineza

Corresponde a la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas N° 3", N°1½", N°3/4, N°3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividido entre 100. Se determinan tanto para agregado grueso como para agregado fino, ya que sirve para caracterizar a cada uno sin depender de la mezcla de agregados en conjunto. Aquellos agregados que presenten un bajo módulo de fineza indican que tienen mayor presencia de partículas finas en su composición, así como un área superficial muy elevada.

### 2.3.10. Superficie específica

Es el área superficial del agregado en peso o volumen absoluto. El agregado fino tiene una superficie específica elevada, al ser más finas la partícula necesitará más pasta para recubrir el área superficial. El agregado grueso presenta una menor superficie.

### 2.3.11. Aditivos superplastificantes

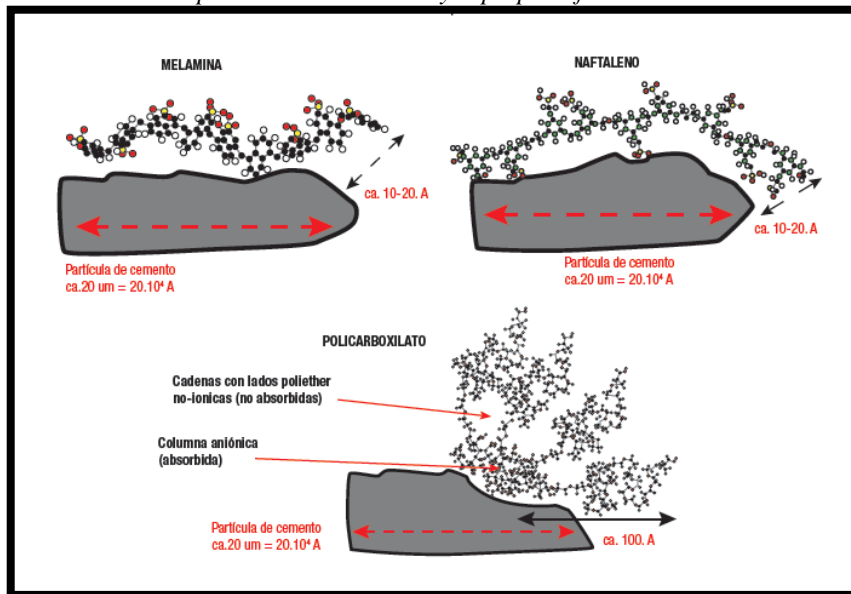
Rivva, E.(2014), define a un aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades.

Sika Peru S.A. (2013), nos dice que las moléculas orgánicas e inorgánicas de los superplastificantes basan su funcionamiento de dispersión en los siguientes mecanismos:

- Repulsión electrostática inducida entre las partículas.

- Lubricación de la película existente entre las partículas de cemento.
- Dispersión de las partículas de cemento, liberando el agua atrapada entre los flóculos de cemento.
- Inhibición de la hidratación del cemento en superficie, dejando más agua para plastificar la mezcla.
- Cambio en la morfología de los productos de hidratación.
- Inducción de impedancia estérica previniendo el contacto entre partículas.

Figura 4  
Interacción entre partículas de cemento y superplastificantes



Fuente: Sika Perú S.A. (2013)

### 2.3.12. Aditivo a base de policarboxilato

En su artículo Sika Perú S.A. (2013), nos dice que:

Los policarboxilatos son la más reciente generación de nuevos superplastificantes, su estructura molecular sin duda es mucho más compleja que la de sus predecesores, tienen cadenas de polímeros acrílicos cuya molécula tiene una compleja forma tridimensional, lo cual sumado a su composición química resulta en una acción dispersante de triple efecto: eléctrica, por adsorción y por repulsión estérica. Su eficiencia es muy superior si se considera que su dosificación se divide entre 2 a 3 veces la de los superplastificantes tradicionales. Los mecanismos de dispersión de los policarboxilatos dependen menos de las fuerzas eléctricas, que la generación

anterior. Las reducciones máximas de agua antes de llegar a su punto de saturación en algunos casos llegan al 40% del agua de amasado y el sostenimiento de la manejabilidad resulta muy superior que naftalenos o melaminas.

Los aditivos a base de policarboxilatos proveen al hormigón de un excelente comportamiento en estado fresco combinado con sobresalientes resultados en estado endurecido:

- a) Alta reducción de agua
- b) Elevada trabajabilidad extendida
- c) Mejor comportamiento reológico del hormigón fresco
- d) Posibilidad de combinar efectos
- e) Elevadas resistencias tempranas
- f) Elevadas resistencias finales
- g) Muy baja permeabilidad
- h) Bajísimas relaciones agua/cemento
- i) Alta razón performance/costo

### 2.3.13. Diseño de mezcla del concreto

Rivva, E. (2014) nos define el diseño de mezclas como:

El proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas, y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra.

La mezcla de concreto deberá cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla estará libre de segregación y tener una exudación mínima.
- La mezcla endurecida debe tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.

- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.
- La granulometría y perfil del agregado influyen en las proporciones necesarias para obtener una mezcla de concreto fresco trabajable y que, al mismo tiempo, permita alcanzar en el concreto endurecido las propiedades deseadas con razonable economía.
- La cantidad de agua necesaria para obtener el asentamiento o trabajabilidad deseados depende del tamaño máximo del agregado grueso, perfil de las partículas y textura tanto del agregado fino como del grueso, así como del rango del tamaño de las partículas del agregado

#### 2.3.14. Relación agua/cemento

Es el factor que más influye en la resistencia del concreto y constituye la razón entre el peso del agua y el peso del cemento utilizados en la mezcla. Si la relación a/c disminuye, la porosidad decrece consiguiéndose un concreto denso, de buena calidad y alta resistencia. Esta relación no debe ser menor que 0.25 pues ésta es la cantidad mínima de agua necesaria para la completa hidratación del cemento. Mientras mayor es la relación a/c, menor es la resistencia del concreto.

Tabla 15  
*Relación agua/cemento por resistencia a la compresión*

Resistencia a la compresión a los 28 días		Relación agua/cemento de diseño	
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (Mpa)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	14.71	0.8	0.71
200	19.61	0.7	0.61
250	24.52	0.62	0.53
300	29.42	0.55	0.46
350	34.32	0.48	0.4
400	39.23	0.43	-
450	44.13	0.38	-

Fuente: Comité 211, ACI

#### 2.3.15. Trabajabilidad del concreto

De acuerdo con Rivva, E (2014),

El concepto de trabajabilidad no responde a una definición precisa dado que engloba varias propiedades interdependientes como la consistencia, la cohesión (adherencia interna), la tendencia a la homogeneidad, la plasticidad y la tixotropía.

En cuanto a la cohesión (que evita la segregación), la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficios a esta. Existen otros factores para evitar que las mezclas segreguen durante su manejo y colocación. Entre tales factores puede mencionarse la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, los aditivos incorporadores de aire y el diseño de mezcla de concreto.

Una buena trabajabilidad facilita el transporte, colocación en los encofrados y la compactación.

La resistencia del concreto y su durabilidad, dependen directamente de una buena preparación, de un desencofrado perfecto y de una compactación adecuada, operaciones que pueden efectuarse de un modo correcto solo si la trabajabilidad es adecuada.

#### 2.3.16. Consistencia del concreto

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de la fluidez de la misma, entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con el que el concreto fluirá durante su colocación. Rivva, E. (2014).

Tabla 16  
*Consistencia y Asentamiento*

Consistencia	Asentamiento (plg)	Asentamiento (mm)
Seca	0" a 2"	0mm a 50mm
Plástica	3" a 4"	75mm a 100mm
Fluida	≥ 5"	≥ 125mm

Fuente: Comité 211 ACI

#### 2.3.17. Resistencia del concreto

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. La resistencia a la

compresión se determina a partir de ensayos de laboratorios, probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están, reguladas por Normas (ASTM). Mori,H. (2019)

Según Rivva, E. (2014) nos dice que:

La granulometría del agregado influye sobre el agua necesaria en la mezcla. Características granulométricas inadecuadas requieren de más agua y obligan a aumentar el factor cemento para no perder resistencia.

Modificaciones en la granulometría en relación con la empleada en la selección de las proporciones de la mezcla al cambiar la superficie específica, hacen variar la demanda de agua para mantener la consistencia y tienden a modificar la resistencia del concreto.

La granulometría, perfil y cantidad total de agregado fino influyen sobre la resistencia por su efecto sobre los requerimientos de agua. Ello obliga a ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar cambios en el agregado fino.

Igualmente, siendo la resistencia función de la relación vacíos/cemento, y esta de la granulometría del agregado, es evidente que la resistencia del concreto está afectada por la granulometría.

#### 2.3.18. Durabilidad del concreto

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por lo tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales está sometido.

#### 2.4. Definición de términos básicos

- a) Aditivo a base de policarboxilato: Los policarboxilatos son cadenas de polímeros acrílicos cuya molécula tiene una compleja forma tridimensional, lo cual sumado

a su composición química resulta en una acción dispersante de triple efecto: eléctrica, por adsorción y por repulsión estérica.

- b) Agregados: Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta Norma Técnica. Se les llama también áridos. (NTP 339.047, 2019)
- c) Agregado fino: Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2019)
- d) Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75mm (N°4) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. (NTP 339.047, 2019)
- e) Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La norma NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. (NTP 339.047, 2019)
- f) Tamaño máximo: Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (NTP 339.047 , 2019)
- g) Tamaño máximo nominal: Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (NTP 339.047 , 2019)
- h) Concreto: Es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua y agregado fino y grueso. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos, adiciones y fibra. En casos muy especiales se le puede incorporar intencionalmente aire para incrementar su durabilidad en bajas temperaturas.
- i) Trabajabilidad del concreto: Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

- j) Consistencia del concreto: Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose, con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante la colocación. (Rivva, Diseño de Mezclas, 2014)
- k) Durabilidad del concreto: el concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que se puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido. (Rivva, E., Concreto de Alta Resistencia, 2014)
- l) Resistencia a la Compresión del concreto: La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), mega pascales (Mpa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o PSI) a una edad de 28 días.
- m) Diseño de mezcla del concreto: Definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas, y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra.



## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis general y específicas**

#### 3.1.1. Hipótesis general

Al analizar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato se mejoran las propiedades del concreto.

#### 3.1.2. Hipótesis Específicas

- a) Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso aumenta el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- b) Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso aumenta la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato.
- c) Al incrementar la relación agregado fino/agregado grueso aumenta el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
- d) Al incorporar porcentajes de policarboxilato aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- e) Al reducir la relación agua/cemento aumenta la durabilidad del concreto con adición de policarboxilato.

### **3.2. Variables**

- Variable independiente: Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilatos
- Variable dependiente: Propiedades del concreto

### **3.3. Sistema de variables**

#### 3.3.1. Definición conceptual de la variable

- Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilatos: Las características físicas y mecánicas de los agregados son el conjunto de características que se determinan por medio de una serie de ensayos o pruebas, las cuales sirven como valores de referencia establecidos para emplearlas en el diseño de mezcla, por otro lado, los

aditivos superplastificantes o reductores de alto rango a base de policarboxilato son cadenas de polímeros acrílicos cuya molécula tiene una compleja forma tridimensional, lo cual sumado a su composición química resulta en una acción dispersante de triple efecto: eléctrica, por adsorción y por repulsión estérica. Los policarboxilatos se basan en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico, que una vez disueltos en agua, dispersan las partículas de cemento y mejoran la cohesión y reología del sistema cementante.

- Propiedades del concreto: Las resistencias mecánicas del concreto se pueden definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero frente a una carga. Estas resistencias pueden ser resistencia a la compresión, tracción y flexión. Generalmente se expresan en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días.

### 3.3.2. Definición operacional de la variable

- Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilatos: Estas características describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él. El aditivo superplastificantes de cuarta generación crea una capa de adsorción de gran volumen alrededor de las partículas de cemento, debido a sus largas cadenas laterales las cuales impiden la floculación y facilitan la alta fluidez de la pasta de cemento y de mortero.
- Propiedades del concreto: Las resistencias se miden con una prensa hidráulica, la cual aplica una carga sobre la superficie del testigo de concreto en condiciones previamente definidas, hasta su rotura, determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla.

### 3.3.3. Operacionalización de la variable

Tabla 17

Matriz de Operacionalización de variable

Variables	Tipo de variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato	V. I.	Las características físicas y mecánicas de los agregados se determinan por medio de una serie de ensayos, los cuales sirven como valores de referencia para el diseño de mezcla. Los aditivos superplastificantes o reductores de alto rango a base de policarboxilato son cadenas de polímeros acrílicos cuya molécula tiene una compleja forma tridimensional, que una vez disueltos en agua, dispersan las partículas de cemento y mejoran la cohesión y reología del sistema cementante.	Estas características describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él. El aditivo superplastificantes crea una capa de adsorción de gran volumen alrededor de las partículas de cemento, debido a sus largas cadenas laterales las cuales impiden la floculación y facilitan la alta fluidez de la pasta de cemento y de mortero.	TMN del agregado grueso	Ensayo de análisis granulométrico	Pulgadas (")	Cuantitativa Continua	Formato de Ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso	NTP 400.012 NTP 400.037
				Relación Agregado Fino/ Agregado grueso		Adim	Cuantitativa Continua	Formato de Ensayo de análisis granulométrico de agregado fino y grueso	NTP 400.012 NTP 400.037
				Porcentaje de policarboxilatos	%	Cuantitativa Continua	Formato de diseño de mezclas		
				Relación Agua/cemento	Adim	Cuantitativa Continua	Formato de diseño de mezclas		
Propiedades del concreto	V. D.	Las resistencias mecánicas del concreto se pueden definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero frente a una carga aplicada. Generalmente se expresan en (Kg/cm <sup>2</sup> ) a una edad de 28 días.	Las resistencias se miden con una prensa hidráulica, la cual aplica una carga sobre la superficie del testigo de concreto en condiciones ya definidas, hasta su rotura, determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla.	Asentamiento	Cono de Abrams	Pulgadas (")	Cuantitativa Continua	Formato de cono de abrams	
				Resistencia a la compresión				Resistencia a la compresión	Mpa
				Durabilidad del concreto			Tablas de la NTP E.060		

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En el estudio efectuado por Chavarry, C. Chavarría, L., Valencia, A., Pereyra, E., Arieta, J. y Rengifo, C. (2020), reforzaron un hormigón mediante la incorporación de vidrio molido para controlar la contracción plástica, el método empleado fue el deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumento de recolección de datos retrolectivo, de tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. El diseño experimental, longitudinal, prospectivo y el estudio de cohorte (Causa-Efecto).

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.

### **4.1. Método de la investigación**

El método de la investigación es deductivo, porque las variables: Características de los agregados, policarboxilato y las propiedades mecánicas del concreto, surgieron de bases teóricas, y de referencias bibliográficas, para luego ser operacionalizadas y relacionadas.

La orientación es aplicada, porque tuvo como finalidad establecer las características de los agregados al aplicar policarboxilato, dando solución a un problema.

El enfoque es de tipo cuantitativo dado que los resultados fueron expresados en porcentajes, en cantidades y datos estadísticos.

La recolección de datos es de tipo retrolectivo porque los datos utilizados salen de referencias bibliográficas (artículos científicos), los formatos y diseños son los establecidos en las normas técnicas peruanas (NTP) y la Norma E.060.

### **4.2. Tipo de la investigación**

La investigación es de tipo descriptiva, correlacional y explicativa. Descriptiva debido a que se especificaron las propiedades y características de los agregados y del policarboxilato, es decir midió, evaluó y recolectó datos de las variables. Correlacional porque se buscó la relación de las características físico-mecánicas de los agregados y de los aditivos superplastificantes de policarboxilato con el fin de

aumentar las propiedades mecánicas del concreto. Explicativa porque se logró explicar el efecto que causa la adición de policarboxilato en el diseño de concreto.

#### **4.3. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación es descriptivo, porque permitió cuantificar las variables al determinar las características de los agregados, estableció la relación agua/cemento y la influencia del policarboxilato en el diseño de mezcla para aumentar o mejorar las propiedades mecánicas del concreto según la norma E.060.

#### **4.4. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental, debido a que se estudió diversas fuentes bibliográficas con resultados experimentales que fueron comparados y procesados, para obteniendo conclusiones con respecto a las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión.

Según el número de mediciones es longitudinal ya que según lo establecido en la Norma E.060, para realizar los ensayos de resistencia a la compresión se requiere ensayar las probetas en diferentes edades.

Según la cronología, la investigación es retrospectivo porque los datos fueron obtenidos de las diversas fuentes que han sido estudiados.

El diseño es de tipo cohorte porque estudió la causa y el efecto entre los indicadores, como el tamaño máximo nominal con respecto al asentamiento y a la resistencia a la compresión, el porcentaje de aditivo de policarboxilato con respecto a la resistencia a la compresión, entre otros indicadores.

#### **4.5. Población y muestra**

##### **4.5.1. Población**

La población de la investigación fueron las muestras de concreto con adición de policarboxilato tomadas en base a las normas donde los investigadores han realizado sus respectivos estudios.

#### 4.5.2. Muestra

De acuerdo a cada artículo investigado, se considera como muestras los agregados utilizados en cada probeta ensayada. Los ensayos considerados para la muestra fueron Granulometría, Asentamiento y resistencia a la compresión. Según la norma técnica peruana, NTP339.034, para la resistencia a la compresión con probetas cilíndricas de 4"x8", se consideraron 3 muestras por cada día de rotura, a los 7, 14 y 28 días. Para los ensayos de granulometría y asentamiento se realizaron de acuerdo a las normas NTP 400.012 y NTP 339.35 respectivamente.

### **4.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

#### 4.6.1. Técnica

La técnica de recolección de datos de las investigaciones estudiadas fueron los ensayos de laboratorio realizados a los materiales y a las mezclas de concreto en estado fresco y endurecido que cumplieron con la normatividad respectiva de cada país donde se realizó la investigación.

#### 4.6.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación son: prensa hidráulica, cono de abrams, tamices normalizados, formatos de ensayos de materiales intervinientes en el diseño de mezcla y el programa Microsoft Excel para procesar los datos recolectados.

### **4.7. Descripción de procedimientos de análisis**

En base a las experiencias de los otros investigadores al realizar sus pruebas y ensayos para la obtención de resultados de resistencias del concreto, se evaluaron los criterios que han sido tomados para desarrollar la investigación y se filtró la información realizando cuadros para ordenar los datos que nos permitan comparar y clasificar los resultados. Toda la data fue registrada y procesada en el software Microsoft Excel para una mejor presentación de resultados.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Resultados

a) Tamaño máximo nominal en el asentamiento

Tabla 18

Tamaño máximo nominal y asentamiento del concreto de los artículos seleccionados con adición de policarboxilato

Artículo	TM N (plg )	Nombre de Superplastificant e	% de Aditivo	Asentamiento (mm)	Consistencia
2 Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	1/2"	SP	0.2	70	PLASTICA
			0.35	170	FLUIDA
			0.5	210	FLUIDA
3 Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	3/4"	Patrón  Solid Polycarboxylate Powder	0.00	125	FLUIDA
			0.15	130	FLUIDA
			0.20	140	FLUIDA
			0.25	145	FLUIDA
7 Effect of side chain length change of polycarboxylate- ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	3/8"	PCE - 1000 PCE - 2400 PCE - 3000	1.90	>200	FLUIDA
			1.40	>200	FLUIDA
			2.26	>200	FLUIDA
27 Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	3/8"	SP	1.35	>200	FLUIDA

Nota: Para los artículos seleccionados no se tomó en cuenta los asentamientos menores a 50mm (Consistencia seca). Elaboración propia

Tabla 19

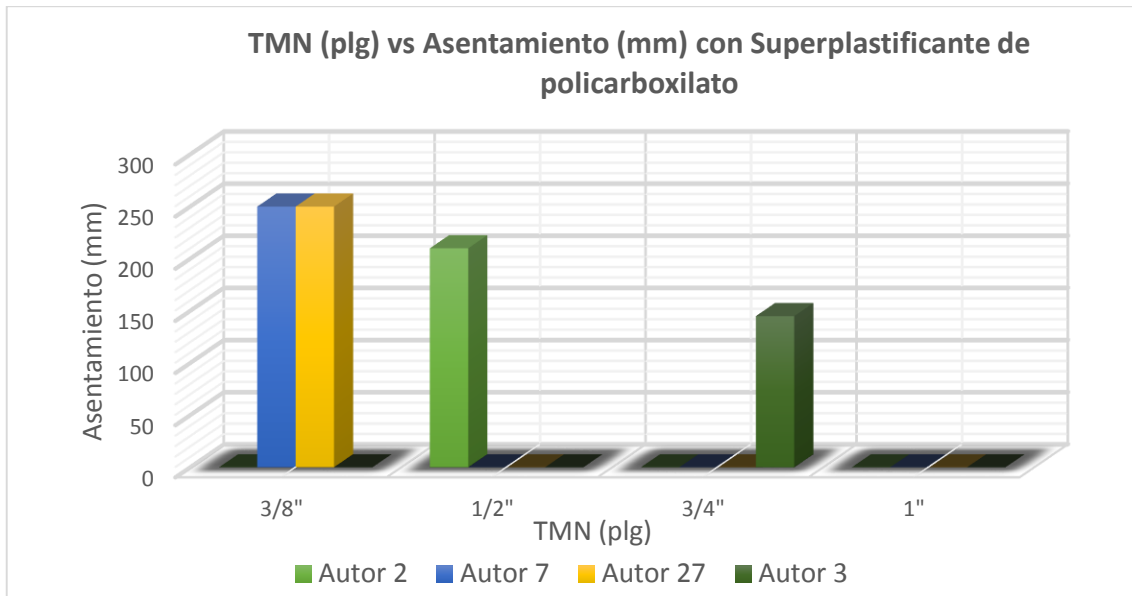
*Tamaño máximo nominal y asentamiento del concreto de los artículos seleccionados sin adición de policarboxilato*

	<b>Artículo</b>	<b>TMN (plg)</b>	<b>Nombre de Superplastificante</b>	<b>% de Aditivo</b>	<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>Consistencia</b>
12	Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement	3/8"	-	-	60	PLASTICA
15	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	3/4"	-	-	110	FLUIDA
					90	PLASTICA
17	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	3/4"	-	-	102	FLUIDA
18	Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder	3/4"	-	-	180	FLUIDA
26	Mechanical and stress-strain behavior of basalt fiber reinforced rubberized recycled coarse aggregate concrete	3/4"	-	-	75	PLASTICA

Nota: Para los artículos seleccionados no se tomó en cuenta los asentamientos menores a 50mm (Consistencia seca). Elaboración propia

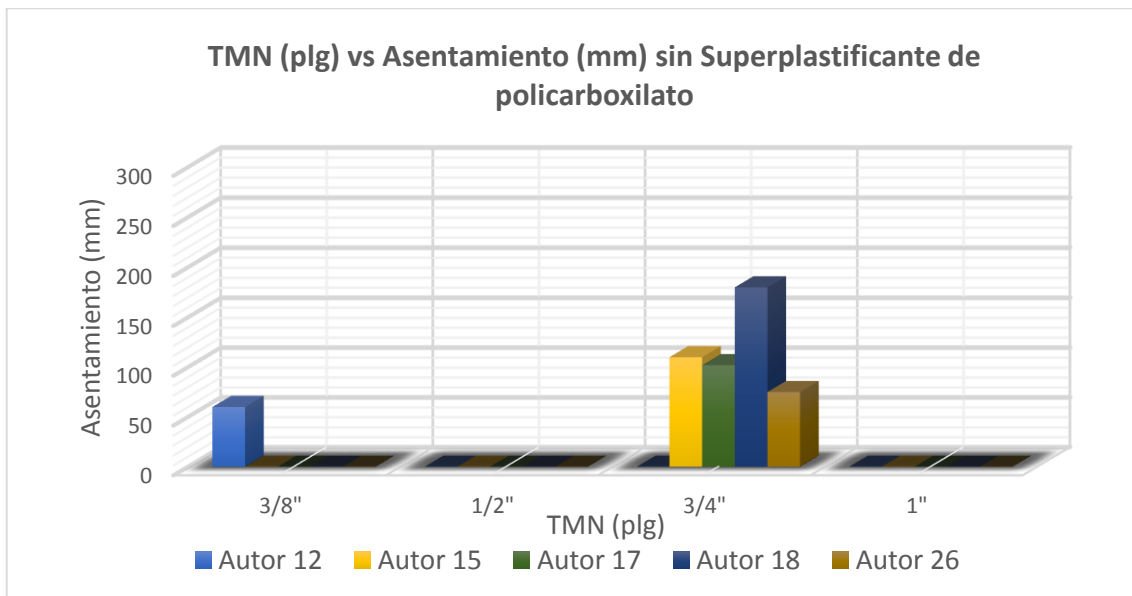


Figura 5  
 Tamaño máximo nominal vs. Asentamiento utilizando Superplastificante de policarboxilato



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 18. Elaboración Propia

Figura 6  
 Tamaño máximo nominal vs Asentamiento sin superplastificante de policarboxilato



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 18. Elaboración Propia

b) Tamaño máximo nominal en la resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 20

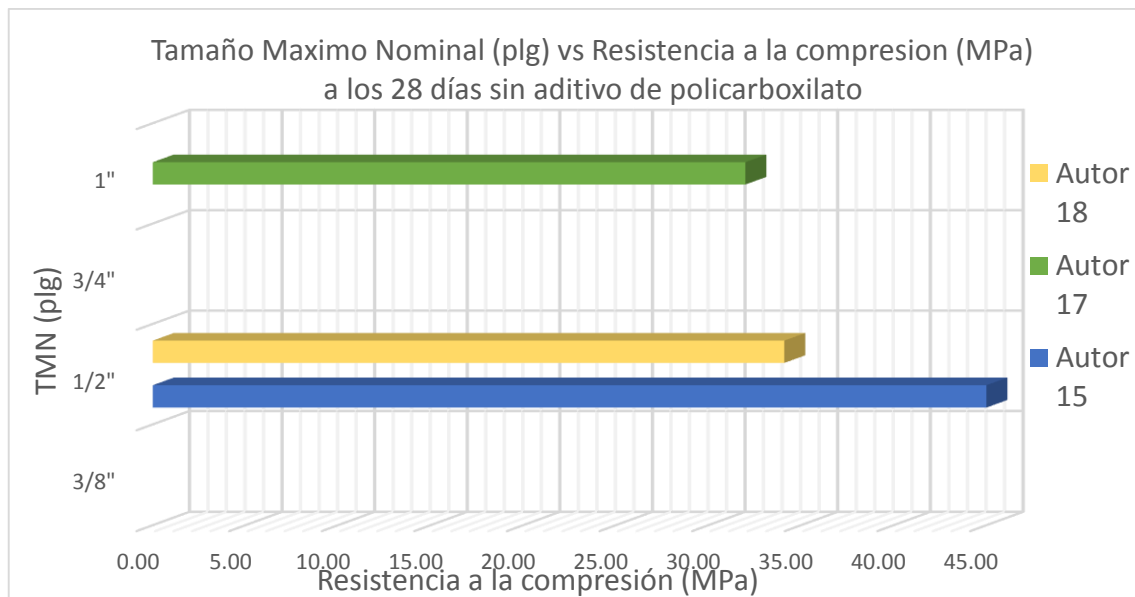
Tamaño máximo nominal y resistencia a la compresión del concreto de los artículos seleccionados sin aditivo de policarboxilato

Artículo	TMN (plg)	Resistencia a la compresión (Mpa)		
		7	14	28
15 Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	1/2"	-	27	45
		-	26	37
		-	24	34
		-	23	31
		-	17	25
17 Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	1"	27	30	32
18 Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder	1/2"	24.8		34.1

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7

Tamaño máximo nominal vs Resistencia a la compresión sin aditivo de policarboxilato



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 20. Elaboración Propia

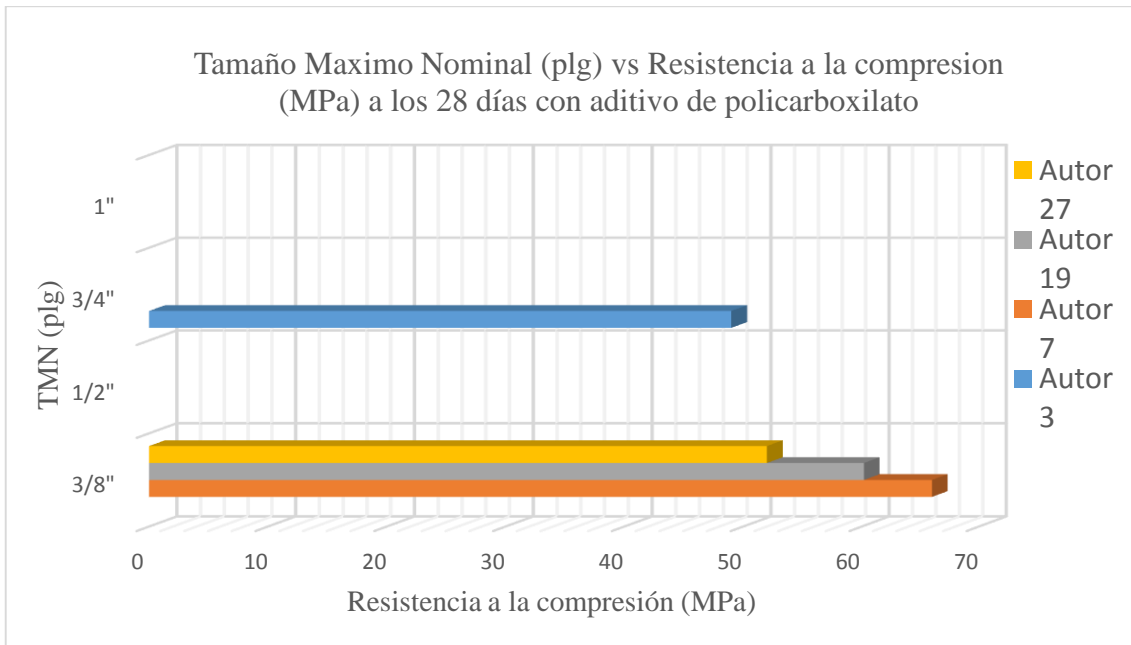
Tabla 21

Tamaño máximo nominal y resistencia a la compresión del concreto en los artículos seleccionados con aditivos de policarboxilatos

Articulo	TMN (plg)	Nombre de Superplastificante	% de Aditivo	Resistencia a la compresión (Mpa)			
				7	14	28	
3	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	3/4"	Patrón	0.00	26.00	-	34.00
			Solid Polycarboxylate Powder	0.15	37.00	-	44.00
				0.20	39.00	-	46.00
				0.25	45.00	-	48.00
7	Effect of side chain length change of polycarboxylate- ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	3/8"	PCE - 1000	1.90	57.00	-	66.00
			PCE - 2400	1.40	56.00	-	65.00
			PCE - 3000	2.26	55.00	-	62.00
19	Investigation of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of the Dosage of Additive in Self-consolidating Concrete	3/8"	-	1.3	48.87	54.22	60.19
				1.5	48.25	49.65	54.15
				1.7	48.23	53.98	57.47
27	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	3/8"	SP	1,35	38,67		52

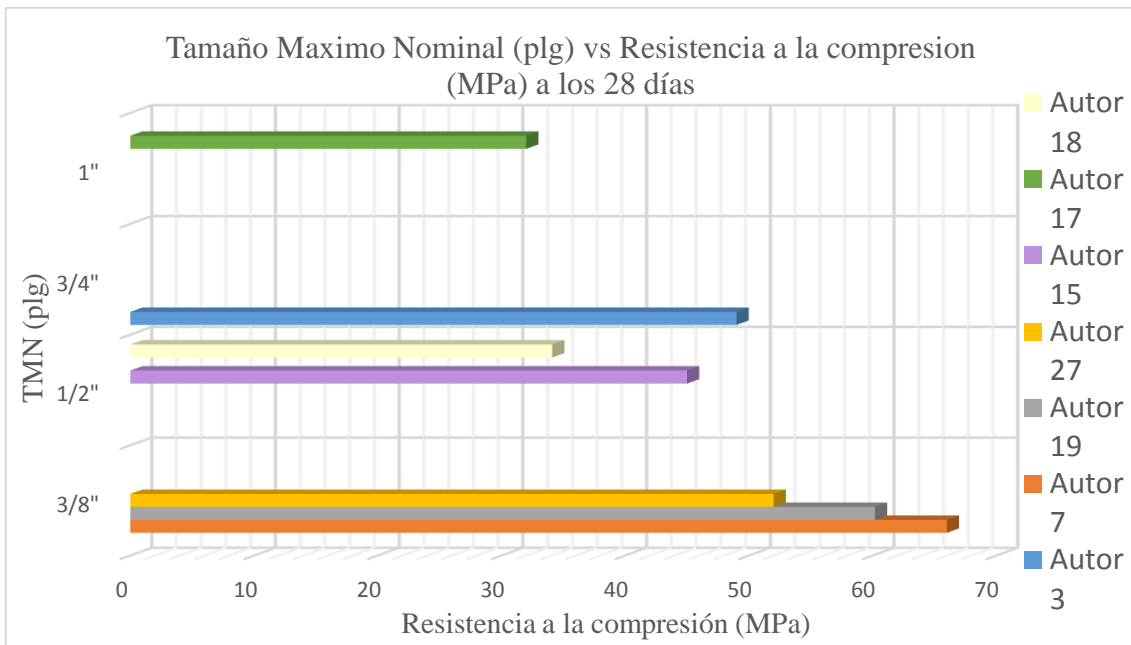
Fuente: Elaboración Propia

Figura 8  
 Tamaño Máximo Nominal vs Resistencia a la compresión a los 28 días con aditivo de policarboxilato



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 21. Elaboración Propia

Figura 9  
 Resumen tamaño máximo nominal vs Resistencia a la compresión a los 28 días



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 20 y Tabla 21. Elaboración Propia

c) Relación agregado fino/agregado grueso con adición de policarboxilato en el asentamiento del concreto

Tabla 22

*Relación agregado fino/agregado grueso y asentamiento en el concreto en los artículos seleccionados con adición de policarboxilato*

Artículo	TMN (plg)	Fino (kg)	Grueso (kg)	Rel. Agregado fino/ agregado grueso	Nombre de Superplastificante	% de Aditivo	Asentamiento (mm)
3	3/4"	952.80	912.54	1.04	Patrón	0.00	125
		962.10	921.10	1.04	Solid	0.15	130
		969.00	927.60	1.04	Polycarboxylate	0.20	140
		976.00	934.00	1.04	Powder	0.25	145
27	3/8"	845.26	796.54	1.06	SP	1.35	>200

Fuente: Elaboración Propia

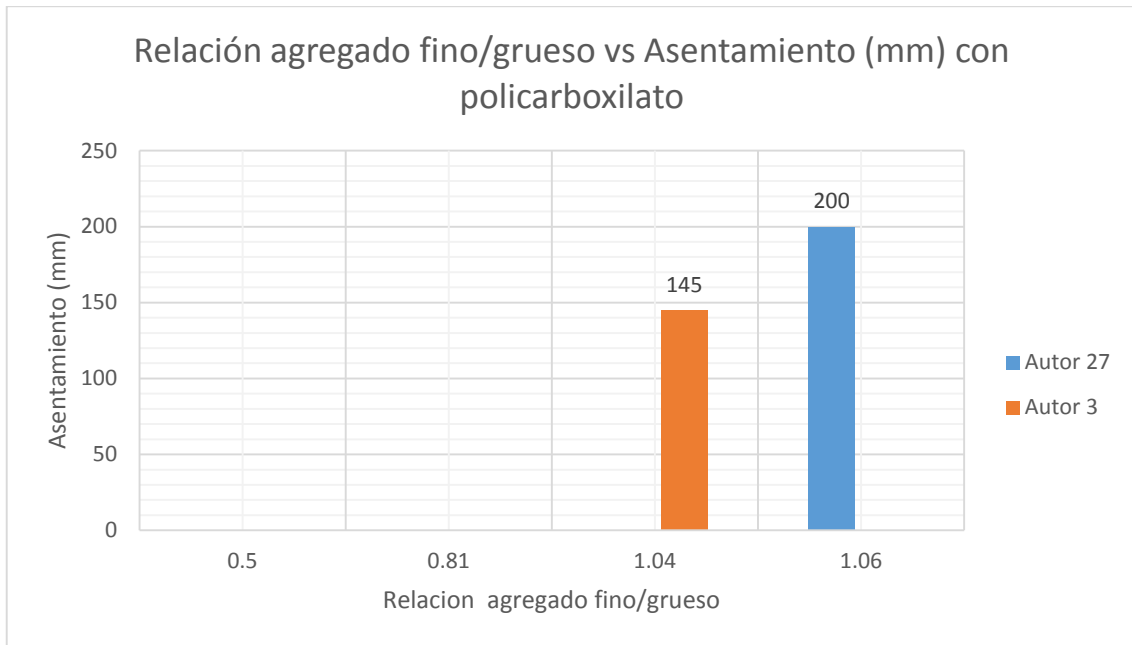
Tabla 23

*Relación agregado fino/agregado grueso y asentamiento en el concreto en los artículos seleccionados sin adición de policarboxilato*

Artículo	TMN (plg)	Fino (kg)	Grueso (kg)	Rel. Agregado fino/ agregado grueso	Nombre de Superplastificante	% de Aditivo	Asentamiento (mm)
15	3/4"	525	1050	0.50			110
		716	954	0.75			90
		606	1213	0.50	-	-	40
		658	1316	0.50			45
		718	1436	0.50			34
17	1"	751.58	932.42	0.81	-	-	102

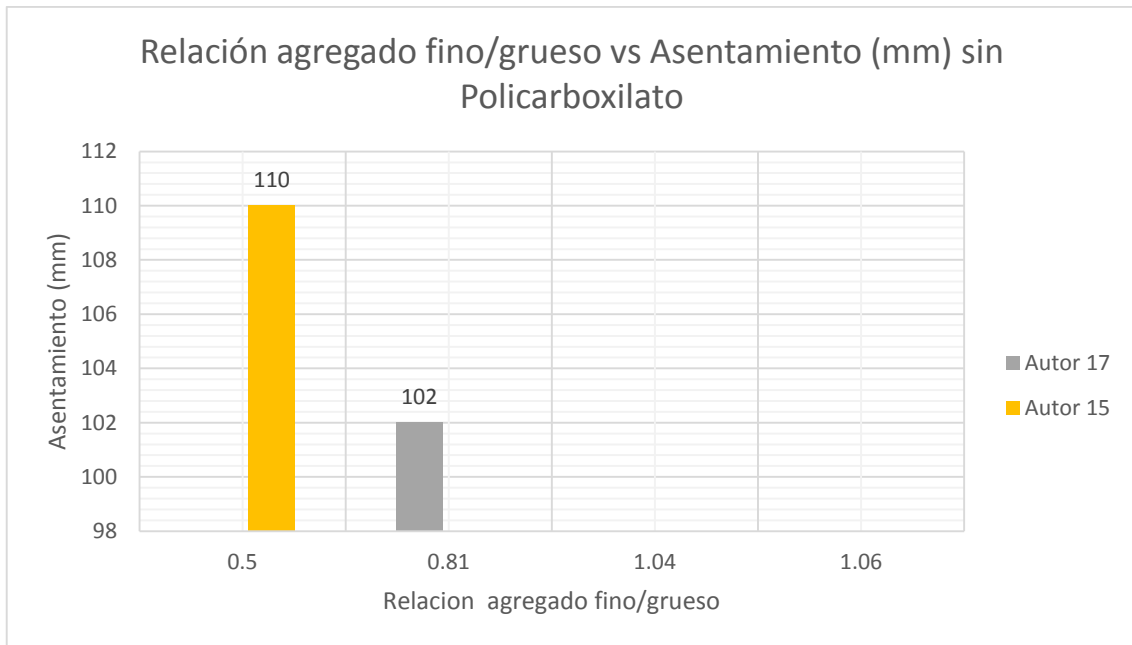
Fuente: Elaboración Propia

Figura 10  
*Relación agregado fino/grueso vs Asentamiento con Policarboxilato*



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 22. Elaboración Propia

Figura 11  
*Relación agregado fino/grueso vs Asentamiento sin Policarboxilato*



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 23. Elaboración Propia

d) Porcentaje del aditivo a base de policarboxilato en la resistencia a la compresión a los 28 días

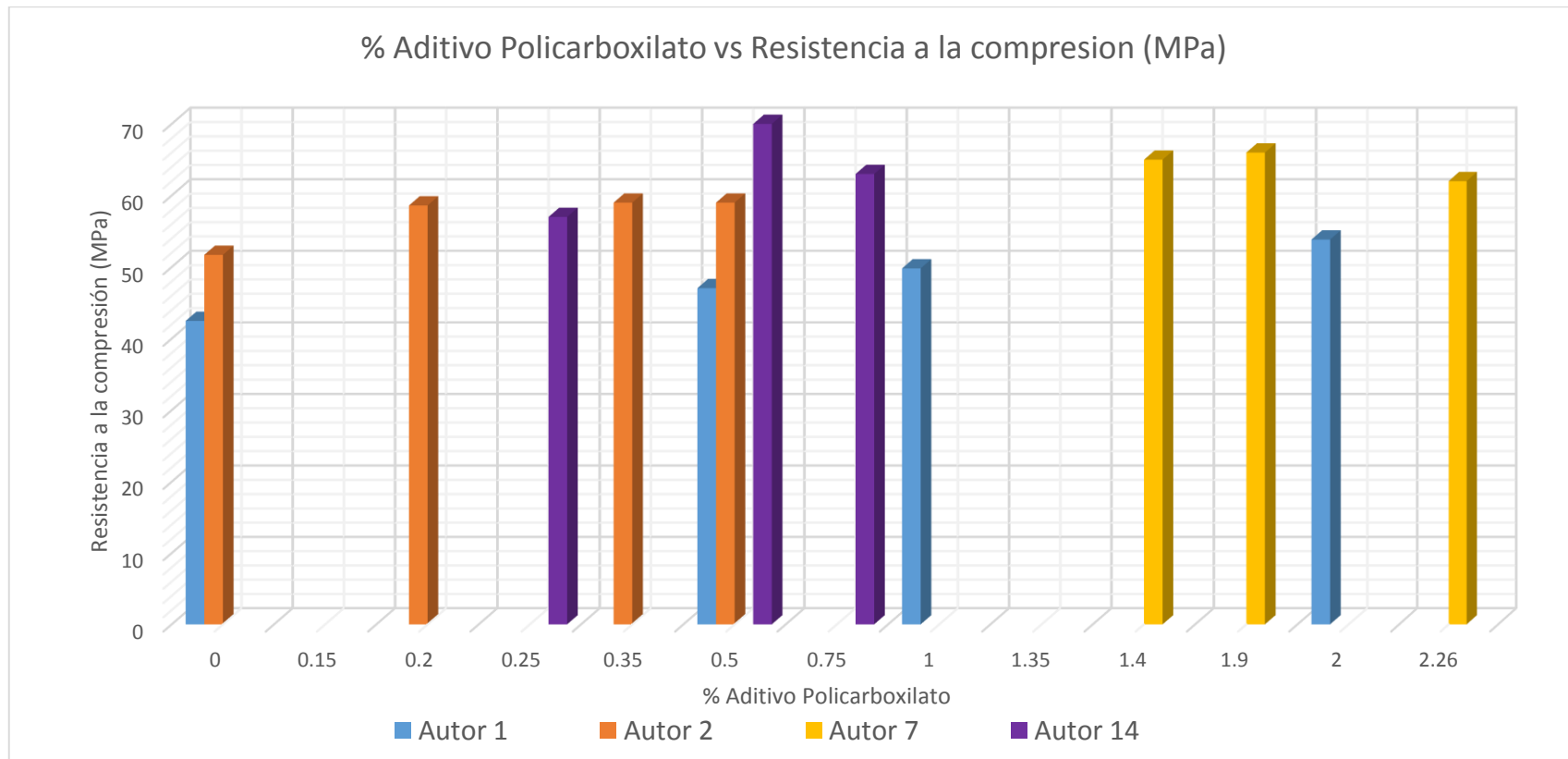
Tabla 24

Porcentaje del aditivo a base de policarboxilato y resistencia a la compresión a los 28 días en los artículos seleccionados

Artículo	Rel a/c	Nombre de Superplastificante	Dosis de aditivo (%)	Resistencia a la compresión (Mpa)		
				7	14	28
1 Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete	0.40	Patrón	0.00	30.00	38.00	42.47
			0.50	35.00	43.00	47.05
			1.00	37.00	47.87	49.81
			2.00	40.00	50.81	53.84
2 Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	0.46	Patrón	0.00	-	-	51.7
			0.20	-	-	58.6
			0.35	-	-	59
			0.50	-	-	59
3 Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	0.60	Patrón	0.00	26.00	-	34.00
	0.54	Solid	0.15	37.00	-	44.00
	0.54	Polycarboxylate	0.20	39.00	-	46.00
	0.51	Powder	0.25	45.00	-	48.00
7 Effect of side chain length change of polycarboxylate- ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	0.35	PCE - 1000	1.90	57.00	-	66.00
		PCE - 2400	1.40	56.00	-	65.00
		PCE - 3000	2.26	55.00	-	62.00

Fuente: Elaboración Propia

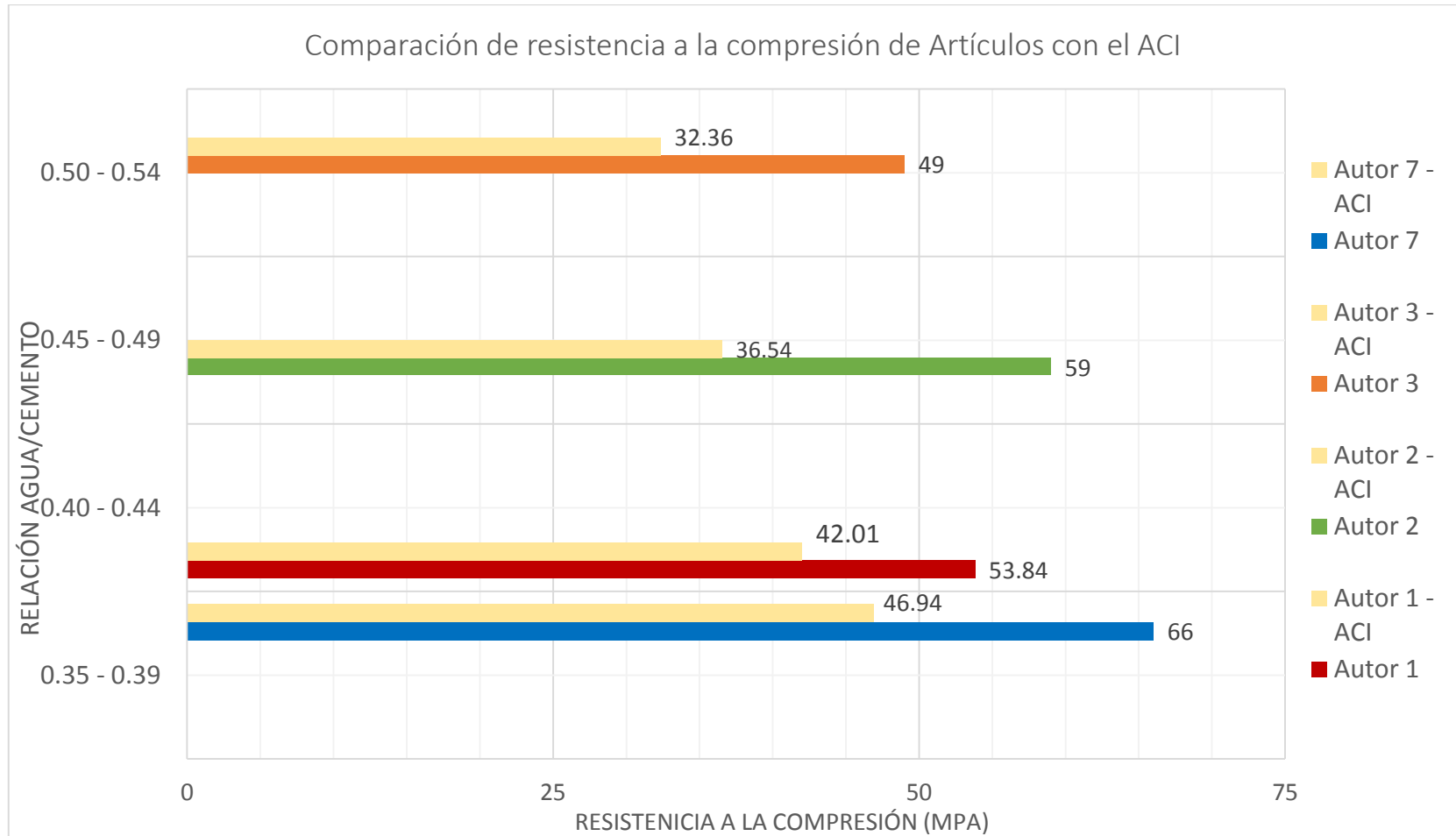
Figura 12  
 Porcentaje de aditivo Policarboxilato vs Resistencia a la compresión



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 24. Elaboración Propia



Figura 13  
 Comparación de resistencia a la compresión de Artículos seleccionados con el ACI



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 24. Elaboración Propia

e) Relación agua/cemento en la durabilidad del concreto

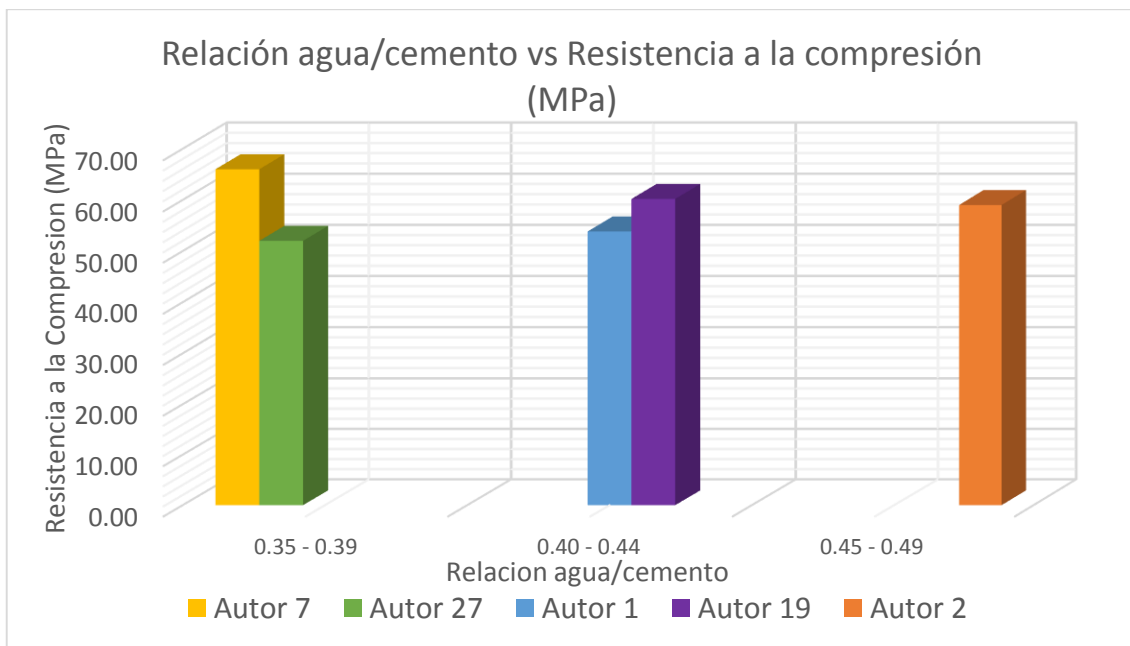
Tabla 25

Relación agua/cemento y durabilidad del concreto en los artículos seleccionados con porcentajes aditivo de policarboxilato

Autor	Artículo	Relación agua/cemento	Nombre de Superplastificante	Dosis de aditivo (%)	Resistencia a la compresión (Mpa)		
					7	14	28
1	Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete	0.40	Patrón	0.00	30.00	38.00	42.47
				0.50	35.00	43.00	47.05
				1.00	37.00	47.87	49.81
				2.00	40.00	50.81	53.84
2	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	0.46	Patrón	0.00	-	-	51.7
				0.20	-	-	58.6
				0.35	-	-	59
				0.50	-	-	59
7	Effect of side chain length change of polycarboxylate- ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	0.35	PCE - 1000	1.90	57.00	-	66.00
			PCE - 2400	1.40	56.00	-	65.00
			PCE - 3000	2.26	55.00	-	62.00
19	Investigation of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of the Dosage of Additive in Self-consolidating Concrete	0.42	-	1.3	48.87	54.22	60.19
			-	1.5	48.25	49.65	54.15
			-	1.7	48.23	53.98	57.47
27	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	0.37	SP	1.35	38.67	-	52

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14  
*Relación agua/cemento vs Resistencia a la compresión*



Nota: Datos obtenidos de la Tabla 25. Elaboración Propia

## 5.2. Análisis de resultados

### a) Contrastación hipótesis 1:

a. Hipótesis 1: Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso aumenta el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato

### b. Descripción de resultados:

En la Figura 4 podemos observar la influencia del tamaño máximo nominal en el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.

Nowak, A, (2015), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 1/2" con la adición de 0.5% de superplastificante y obtuvo un asentamiento de 210 mm.

Lajan, A et al (2019), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/4" con la adición de 0.25% de superplastificante y obtuvo un asentamiento de 145 mm, que fue el menor asentamiento.

Gökhan, M. et al (2019), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/8" con la adición de 1.90% de superplastificante y obtuvo un asentamiento mayor a 200 mm.

Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/8" con la adición de 1.35% de superplastificante y obtuvo un asentamiento mayor a 200 mm.

De los artículos analizados podemos observar que conforme se va reduciendo el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene un mayor asentamiento, de los cuales el asentamiento más bajo fue 145 mm con un tamaño máximo nominal de 3/4" de Lajan, A et al (2019), y los máximos asentamientos fueron mayores a 200 mm las investigaciones de Gökhan, M. et al (2019), y Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), con un tamaño máximo nominal de 3/8", por lo tanto, se valida la hipótesis.

b) Contrastación hipótesis 2:

a. Hipótesis 2: Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso aumenta la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato.

b. Descripción de resultados:

En la Figura 7 podemos observar la influencia del tamaño máximo nominal en la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato. Lajan, A et al (2019), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/4" con la adición de 0.25% de superplastificante y obtuvo una resistencia a la compresión de 48 Mpa, que fue la resistencia más baja.

Gökhan, M. et al (2019), utilizó en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/8" con la adición de 1.90% de superplastificante y obtuvo una resistencia a la compresión de 66 Mpa, que fue la resistencia más alta.

Esat K. y Bugra, A. (2015), utilizaron en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/8" con la adición de 1.30% de superplastificante y obtuvo una resistencia a la compresión de 60 Mpa.

Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), utilizaron en su concreto agregado natural de tamaño máximo nominal de 3/8" con la adición de 1.35% de superplastificante y obtuvo una resistencia a la compresión de 52 Mpa.

De los artículos analizados de la Figura 8 podemos observar que conforme se va reduciendo el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene una mayor resistencia a la compresión, de los cuales la resistencia más baja la obtuvo la

investigación de Lajan, A et al (2019), que utilizó un agregado de tamaño máximo nominal de 3/4" con una adición de 0.25% de superplastificante y obtuvo una resistencia de 48 Mpa y la mayor resistencia a la compresión fue de 66 Mpa con un tamaño máximo nominal de 3/8" y la adición de 1.90% de superplastificante de la investigación de Gökhan, M. et al (2019), por lo tanto se acepta la hipótesis.

c) Contrastación hipótesis 3:

a. Hipótesis 3: Al incrementar la relación agregado fino/agregado grueso aumenta el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.

b. Descripción de resultados:

En la Figura 9 podemos observar la influencia de la relación agregado fino/grueso con adición de policarboxilato en la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

Lajan, A et al (2019), utilizó en su concreto agregado grueso y fino natural con una relación agregado fino/grueso de 1.04 con la adición de 0.25% de superplastificante, obtuvo un asentamiento de 145 mm.

Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), utilizaron en su concreto agregado grueso y fino natural con una relación agregado fino/grueso de 1.06 con la adición de 1.35% de superplastificante, obtuvo un asentamiento mayor a 200 mm.

De los artículos analizados de la Figura 9 podemos observar que conforme va aumentando la relación agregado fino/agregado grueso en la mezcla con adición de policarboxilato se mejora la trabajabilidad del concreto. Lajan, A et al (2019), obtuvo el menor asentamiento de 145 mm utilizando una relación agregado fino/grueso de 1.04 con la adición de 0.20% de superplastificante, en comparación con Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), que obtuvieron un asentamiento mayor a 200 mm con una relación agregado fino/grueso de 1.06 con la adición de 1.35% de superplastificante, validando la hipótesis.

d) Contrastación hipótesis 4:

a. Hipótesis 4: Al incorporar porcentajes de policarboxilato aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

b. Descripción de resultados:

En la Figura 11 podemos observar la influencia de la adición de policarboxilato en la resistencia a la compresión de 6 autores, que usaron

diferentes marcas de superplastificantes a base de policarboxilato según el país de origen de cada investigación.

Jonbi J., Resti N, y Basori,M (2018), con la adición de 2% de superplastificante obtuvo la mayor resistencia a la compresión en su estudio, que fue 53.84 Mpa

Nowak, A, (2015), con la adición de 0.5% de superplastificante obtuvo la mayor resistencia a la compresión en su estudio que fue de 59 Mpa

Lajan, A et al (2019), con la adición de 0.25% de superplastificante obtuvo la mayor resistencia a la compresión en su estudio que fue de 48 Mpa

Gökhan, M. et al (2019), con la adición de 1.90% de superplastificante obtuvo la mayor resistencia a la compresión en su estudio que fue de 66 Mpa, pero al adicionar 2.26% se obtiene una resistencia de 62 Mpa reduciendo la resistencia en 6.1%.

De los artículos analizados en la Figura 11 se puede observar que entre las muestras de los diferentes autores a medida que va aumentando el porcentaje de aditivo, la resistencia a la compresión va aumentando, como se ve en los artículos realizados por Jonbi J., Resti N, y Basori,M (2018), Nowak, A, (2015) y Lajan, A et al (2019), estas resistencias van aumentando hasta llegar a un máximo, luego la resistencia empieza a bajar como se puede ver en la investigación de Gökhan, M. et al (2019), validando la hipótesis.

Gökhan, M. et al (2019), obtuvo La mayor resistencia a la compresión fue de 66 Mpa al utilizar 1.90% de un aditivo de policarboxilato sintetizado que tiene como peso molecular de cadena lateral 1000 g/mol.

e) Contrastación hipótesis 5:

a. Hipótesis 5: Al reducir la relación agua/cemento aumenta la durabilidad del concreto con adición de policarboxilato.

b. Descripción de resultados:

Al reducir la relación agua cemento se mejora la durabilidad del concreto. En la Figura 13 podemos observar el efecto de los diferentes superplastificantes a base de policarboxilato en la relación agua/cemento.

Jonbi J., Resti N. y Basori,M (2018) utilizaron un aditivo superplastificante a base de policarboxilato con una proporción de 2.00% logrando obtener una relación agua/cemento de 0.40.

Nowak, A, (2015), utilizó un aditivo superplastificante a base de policarboxilato con una proporción de 0.50% logrando obtener una relación agua/cemento de 0.46.

Gökhan, M. et al (2019), utilizó un aditivo superplastificante a base de policarboxilato con una proporción de 1.90% logrando obtener una relación agua/cemento de 0.35.

Esat K. y Bugra, A. (2015), utilizaron un aditivo superplastificante a base de policarboxilato con una proporción de 1.30% logrando obtener una relación agua/cemento de 0.42.

Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), utilizaron un aditivo superplastificante a base de policarboxilato con una proporción de 1.35% logrando obtener una relación agua/cemento de 0.37.

De los artículos analizados en la Figura 13 podemos observar que Nowak, A, (2015), obtuvo la mayor relación agua/cemento que fue 0.46 con la adición de 0.5% de superplastificante a base de policarboxilato y Gökhan, M. et al (2019), obtuvo la menor relación agua/cemento que fue de 0.35 con la adición de 1.90% de un aditivo de policarboxilato sintetizado de peso de cadena lateral de 1000 g/mol, siendo este el concreto más durable debido a que las relaciones agua/cemento bajas prolongan la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, incrementar la relación gel-espacio, y reducir la permeabilidad y absorción, disminuyendo la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos, (Rivva, Diseño de Mezclas, 2014), según lo expuesto se valida la hipótesis.

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

### **6.1. Discusión**

- a) Según los resultados de asentamiento obtenidos de los artículos, analizamos la investigación de Gökhan, M. et al (2019), de la Figura 4 la cual investiga un concreto con adición de policarboxilato, y la investigación de Ekwulo E. y Eme, D. (2017), de la Figura 5 que investiga un concreto sin adición de policarboxilato, se logra comparar la influencia del aditivo superplastificante en el concreto en estado fresco, ambos autores contemplan en su diseño un tamaño máximo nominal de agregado de 3/8", sin embargo, se tuvo un asentamiento de 60 mm para la mezcla sin superplastificante y un asentamiento mayor a 200 mm en la mezcla con adición de superplastificante esta variación se obtiene, debido a que el superplastificante provoca una dispersión entre los granos de cemento, liberando el agua contenida en los flóculos, mejorando el asentamiento de la mezcla.
- b) Analizando la Figura 8, podemos observar de qué manera influye el tamaño máximo nominal del agregado en la resistencia a la compresión, obteniendo que el tamaño máximo nominal que alcanza las mejores resistencias es de 3/8" y la resistencia más baja obtenida es de tamaño máximo nominal de 1", sin embargo se puede apreciar que Lajan, A et al (2019), que tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" supera en resistencia el resultado logrado por Adewuyi, A., Sulaiman, I. y Akinyele, J. (2018) y Esat K. y Bugra, A. (2015), que usan en su mezcla un tamaño máximo nominal de 1/2" esto es debido a que a medida que el tamaño del agregado aumenta los requisitos de agua se reducen disminuyendo la relación agua/cemento tendiendo a mejorar la resistencia, pero para agregados de mayor tamaño como el que utilizan Hanif, A., Lee, K., Park, C., Kim, Y., y Sim, J., (2016), que tiene un tamaño máximo nominal de 1", el efecto de la reducción de agua se compensa con la pérdida de adherencia por la disminución de área superficial. De esto obtenemos que las resistencias a la compresión más altas se logran con el menor tamaño máximo nominal, ya que se logra una mayor adherencia, y con la adición de policarboxilato se reduce la relación agua/cemento.



- c) Los artículos analizados de la Figura 9 que adicionan polycarboxilato fueron comparados con los artículos en la Figura 10, sin adición de polycarboxilato en su mezcla, podemos observar que conforme va aumentando la relación agregado fino/grueso en la mezcla con polycarboxilato se mejora el asentamiento del concreto, mientras que en el concreto que no adiciona polycarboxilato podemos observar que conforme va aumentando la relación agregado fino/grueso en la mezcla se reduce el asentamiento de concreto y se pierde trabajabilidad, esto es debido a las propiedades fluidificantes del polycarboxilato que permite mantener un mayor asentamiento aunque la cantidad de agregado fino sea superior a la cantidad del agregado grueso.
- d) Según los artículos analizados podemos observar que adicionando superplastificante a base de polycarboxilato se mejora la resistencia, comparándola con la Tabla 12, la cual no contempla la adición de aditivos superplastificante, tenemos que la resistencia a la compresión más baja fue del artículo de Lajan, A et al (2019) con 49 Mpa que utilizó una relación agua/cemento de 0.51 y una adición de superplastificante de 0.25% mejorando la resistencia en un 51%, Gökhan, M. et al (2019), logró la resistencia a la compresión más alta que fue 66 Mpa utilizando una relación agua/cemento de 0.35 con una adición de superplastificante de 1.90% mejorando la resistencia en un 40%, en todos los artículos se observa que la resistencia a la compresión aumentó al incorporar superplastificante a base de polycarboxilato.
- e) De los artículos analizados por durabilidad tenemos que a menor relación agua/cemento se tiene un concreto más durable debido a que se prolonga la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, incrementar la relación gel-espacio, y reducir la permeabilidad y absorción disminuyendo la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos (Rivva, Diseño de Mezclas, 2014), según lo expuesto en la tabla de la norma E.060 “máxima relaciones agua/cemento permisibles para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición” tiene como rango de relación agua/cemento máxima los valores de 0.40 a 0.50, los cuales son aceptados para las condiciones mencionadas en la tabla. Todos los artículos analizados con adición de polycarboxilato logran reducir su relación agua/cemento en menos de 0.5 obteniendo concretos más durables, la menor relación agua/cemento fue 0.35 de Gökhan, M. et al (2019), cuyo concreto cumple con todas las condiciones de exposición mencionadas en la tabla.

## 6.2. Conclusiones

1. De los artículos investigados se concluye que para obtener el mejor asentamiento y resistencia a la compresión se debe utilizar el menor tamaño máximo nominal y una adecuada proporción de aditivo, de los datos obtenidos el mejor tamaño máximo nominal es de 3/8", la mejor relación agua/cemento es de 0.35 al adicionar 1.90% de aditivo a base de polycarboxilato. Con estas características, se obtuvo un asentamiento mayor a 200mm, y 66Mpa de resistencia a la compresión, al aumentar la relación agregado fino/agregado grueso en la mezcla con adición de polycarboxilato aumenta el asentamiento, se tuvo un asentamiento de 145 mm utilizando una relación agregado fino/grueso de 1.04 con la adición de 0.25% de superplastificante, mientras que otro concreto con una relación agregado fino/grueso de 1.06 con la adición de 1.35% de superplastificante obtuvo un asentamiento mayor a 200 mm. Se observa que conforme se va incrementando la dosis de superplastificante a base de polycarboxilato en la mezcla de concreto la resistencia a la compresión aumenta hasta llegar a la proporción óptima de polycarboxilato dependiendo del tipo de cemento, la composición del aditivo, entre otros. El concreto más durable tiene una relación, que de 0.35 con el uso de un aditivo de polycarboxilato sintetizado.
2. De los artículos analizados podemos concluir que conforme se va reduciendo el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene un mayor asentamiento. De los artículos, el asentamiento más bajo fue 145 mm con un tamaño máximo nominal de 3/4" de Lajan, A et al (2019) y el mayor asentamiento fue de más de 200 mm con un tamaño máximo nominal de 3/8".
3. De los artículos analizados de la Figura 8 se concluye que conforme se va reduciendo el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene una mayor resistencia a la compresión, de los cuales la resistencia más baja la obtuvo Lajan, A et al (2019), que utilizó un agregado de tamaño máximo nominal de 3/4" con una adición de 0.20% de superplastificante y obtuvo una resistencia de 49 Mpa y la mayor resistencia a la compresión fue de 66 Mpa con un tamaño máximo nominal de 3/8" y la adición de 1.90% de superplastificante de Gökhan, M. et al (2019), debido a que al reducir el tamaño del agregado se realiza una mezcla de concreto más densa reduciendo el porcentaje de vacíos, aumentando la resistencia a la compresión.

4. De los artículos analizados de la Figura 9 podemos concluir que conforme va aumentando la relación agregado fino/agregado grueso en la mezcla con adición de policarboxilato aumenta el asentamiento del concreto. Lajan, A et al (2019), obtuvo el menor asentamiento de 145 mm utilizando una relación agregado fino/grueso de 1.04 con la adición de 0.25% de superplastificante, en comparación con Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019), que obtuvieron un asentamiento mayor a 200 mm con una relación agregado fino/grueso de 1.06 con la adición de 1.35% de superplastificante, a condiciones sin superplastificante se tiene que a mayor cantidad de agregado fino se aumenta la cohesividad y disminuye el asentamiento pero al adicionar policarboxilato se mejora
5. A manera que se va incrementando la dosis de superplastificante a base de policarboxilato en la mezcla de concreto la resistencia a la compresión aumenta hasta llegar a su máxima resistencia usando la proporción óptima, un exceso del uso de aditivo tiene efectos desfavorables como segregación y reducción de la resistencia. De acuerdo a LA Figura 11 se puede analizar que la resistencia a la compresión más alta es 66Mpa al utilizar 1.9% de un aditivo de policarboxilato sintetizado que tiene como peso molecular de cadena lateral 1000 g/mol utilizado por Gökhan, M. et al (2019), el porcentaje óptimo de adición de un aditivo a base de policarboxilato depende del cemento a utilizar, la composición del aditivo, entre otras.
6. De los artículos analizados podemos observar que Gökhan, M. et al (2019), obtuvo la menor relación agua/cemento que fue de 0.35 con el uso de un aditivo de policarboxilato sintetizado con peso de cadena lateral de 1000 g/mol, y según las bases teóricas el concreto es más durable cuando la relación agua/cemento es más baja, debido a que se prolongan la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, reducir la permeabilidad y absorción disminuyendo la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos. La durabilidad está relacionada a la resistencia a la compresión debido que para obtener un concreto más durable la relación agua/cemento disminuye logrando una mayor resistencia a la compresión.

### **6.3. Recomendaciones**

1. Se recomienda llevar a cabo estudios de las características de los agregados al emplear aditivos a base de policarboxilato y distintas adiciones como ceniza volante o concreto reciclado, para mejorar las propiedades de la mezcla de concreto en estado fresco.
2. Se recomienda realizar un estudio experimental incorporando diferentes tipos de aditivos a base de policarboxilatos que se encuentren en el mercado peruano manteniendo las proporciones y características de los agregados para determinar su influencia en la durabilidad del concreto.
3. En futuras investigaciones, se recomienda determinar las características de los agregados en mezclas de concreto con el uso de diferentes tipos de cementos con la incorporación de aditivos a base de policarboxilato.
4. Se recomienda realizar un estudio que compare las propiedades mecánicas del concreto al mantener constantes la relación agua/ cementante en mezclas de concreto con adición de policarboxilato, nanosílice y/o microsílice.
5. Se recomienda realizar futuros estudios en los que evalúen la influencia del aditivo a base de policarboxilato en ensayos de tracción y flexión del concreto.
6. Se recomienda a los futuros investigadores evaluar la influencia de los distintos tipos de aditivos a base de policarboxilato en las zonas altoandinas del Perú.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewuyi, A. P., Sulaiman, I. A. y Akinyele, J. O. (2018). *Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions*. Obtenido de <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.71005>
- Afolayan, J., Oriola, F., Sani, J. y Amao, J. (2019). *Effects of Partial Replacement of Normal Aggregates with Lateritic Stone in Concrete*. Obtenido de <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/187609>
- Ahmed, M. y Benharzallah, K. (2017). *Effect of the carbonatation and the type of cement (CEM I, CEM II) on the ductility and the compressive strength of concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.098>
- Aissoun, B. M., Soo-Duck, H. y Khayat, K. H. (2016). *Influence of aggregate characteristics on workability of superworkable concrete*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-015-0522-9>
- Akije, I. (2016). *Effects of Using 0.5, 0.55 and 0.6 Water Cement Ratio Separately With a Nigerian Grade 42.5R Portland Cement*. Obtenido de <http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ijsts.20160406.11.html>
- Akije, I. (2017). *Effects of Aggregates 19mm and 25mm Maximum Sizes on the Properties of Concrete*. Obtenido de <http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352477.pdf>
- Ali, M., Zharif, M. y Asmahani, S. S. (2015). *Effect of Polycarboxylate Ether (PCE) Addition to Physical and Mechanical Characteristics of High Performance Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1115.146>
- Alonso, L. 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*. Obtenido de [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/6698/39592\\_alonso\\_maria\\_del\\_mar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/6698/39592_alonso_maria_del_mar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alqarni, A., Albidah, A., Alaskar, A. y Abadel, A. (2020). *The effect of coarse aggregate characteristics on the shear behavior of reinforced concrete slender beams*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120189>
- Antoni, Halim, J. G., Chandra, K. O. y Hardjito, D. (2017). *Optimizing polycarboxylate based superplasticizer dosage with different cement type*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.442>
- Arcos, R. J. (2014). *Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento ip y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua*. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/2127/45.0129.IC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arora, A., Almurjaddidi, A., Kianmofrad, F., Mobasher, B. y Neithalath, N. (2018). *Material design of economical ultra-high performance concrete (UHPC) and evaluation of their properties*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103346>

- Bedón, L. J. (2017). *Diseño óptimo para obtener Concreto de Alta Resistencia para Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú*. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2910>
- Bojaca, R. R. y Quevedo, L. O. (2020). *Curva Relación Agua Cemento vs. Resistencia a la Compresión, para Agregados del Rio Guayuriba, Tamaños Nominales de 1", ¾" y ½"*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/17527>
- Bustamante, T. M. (2018). *Análisis de las Propiedades Mecánicas del Concreto Autocompactante, usando el Aditivo Superplastificante Glenium C 313*. Obtenido de <https://1library.co/document/yr3lnxpy-analisis-propiedades-mecanicas-concreto-autocompactante-aditivo-superplastificante-glenium.html>
- Cachay Rivera, S. J. y Mogrovejo, A. M. (2019). *Influencia del Aditivo Sika® Viscocrete® - 40 He con Relaciones A/C Menores a 0.50, en su Tiempo de Fraguado y Resistencia a la Compresión, para una Rápida Puesta en Servicio Trujillo 2019*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23399>
- Cali, G. y Noguchi, T. (2020). *Concrete with Shirasu aggregates for sustainability: a review on research progress and application in Japan*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09253-7>
- Campoverde, M. S. y Muñoz, M. D. (2015). *Estudio Experimental Del Uso De Diferentes Aditivos Como Plastificantes Reductores De Agua en la Elaboración De Hormigón y Su Influencia en la Propiedad De Resistencia A La Compresión*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21787>
- Castañeda Gamboa, R., Sigüenza Abanto, R., Montañez Reyes, J. y Ninaya Chavesta, L. K. (2017). *Obtención del concreto de alta resistencia a la compresión, por el método ACI, usando las canteras de la ciudad de Chimbote*. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/55/PI1710131-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, G. M. (2020). *Influencia del Material de Formaleta, Naturaleza del Agente Desmoldante, Tipo de Aditivo Superplastificante y Condiciones de Curado, sobre el Acabado Superficial de Concretos Autocompactables en Elementos Fabricados en Condiciones de Laboratorio*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/47345>
- Chavarry Vallejos, C. C. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Sciences*, 4(31), 31-41.
- Chen, A., Han, X., Chen, M., Wang, X., Wang, Z. y Guo, T. (2020). *Mechanical and stress-strain behavior of basalt fiber reinforced rubberized recycled coarse aggregate concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119888>
- Daniel Cook, M., Ghaezadah, A. y Tyler Ley, M. (2017). *Impacts of Coarse-Aggregate Gradation on the Workability of Slip-Formed Concrete*. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002126](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002126)
- De Brito, J., Kurda, R. y Raposeiro da Silva, J. (2018). *Can We Truly Predict the Compressive Strength of Concrete without Knowing the Properties of Aggregates?* Obtenido de <http://dx.doi.org/10.3390/app8071095>

- Ede, A. N., Olofinnade, O., Shittu, K., Ugwu, E. y Bamigboye, G. (2017). *Prediction of fresh and hardened properties of normal concrete via choice of aggregate sizes, concrete mix-ratios and cement*. Obtenido de [http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET\\_08\\_10\\_030/IJCIET\\_08\\_10\\_030.pdf](http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET_08_10_030/IJCIET_08_10_030.pdf)
- Ekwulo, E. O. y Eme, D. B. (2017). *Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement*. Obtenido de [http://www.ajer.org/papers/v6\(09\)/O0609112116.pdf](http://www.ajer.org/papers/v6(09)/O0609112116.pdf)
- Ekwulo, E. y Eme, D. (2017). *Effect of Aggregate Gradation on Compressive Strength and Elastic Modulus of Cement Treated Aggregate Base Material for Highway Pavement*. Obtenido de [http://iosrjen.org/Papers/vol7\\_issue10/Version-2/L0710027989.pdf](http://iosrjen.org/Papers/vol7_issue10/Version-2/L0710027989.pdf)
- Esat, A. K. y Bugra, A. A. (2015). *Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0327-y>
- Esen, Y. y Orphan, E. (2015). *Investigation of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of the Dosage of Additive in Self-consolidating Concrete*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/292677626\\_Investigation\\_of\\_the\\_effect\\_on\\_the\\_physical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_the\\_dosage\\_of\\_additive\\_in\\_self-consolidating\\_concrete](https://www.researchgate.net/publication/292677626_Investigation_of_the_effect_on_the_physical_and_mechanical_properties_of_the_dosage_of_additive_in_self-consolidating_concrete)
- Figmig, R. y Kovac, M. (2019). *The influence of aggregate gradation on the fresh and hardened concrete properties*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/566/1/012007/meta>
- Gökhan, A. M., Özen, S. y Mardani-Aghabaglou, A. (2019). *Effect of side chain length change of polycarboxylate- ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118427>
- Góra, J. y Szafraniec, M. (2020). *Influence of Maximum Aggregate Grain Size on the Strength Properties and Modulus of Elasticity of Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/app10113918>
- Gutiérrez, B. L. (2018). *Evaluación de las Ventajas Técnicas y Económicas del Empleo de Aditivos Superplastificantes en los Concretos de Resistencias Convencionales*. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2808>
- Hanif, A., Lee, K., Park, C., Kim, Y. y Sim, J. (2016). *Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study*. Obtenido de <https://doi.org/10.1680/jmacr.17.00015>
- Hashemi, M., Shafigh, P., Duran Atis, C. y Bin, K. M. (2017). *The effect of coarse to fine aggregate ratio on the fresh and hardened properties of roller-compacted concrete pavement*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.216>
- Hernández, P. C. (2005). *Plastificantes para el Hormigón*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557p/doc/bmfcih557p.pdf>

- INDECOPI. (2013). NTP 339.034:2008 (Revisión 2013). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de Ensayo Normalizado para la determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto en Muestras Cilíndricas*. El Peruano.
- INDECOPI. (2017). 339.078:2012 (Revisión 2017). *CONCRETO Método de Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. El Peruano.
- INDECOPI. (2017). 339.084:2012 (Revisión 2017). *CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). 334.009:2016/MT 1:2018. *CEMENTOS Cemento Portland requisitos. MODIFICATORIA TÉCNICA 1*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). 334.090:2016/MT 1:2018 . *CEMENTOS. Cemento Portland adicionados*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). NTP 334.009:2016/MT 1:2018. *CEMENTOS. Cemento Portland Requisitos MODIFICACION TECNICA 1*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). NTP 400.011:2018. *AGREGADOS Definición y clasificación de agregados para su uso en mortero y concreto*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). NTP 400.012:2013 (Revisión 2018) *AGREGADOS Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. El Peruano.
- INDECOPI. (2018). NTP 400.037:2018. *AGEGADOS Agregados para concreto*. El Peruano.
- INDECOPI. (2019). 339.047:2014 (Revisión 2019). *CONCRETO Definición y terminología relativas al concreto y agregados*. El Peruano.
- Jain, A., Gupta, R. y Chaudhary, S. (2019). *Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.104>
- Jonbi, J., Resti, N., Basori, A. y Ali, F. M. (2018). *Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819501020>
- Karpuz, O., Akpınar, M. V. y Mutlu Aydın, M. (2016). *Effects of fine aggregate abrasion resistance and its fineness module on wear resistance of Portland cement concrete pavements*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127651042011>
- Lajan, B. A., Kawan, G. y Ahmed, M. (2019). *Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590048X19300044>
- Lin, X., Liao, B., Zhang, J., Huang, J. y Pang, H. (2018). *Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.185>
- Ma, K., Feng, J., Long, G., Xie, Y. y Chen, X. (2016). *Improved mix design method of self-compacting concrete based on coarse aggregate average diameter and slump flow*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.142>



- Malika, P., Ratnam, M. M. y Ranga Raju, D. U. (2017). *Evaluating the Strength of High Performance Concrete by using Polycarboxylic Base*. Obtenido de <http://www.ijirst.org/articles/IJIRSTV3I12066.pdf>
- Maruyama, I., Sasano, H. y Lin, M. (2015). *Impact of aggregate properties on the development of shrinkage-induced cracking in concrete under restraint conditions*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.04.004>
- Mayanga, M. A. (2018). *Evaluación de las Propiedades del Concreto con Aditivos Superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 en Estructuras Especiales, Lambayeque. 2018*. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/5873>
- Menegazzi, F., Marina, C. J. y Foiato, M. (2020). *Estudo para melhoramento do concreto utilizado para postes de energia elétrica produzido em uma empresa de pré moldados*. Obtenido de <https://unoesc.emnuvens.com.br/conheconstr/article/view/23891/14271>
- Mohamed, S. y Tayeb, B. (2018). *Effect of coarse aggregates and sand contents on workability and static stability of self-compacting concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.12989/acc.2019.7.2.097>
- Molina, S. C. (2014). *Influencia del Aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext en las Propiedades del Concreto Autocompactante en Estado Fresco y Endurecido*. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/633>
- Mori, A. H. (2019). *La resistencia a la compresión e impermeabilidad de concretos con agregados reciclados en comparación de concretos tradicionales*. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3392/CIVIL%20.%20Hugo%20Mori%20Apag%c3%bce%c3%b1o.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Musa Albarwary, I., Shamsulddin, Z. y Askar, A. L. (2017). *Effect of Aggregate Maximum Size upon Compressive Strength of Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.26682/sjuod.2017.20.1.67>
- Norma E.060. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.060 Concreto Armado*. El Peruano.
- Nowak, M. A. (2015). *Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.146>
- Prasad, K. S. (2019). *Effect of polycarboxylate on compressive strength of pervious concrete*. Obtenido de [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3453758](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3453758)
- Reyes, T. C. y Echevarría, C. T. (2019). *Influencia del Aditivo Sika Viscocrete-3330 en el Ensayo de Resistencia a la Compresión y en las Propiedades de un Concreto Autocompactante para Elementos Verticales, Trujillo 2019*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22196>
- Riquett, R. A. (2018). *Concretos de Alto Desempeño: Métodos de Diseño y su Implementación*. Obtenido de <http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/293>
- Rivva, L. E. (2014). *Concreto de Alta Resistencia*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva, L. E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

- Rivva, L. E. (2014). *Materiales para el Concreto*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rossell, B. A. (2018). *Propiedades de un Concreto  $F'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  adicionando Aditivo Superplastificante para estructuras densamente armadas en el Distrito de Nuevo Chimbote, Áncash – 2018*. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44561>
- S.A., S. P. (2013). Sika Informaciones Técnicas Aditivos para concreto una Visión actual. 16.
- Saphouvong, K., Thepvonga, K. y Singvixay, S. (2016). *Properties of Self-Compacting Concrete with Different Sources of Coarse Aggregates*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/639/1/012016>
- Smirnova, O. M. (2016). *Compatibility of portland cement and polycarboxylate-based superplasticizers in high-strength concrete for precast constructions*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/312476797\\_Compatibility\\_of\\_portland\\_cement\\_and\\_polycarboxylate-based\\_superplasticizers\\_in\\_high-strength\\_concrete\\_for\\_precast\\_constructions](https://www.researchgate.net/publication/312476797_Compatibility_of_portland_cement_and_polycarboxylate-based_superplasticizers_in_high-strength_concrete_for_precast_constructions)
- Soberón, L. I. (2015). *Diseño de Mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando Agregados de Minas Locales y su Influencia en las Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15910>
- Sokhansefat, G. M., Riyadh, A. M. y Moradian, M. (2018). *Investigation of concrete workability through characterization of aggregate gradation in hardened concrete using X-ray computed tomography*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.02.008>
- Solovyova, V., Solovyov, D. y Stepanova, I. (2019). *Concretes with Unique Properties for Special Building Structures*. Obtenido de <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.64>
- Soo Kim, S., Qudoos, A., Hussain, S., Bae Lee, J. y Gi Kim, H. (2019). *Influence of Coarse Aggregates and Silica Fume on the Mechanical Properties, Durability, and Microstructure of Concrete*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/20/3324>
- Toklu, K. y Yazicioglu, S. (2020). *The Effect of Aggregate Size and Cure Conditions On The Engineering Properties of Concrete*. Obtenido de <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1039942>
- Toutanji, H., Goff, C., Pierce, K. y Fares, H. (2015). *Using aggregate flowability testing to predict lightweight self-consolidating concrete plastic properties*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.05.003>
- Tugrul, T. E. y Esat, A. K. (2020). *Determination of the relationship between the Los Angeles abrasion values of aggregates and concrete strength using the Response Surface Methodology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119850>
- Ubi, S., Nkra, P., Agbor, R., Ewa, D. y Nuchal, M. (2020). *Efficacy of Basalt and Granite as Coarse Aggregate in Concrete Mixture*. Obtenido de <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v7.i9.2020.769>

- UKALA, DC. (2018). *Effects of combined aggregate gradation on the compression strength and workability of concrete using fineness modulus*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i5.13>
- United States. Bureau of Reclamation. (1981). *Concrete Manual*. En U. S. Reclamation, *Concrete Manual*.
- Vishalakshi, K. P., Revathi, V. y Sivamurthy, S. R. (2017). *Effect of Type of Coarse Aggregate on the Strength Properties and Fracture Energy of Normal and High Strength Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2018.02.029>
- Yu, F., Sun, D., Wang, J. y Hu, M. (2019). *Influence of aggregate size on compressive strength of pervious concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.140>
- Yunhong, C., Shuai, L., Baolong, Z., Rui, L. y Yuan, W. (2019). *Preparation of preplaced aggregate concrete and experimental study on its strength*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116847>

## **ANEXO**

<b>ANEXO 1</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA	97
<b>ANEXO 2</b> MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°1 –N°10	98
<b>ANEXO 3</b> MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°11 –N°20	99
<b>ANEXO 4</b> MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°21 –N°30	100
<b>ANEXO 5</b> MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°31 –N°40	101
<b>ANEXO 6</b> MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°41 –N°50	102
<b>ANEXO 7</b> TABLA DE TESIS NACIONALES INVESTIGADOS	103
<b>ANEXO 8</b> TABLA DE TESIS INTERNACIONALES INVESTIGADOS	104
<b>ANEXO 9</b> MATRIZ 2	105
<b>ANEXO 10</b> MATRIZ 3	106
<b>ANEXO 11</b> MATRIZ 4	112
<b>ANEXO 12</b> TABLA COMPARATIVA DE ACI	117
<b>ANEXO 13</b> MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO PERMISIBLE PARA CONCRETOS SOMETIDOS A CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN.	118

## ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Indicadores	Instrumento	Metodología
¿En qué medida las características físico-mecánicas de los agregados con adición de polycarboxilatos influyen en las propiedades del concreto?	Analizar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de polycarboxilatos para mejorar las propiedades del concreto	Al analizar las características físico-mecánicas de los agregados con adición de polycarboxilatos se mejoran las propiedades del concreto	Variable Independiente Características físico-mecánicas de los agregados con adición de polycarboxilatos	TMN del agregado grueso	Formato de Ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso	El estudio documental/bibliográfico porque recopila datos de diferentes artículos científicos para ser analizados y comparados entre sí, el método es deductivo, con enfoque cuantitativo; de tipo descriptivo-correlacional y explicativo; de nivel descriptivo; de diseño experimental, longitudinal, prospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto).
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específico</b>	<b>Hipótesis Específica</b>		Relación agregado fino/agregado grueso	Formato para diseño de mezclas	
¿En qué medida el tamaño máximo nominal del agregado grueso influye en el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato?	Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para mejorar el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato.	Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso se mejora el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato.		Porcentaje de polycarboxilato	Formato para diseño de mezclas	
¿En qué medida el tamaño máximo nominal del agregado grueso influye en la resistencia a la compresión del concreto con adición de polycarboxilato?	Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para mejorar la resistencia a la compresión del concreto con adición de polycarboxilato	Al reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso se mejora la resistencia a la compresión del concreto con adición de polycarboxilato.		Relación agua cemento	Formato de cono de abrams	
¿En qué medida la relación agregado fino/agregado grueso influye en el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato?	Determinar la relación agregado fino/agregado grueso para mejorar el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato.	Al incrementar la relación agregado fino/agregado grueso se mejorara el asentamiento del concreto con adición de polycarboxilato.		Variable Dependiente: Propiedades del concreto	Asentamiento	
¿En qué medida el porcentaje de polycarboxilatos influye en la resistencia a la compresión del concreto?	Incorporar porcentajes de polycarboxilatos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto.	Al incorporar porcentajes de polycarboxilato se mejora la resistencia a la compresión del concreto.		Resistencia a la compresión	Formato de ensayo de compresión del laboratorio	
¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la durabilidad del concreto con adición de polycarboxilato?	Determinar la relación agua/cemento para mejorar la durabilidad del concreto con adición de polycarboxilato.	Al reducir la relación agua/cemento se mejora la durabilidad del concreto con adición de polycarboxilato.		Durabilidad del concreto	Tablas de la NTP E.060	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2 MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°1 –N°10

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
1	Jonbi J., Resti N., Basori A. y Mohamad A. (2018)	2018	Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete	Artículo	<a href="https://doi.org/10.1051/mateconf/201819501020">https://doi.org/10.1051/mateconf/201819501020</a>
2	Aneta N. (2015)	2015	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815011005">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815011005</a>
3	Lajan B., Kawan G y Ahmed M. (2019)	2019	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590048X19300044">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590048X19300044</a>
4	Antoni, Gabriel H., Chandra K. y Hardjito D. (2017)	2017	Optimizing polycarboxylate based superplasticizer dosage with different cement type	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817304526">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817304526</a>
5	Smirnova O. (2016)	2016	Compatibility of portland cement and polycarboxylate-based superplasticizers in high-strength concrete for precast constructions	Artículo	<a href="https://www.researchgate.net/publication/312476797_Compatibility_of_portland_cement_and_polycarboxylate-based_superplasticizers_in_high-strength_concrete_for_precast_constructions">https://www.researchgate.net/publication/312476797_Compatibility_of_portland_cement_and_polycarboxylate-based_superplasticizers_in_high-strength_concrete_for_precast_constructions</a>
6	Sokhansefat G., Tyler M., Daniel M., Alturki R. y Moradian M. (2018)	2018	Investigation of concrete workability through characterization of aggregate gradation in hardened concrete using X-ray computed tomography	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946518307832?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946518307832?via%3Dihub</a>
7	Gökhan A., Özen S. y Mardani-Aghabaglou A. (2019)	2019	Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820304323">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820304323</a>
8	Prasad K. y Pavan K. (2019)	2019	Effect of polycarboxylate on compressive strenght of pervious concrete	Artículo	<a href="https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3453758">https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3453758</a>
9	Yunhong C., Shuai L., Baolong Z., Rui L.e YuanW. (2019)	2019	Preparation of preplaced aggregate concrete and experimental study on its strength	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819322834?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819322834?via%3Dihub</a>
10	Akijje I. (2016)	2016	Effects of Using 0.5, 0.55 and 0.6 Water Cement Ratio Separately With a Nigerian Grade 42.5R Portland Cement	Artículo	<a href="http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ijsts.20160406.11.html">http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ijsts.20160406.11.html</a>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3 MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°11 –N°20

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
11	Hashemi M., Shafigh P., Bin M. y Duran C. (2017)	2017	The effect of coarse to fine aggregate ratio on the fresh and hardened properties of roller-compacted concrete pavement	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181830477X?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181830477X?via%3Dihub</a>
12	Ekwulo E. y Eme D. (2017)	2017	Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement	Artículo	<a href="http://www.ajer.org/papers/v6(09)/O0609112116.pdf">http://www.ajer.org/papers/v6(09)/O0609112116.pdf</a>
13	Lin X., Liao B., Zhang J. y Pang H. (2018)	2018	Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819306671">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819306671</a>
14	Ali M., Zharif M. y Asmahani S. (2015)	2015	Effect of Polycarboxylate Ether (PCE) Addition to Physical and Mechanical Characteristics of High Performance Concrete	Artículo	<a href="https://www.scientific.net/AMR.1115.146">https://www.scientific.net/AMR.1115.146</a>
15	Adewuyi A., Sulaiman I. y Akinyele J. (2016)	2016	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	Artículo	<a href="https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=74643">https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=74643</a>
16	Mohamed S. y Tayeb B. (2018)	2018	Effect of coarse aggregates and sand contents on workability and static stability of self-compacting concrete	Artículo	<a href="http://koreascience.or.kr/article/JAKO201914260131877.page">http://koreascience.or.kr/article/JAKO201914260131877.page</a>
17	Hanif A., Lee K., Park C., Kim Y. y Sim J. (2017)	2016	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	Artículo	<a href="https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/jmacr.17.00015">https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/jmacr.17.00015</a>
18	Esat K. y Bugra A. (2015)	2015	Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder	Artículo	<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-015-0327-y">https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-015-0327-y</a>
19	Esen Y. y Orhan E. (2015)	2015	Investigation of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of the Dosage of Additive in Self-consolidating Concrete	Artículo	<a href="https://www.researchgate.net/publication/292677626_Investigation_of_the_effect_on_the_physical_and_mechanical_properties_of_the_dosage_of_additive_in_self-consolidating_concrete">https://www.researchgate.net/publication/292677626_Investigation_of_the_effect_on_the_physical_and_mechanical_properties_of_the_dosage_of_additive_in_self-consolidating_concrete</a>
20	Solovyova V., Solovyov D. y Stepanova I. (2019)	2019	Concretes with Unique Properties for Special Building Structures	Artículo	<a href="https://www.scientific.net/MSF.945.64">https://www.scientific.net/MSF.945.64</a>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4 MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°21 –N°30

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
21	Tugrul T. y Esat A. (2020)	2020	Determination of the relationship between the Los Angeles abrasion values of aggregates and concrete strength using the Response Surface Methodology	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820318559?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820318559?via%3Dihub</a>
22	Maruyama I., Sasano H. y Lin M. (2020)	2015	Impact of aggregate properties on the development of shrinkage-induced cracking in concrete under restraint conditions	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884616303027?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884616303027?via%3Dihub</a>
23	Vishalakshi K., Revathi V. y Sivamurthy S. (2017)	2017	Effect of Type of Coarse Aggregate on the Strength Properties and Fracture Energy of Normal and High Strength Concrete	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013794417311980?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013794417311980?via%3Dihub</a>
24	Ma K., Feng J., Long G., Xie Y. y Chen X. (2016)	2016	Improved mix design method of self-compacting concrete based on coarse aggregate average diameter and slump flow	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817305354?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817305354?via%3Dihub</a>
25	Menegazzi F., Marina J. y Foiato M.	2020	Estudo para melhoramento do concreto utilizado para postes de energia elétrica produzido em uma empresa de pré moldados	Artículo	<a href="https://unoesc.emnuvens.com.br/conheconstr/article/view/23891/14271">https://unoesc.emnuvens.com.br/conheconstr/article/view/23891/14271</a>
26	Chen A., Han X., Chen M., Wang X., Wang Z. y Guo T. (2020)	2020	Mechanical and stress-strain behavior of basalt fiber reinforced rubberized recycled coarse aggregate concrete	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820318936?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820318936?via%3Dihub</a>
27	Jain A., Gupta R. y Chaudhary S. (2019)	2019	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819315326?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819315326?via%3Dihub</a>
28	Toutanji H., Goff C., Pierce K. y Fares H. (2015)	2015	Using aggregate flowability testing to predict lightweight self-consolidating concrete plastic properties	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946515000906?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946515000906?via%3Dihub</a>
29	Alqarni A., Albidah A., Alaskar A. y Abadel A. (2020)	2020	The effect of coarse aggregate characteristics on the shear behavior of reinforced concrete slender beams	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820321942?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820321942?via%3Dihub</a>
30	Saphouvong K., Thepvongsa K. y Simixay S. (2016)	2016	Properties of Self-Compacting Concrete with Different Sources of Coarse Aggregates	Artículo	<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/639/1/012016">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/639/1/012016</a>

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 5 MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°31 –N°40

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
31	De Brito J., Kurda R. y Raposeiro P. (2018)	2018	Can We Truly Predict the Compressive Strength of Concrete without Knowing the Properties of Aggregates?	Artículo	<a href="https://search.proquest.com/docview/2321882704/2FDA061F0D484839PQ/1?accountid=45097">https://search.proquest.com/docview/2321882704/2FDA061F0D484839PQ/1?accountid=45097</a>
32	Aïssoun B., Hwang S. y Khayat K. (2016)	2016	Influence of aggregate characteristics on workability of superworkable concrete	Artículo	<a href="https://search.proquest.com/docview/1752159885/EC17090815544A18PQ/1?accountid=45097">https://search.proquest.com/docview/1752159885/EC17090815544A18PQ/1?accountid=45097</a>
33	Ede A., Olofinnade O., Bamigboye G., Shittu K. y Ugwu E. (2017)	2017	Prediction of fresh and hardened properties of normal concrete via choice of aggregate sizes, concrete mix-ratios and cement	Artículo	<a href="http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET_08_10_030/IJCIET_08_10_030.pdf">http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET_08_10_030/IJCIET_08_10_030.pdf</a>
34	Ekwulo E. y Eme D. (2017)	2017	Effect of Aggregate Gradation on Compressive Strength and Elastic Modulus of Cement Treated Aggregate Base Material for Highway Pavement	Artículo	<a href="http://iosrjen.org/Papers/vol7_issue10/Version-2/L0710027989.pdf">http://iosrjen.org/Papers/vol7_issue10/Version-2/L0710027989.pdf</a>
35	Yu F., Sun D., Wang J. y Hu M. (2019)	2019	Influence of aggregate size on compressive strength of pervious concrete	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819306282?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819306282?via%3Dihub</a>
36	Figmig R. y Kovac M. (2020)	2019	The influence of aggregate gradation on the fresh and hardened concrete properties	Artículo	<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/566/1/012007/meta">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/566/1/012007/meta</a>
37	Soo S., Qudoos A., Hussain S., Bae J. y Gi H. (2019)	2019	Influence of Coarse Aggregates and Silica Fume on the Mechanical Properties, Durability, and Microstructure of Concrete	Artículo	<a href="https://www.mdpi.com/1996-1944/12/20/3324">https://www.mdpi.com/1996-1944/12/20/3324</a>
38	Góra J. y Szafraniec M. (2020)	2020	Influence of Maximum Aggregate Grain Size on the Strength Properties and Modulus of Elasticity of Concrete	Artículo	<a href="https://www.mdpi.com/2076-3417/10/11/3918">https://www.mdpi.com/2076-3417/10/11/3918</a>
39	Ahmed M., y Benharzallah K. (2017)	2017	Effect of the carbonatation and the type of cement (CEM I, CEM II) on the ductility and the compressive strength of concrete	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817309923?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817309923?via%3Dihub</a>
40	Akijje I. (2017)	2017	Effects of Aggregates 19mm and 25mm Maximum Sizes on the Properties of Concrete	Artículo	<a href="http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352477.pdf">http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352477.pdf</a>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6 MATRIZ 1 ARTÍCULOS INVESTIGADOS N°41 –N°50

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
41	Musa I., Shamsulddin Z. y Askar A. (2017)	2017	Effect of Aggregate Maximum Size upon Compressive Strength of Concrete	Artículo	<a href="https://journal.uod.ac/index.php/uodjournal/article/view/83">https://journal.uod.ac/index.php/uodjournal/article/view/83</a>
42	UKALA D. (2018)	2018	Effects of combined aggregate gradation on the compression strength and workability of concrete using fineness modulus	Artículo	<a href="https://search.proquest.com/docview/2317936254/abstract/3A2729FE47D143EBPQ/2?accountid=45097">https://search.proquest.com/docview/2317936254/abstract/3A2729FE47D143EBPQ/2?accountid=45097</a>
43	Afolayan J.; Oriola F.; Sani J. y Amao J. (2019)	2019	Effects of Partial Replacement of Normal Aggregates with Lateritic Stone in Concrete	Artículo	<a href="https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/187609">https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/187609</a>
44	Cai G. y Noguchi T. (2020)	2020	Concrete with Shirasu aggregates for sustainability: a review on research progress and application in Japan	Artículo	<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09253-7">https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09253-7</a>
45	Karpuz O., Vefa M. y Mutlu M. (2016)	2016	Effects of fine aggregate abrasion resistance and its fineness module on wear resistance of Portland cement concrete pavements	Artículo	<a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127651042011">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127651042011</a>
46	Mallika P., Ratnam M. y Ranga U. (2017)	2017	Evaluating the Strength of High Performance Concrete by using Polycarboxylic Base	Artículo	<a href="http://www.ijirst.org/articles/IJIRSTV3I12066.pdf">http://www.ijirst.org/articles/IJIRSTV3I12066.pdf</a>
47	Daniel M., Ghaeezadah A. y Tyler M. (2017)	2017	Impacts of Coarse-Aggregate Gradation on the Workability of Slip-Formed Concrete	Artículo	<a href="https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0002126">https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0002126</a>
48	Toklu K. y Yazıcıoğlu S. (2020)	2020	The Effect of Aggregate Size and Cure Conditions On The Engineering Properties of Concrete	Artículo	<a href="https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1039942">https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1039942</a>
49	Arora A., Almujaiddi A., Kianmofrad F., Mobasher B. y Neithalath N. (2018)	2018	Material design of economical ultra-high performance concrete (UHPC) and evaluation of their properties	Artículo	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946518306760?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946518306760?via%3Dihub</a>
50	Ubi S., Nkra P., Agbor R., Ewa D. y Nuchal M. (2020)	2020	Efficacy of Basalt and Granite as Coarse Aggregate in Concrete Mixture	Artículo	<a href="https://www.granthaalayahpublication.org/ijetmr-ojms/index.php/ijetmr/article/view/01_IJETMR20_A08_2167">https://www.granthaalayahpublication.org/ijetmr-ojms/index.php/ijetmr/article/view/01_IJETMR20_A08_2167</a>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7 TABLA DE TESIS NACIONALES INVESTIGADOS

	NOMBRE BIBLIOGRÁFICO	AÑO	TEMA	TIPO	URL
1	Molina C. y Saldaña S. (2014)	2014	Influencia del Aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext en las Propiedades del Concreto Autocompactante en Estado Fresco y Endurecido.	TESIS	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/633">http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/633</a>
2	Bedón J. (2017)	2017	Diseño óptimo para obtener Concreto de Alta Resistencia para Obras Civiles en Zonas Alto Andinas del Perú	TESIS	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2910">http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2910</a>
3	Mayanga A. (2018)	2018	Evaluación de las Propiedades del Concreto con Aditivos Superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 en Estructuras Especiales, Lambayeque. 2018	TESIS	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/5873">http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/5873</a>
4	Rossell A. (2018)	2018	Propiedades de un Concreto F'c= 350 kg/cm2 adicionando Aditivo Superplastificante para estructuras densamente armadas en el Distrito de Nuevo Chimbote, Áncash – 2018	TESIS	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44561">http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44561</a>
5	Bustamante M. (2018)	2018	Análisis de las Propiedades Mecánicas del Concreto Autocompactante, usando el Aditivo Superplastificante Glenium C 313	TESIS	<a href="https://1library.co/document/yr3lnxpy-analisis-propiedades-mecanicas-concreto-autocompactante-aditivo-superplastificante-glenium.html">https://1library.co/document/yr3lnxpy-analisis-propiedades-mecanicas-concreto-autocompactante-aditivo-superplastificante-glenium.html</a>
6	Cachay S. y Mogrovejo M. (2019)	2019	Influencia del Aditivo Sika® Viscocrete® - 40 He con Relaciones A/C Menores a 0.50, en su Tiempo de Fraguado y Resistencia a la Compresión, para una Rápida Puesta en Servicio Trujillo 2019.	TESIS	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23399">https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23399</a>
7	Reyes C. y Echevarría T. (2019)	2019	Influencia del Aditivo Sika Viscocrete-3330 en el Ensayo de Resistencia a la Compresión y en las Propiedades de un Concreto Autocompactante para Elementos Verticales, Trujillo 2019	TESIS	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22196">https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22196</a>
8	Gutiérrez L. (2018)	2018	Evaluación de las Ventajas Técnicas y Económicas del Empleo de Aditivos Superplastificantes en los Concretos de Resistencias Convencionales	TESIS	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2808">http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2808</a>

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 8 TABLA DE TESIS INTERNACIONALES INVESTIGADOS**

	<b>NOMBRE BIBLIOGRÁFICO</b>	<b>AÑO</b>	<b>TEMA</b>	<b>TIPO</b>	<b>URL</b>
9	Bojaca R. y Quevedo O. (2020)	2020	Curva Relación Agua Cemento vs. Resistencia a la Compresión, para Agregados del Río Guayuriba, Tamaños Nominales de 1", ¾" y ½" ..	TESIS	<a href="https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/17527">https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/17527</a>
10	Riquett A (2018)	2018	Concretos de Alto Desempeño: Métodos de Diseño y su Implementación	TESIS	<a href="http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/293">http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/293</a>
11	Soberón I. (2015)	2015	Diseño de Mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando Agregados de Minas Locales y su Influencia en las Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.	TESIS	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15910">https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15910</a>
12	Castro M.(2020)	2020	Influencia del Material de Formaleta, Naturaleza del Agente Desmoldante, Tipo de Aditivo Superplastificante y Condiciones de Curado, sobre el Acabado Superficial de Concretos Autocompactables en Elementos Fabricados en Condiciones de Laboratorio.	TESIS	<a href="https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/47345">https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/47345</a>
13	Hernández C.(2005)	2005	Plastificantes para el Hormigón	TESIS	<a href="http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557p/doc/bmfcih557p.pdf">http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557p/doc/bmfcih557p.pdf</a>
14	Campoverde S. y Muñoz D. (2015)	2015	Estudio Experimental Del Uso De Diferentes Aditivos Como Plastificantes Reductores De Agua en la Elaboración De Hormigón y Su Influencia en la Propiedad De Resistencia A La Compresión	TESIS	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21787">http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21787</a>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9 MATRIZ 2

SUBTEMAS (Indicadores)	Definición / Justificación del subtema/ delimitación temporal (si aplica)	Objetivo
TMN del agregado grueso en el Asentamiento	El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado (como mínimo 95%). El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto. El tamaño máximo nominal es uno de los factores que afecta el asentamiento de la mezcla.	a) Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para mejorar la trabajabilidad del concreto.
TMN en las propiedades mecánicas del concreto	El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado (como mínimo 95%). Las propiedades mecánicas del concreto están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre este, una de las propiedades más importantes es la resistencia a la compresión. El tamaño máximo nominal es uno de los factores que afecta la resistencia a la compresión del concreto.	b) Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso para mejorar la resistencia a la compresión del concreto con adición de policarboxilato
Relación del agregado fino/ agregado grueso en el Asentamiento	La relación agregado fino/ agregado grueso, se puede definir como la razón entre las cantidades de agregado fino y agregado grueso, presentes en la mezcla de concreto, con respecto a su peso. El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto.	c) Determinar la relación agregado fino/agregado grueso para mejorar el asentamiento del concreto con adición de policarboxilato.
Propiedades mecánicas del concreto según el porcentaje de policarboxilatos	Los policarboxilatos se basan en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico, que una vez disueltos en agua, dispersan las partículas de cemento y mejoran la cohesión y reología del sistema cementante, mejorando así las propiedades mecánicas del concreto.	d) Incorporar porcentajes de policarboxilato para mejorar la resistencia a la compresión del concreto.
Durabilidad del concreto según la relación agua/cemento	La relación agua-cemento se puede definir como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del hormigón fresco. La durabilidad se ve afectada cuando se altera la relación agua-cemento. Por lo que a mayor relación agua-cemento, mayor es la porosidad del hormigón y, por lo tanto, menor es su durabilidad.	e) Determinar la relación agua/cemento para mejorar la durabilidad del concreto con adición de policarboxilato.

ANEXO 10 MATRIZ 3

#	Autor(es)	Título	SUBTEMAS (Indicadores) 1	SUBTEMAS (Indicadores) 2	SUBTEMAS (Indicadores) 3	SUBTEMAS (Indicadores) 4	SUBTEMAS (Indicadores) 5
1	Jonbi & Resti Nur Arini & Basori Anwar & Mohamad Ali Fulazzaky	Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete				% aditivo = 0, 0.5, 1.0, 2.0% / f'c= 42, 47.05, 49.81, 53.84 Mpa	Rela/c= 0.40 / % aditivo = 0, 0.5, 1.0, 2.0% / f'c= 42.47, 47.05, 49.81, 53.84 Mpa
2	Aneta Nowak-Michta	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	TMN=5/8" / % Aditivo=0.5% / Asentamiento 210mm			% aditivo = 0, 0.20, 0.35, 0.50% / f'c= 51.70, 58.60, 59, 59 Mpa	Rela/c= 0.46 / % aditivo = 0, 0.20, 0.35, 0.50% / f'c= 51.7, 58.6, 59, 59 Mpa
3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	TMN=1" / % Aditivo=0.25% / Asentamiento 145mm	Huso=6 /% Aditivo= 0.25% / f'c=49MPa a los 28 días	mfglobal = 4.84 / f'c=49MPa a los 28 días	% aditivo = 0, 0.15, 0.20, 0.25% / f'c= 34, 44, 47, 49 Mpa	Rela/c= 0.54 / % aditivo =0.15, 0.20, 0.25% / f'c= 44, 47, 49 Mpa
4	Antoni & James Gabriel Halim & Owen Chandra Kusuma & Djwantoto Hardjito	Optimizing polycarboxylate based superplasticizer dosage with different cement type				% aditivo = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0%	Rel a/c = 0.25/0.30/ 0.35
5	Smirnova O. M.	Compatibility of portland cement and polycarboxylate-based superplasticizers in high-strength concrete for precast constructions				% aditivo = 0.2, 0.4, 0.6%	% aditivo = 0.2, 0.4, 0.6% / % de reducion
6	Ghazal Sokhansfat, M. Tyler Ley, Marllon Daniel Cook, Riyadh Alturki & Masoud Moradian	Investigation of concrete workability through characterization of aggregate gradation in hardened concrete using X-ray computed tomography		TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.68		Rel a/c = 0.55
7	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	TMN=3/8" / % Aditivo=1.40% / Asentamiento 200mm	Huso=89 /% Aditivo= 1.90% / f'c=65MPa a los 28 días	mfglobal = 43 / f'c=65MPa a los 28 días	% aditivo = 1.90, 1.40, 2.26% / f'c= 65, 63, 62 Mpa	Rel a/c= 0.35 / % aditivo = 1.90, 1.40, 2.26% / f'c= 65, 63, 62 Mpa

8	K. S. B. Prasad & N. V. L. N. Pavan Kunmar	Effect of polycarboxylate on compressive strength of pervious concrete	TMN=3/4"			% aditivo = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%	Rel a/c = 0.3 / % aditivo = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%
9	Cheng Yunhong, Liu Shuai, Zhu Baolong, Liu Rui, Wang Yuan	Preparation of preplaced aggregate concrete and experimental study on its strength	TMN=3/4"			% aditivo = 0.42 %	Rel a/c = 0.48 / % aditivo = 0.42%
10	Isaac Akiije	Effects of Using 0.5, 0.55 and 0.6 Water Cement Ratio Separately With a Nigerian Grade 42.5R Portland Cement	TMN=3/4" y 1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			Rel a/c = 0.5, 0.55, 0.60
11	Mohammad Hashemi, Payam Shafigh, Mohamed Rehan Bin Karim, Cengiz Duran Atis	The effect of coarse to fine aggregate ratio on the fresh and hardened properties of roller-compacted concrete pavement	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.8		
12	Ekwulo E. O. y Eme D. B.	Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement	TMN=3/8" / % Aditivo=0% / Asentamiento 60mm				
13	Xiuju Lin, Bing Liao, Jingfei Zhang, Simin Li, Jianheng Huang & Hao Pang	Synthesis and characterization of high-performance cross-linked polycarboxylate superplasticizers					
14	Maisarah Ali, Muhamad Zharif Ahmad y Siti Asmahani Saad	Effect of Polycarboxylate Ether (PCE) Addition to Physical and Mechanical Characteristics of High Performance Concrete				% aditivo = 0.25, 0.50, 0.75% / f'c= 57, 70, 63 Mpa	
15	Adekunle P. Adewuyi, Ismaila A. Sulaiman, Joseph O. Akinyele	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	TMN=3/4" / % Aditivo=0% / Asentamiento 110mm	Huso=7 / % Aditivo= 0% / f'c=45MPa a los 28 días y 52MPa a los 70 días	mfglobal = 5.11 / f'c= 45MPa a los 28 días y 52MPa a los 70 días		Rela/c= 0.45 / f'c= 45MPa a los 28 días y 70MPa a los 70 días
16	Sahraoui Mohamed and Bouziani Tayeb	Effect of coarse aggregates and sand contents on workability and static stability of self-compacting concrete	TMN=3/8"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.69		
17	Asad Hanif, Kihong Lee, Cheolwoo Park, Yongjae Kim & Jongsung Sim	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	TMN=3/4" / % Aditivo=0% / Asentamiento 102mm	Huso=56 / % Aditivo= 0% / f'c=32MPa a los 28 días	mfglobal = 5.16 / f'c=32MPa a los 28 días		Rela/c= 0.45 / f'c= 32MPa

18	Kürsat Esat Alyamac & Alp Bugra Aydin	Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder	TMN=1/2"	Huso=8 /%Aditivo= 0% / f'c=34.1MPa a los 28 días y 41.4MPa a los 90 días			Rela/c= 0.60 / f'c= 34.1MPa a los 28 días y 41.4MPa a los 90 días
19	Yuksel Esen & Eyyup Orhan	Investigation of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of the Dosage of Additive in Self-consolidating Concrete	TMN=3/8"	Huso=6 /%Aditivo= 1.30% / f'c=60.19MPa a los 28 días		% aditivo = 1.3, 1.5, 1.7% / f'c= 60.19, 54.15, 57.47 Mpa	Rela/c= 0.42 / % aditivo = 1.3, 1.5, 1.7% / f'c= 60.19, 54.15, 57.47 Mpa
20	V. Solovyova, D. Solovyov & I. Stepanova	Concretes with Unique Properties for Special Building Structures				% aditivo = 0.37, 0.48 %	% aditivo= 0, 1% /Rel a/c = 0.37, 0.48 %
21	Esra Tugrul Tunc & Kursat Esat Alyamac	Determination of the relationship between the Los Angeles abrasion values of aggregates and concrete strength using the Response Surface Methodology	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			
22	Ippei Maruyama, Hiroshi Sasano & Mao Lin	Impact of aggregate properties on the development of shrinkage-induced cracking in concrete under restraint conditions					
23	K.P.Vishalakshi, V.Revathi & S.Sivamurthy Reddy	Effect of Type of Coarse Aggregate on the Strength Properties and Fracture Energy of Normal and High Strength Concrete	TMN=3/4" y 1/2"		mf = 2.65		
24	Kunlin Ma, Jin Feng, Guangcheng Long, Youjun Xie & Xiaobo Chen	Improved mix design method of self-compacting concrete based on coarse aggregate average diameter and slump flow	TMN=3/4"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.75		
25	Fernanda Menegazzi, Jhulis Marina Carelli & Maiara Foiato	Estudo para melhoramento do concreto utilizado para postes de energia elétrica produzido em uma empresa de pré moldados	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mfg= 5.75, 6.79 / mf= 1.40		
26	Aijiu Chen, Xiaoyan Han, Meng Chen, Xiaoyu Wang, Zhihao Wang, Tengteng Guo	Mechanical and stress-strain behavior of basalt fiber reinforced rubberized recycled coarse aggregate concrete	TMN=3/4" / %Aditivo=0% / Asentamiento 75mm				



27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	TMN=3/8" / %Aditivo=1.35% / Asentamiento mayor a 200mm	Huso=8 /%Aditivo=1.35% / f'c=52MPa a los 28 días	mf = 4.19 / f'c= 52MPa a los 28 días / %aditivo = 1.35%	% aditivo = 1.35% / f'c= 52 Mpa	Rela/c= 0.37 / % aditivo =1.35% / f'c= 52 Mpa
28	H. Toutanji, C. Goff, K. Pierce, H. Fares	Using aggregate flowability testing to predict lightweight self-consolidating concrete plastic properties	TMN=3/4" / %Aditivo=0% / Asentamiento 180mm	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.46		
29	Ali S. Alqarni, Abdulrahman S. Albidah, Abdulaziz M. Alaskar, Aref A. Abadel	The effect of coarse aggregate characteristics on the shear behavior of reinforced concrete slender beams	TMN=3/4" y 1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			
30	Khamhou Saphouvong, Khampaseuth Thepvongsa & Singvixay Simixay	Properties of Self-Compacting Concrete with Different Sources of Coarse Aggregates	TMN=1/2"		mf = 2.60		
31	Jorge De Brito, Rawaz Kurda & Pedro Raposeiro da Silva	Can We Truly Predict the Compressive Strength of Concrete without Knowing the Properties of Aggregates?	Tipos y Características de los agregados				
32	Baudouin M. Aïssoun, Soo-Duck Hwang & Kamal H. Khayat	Influence of aggregate characteristics on workability of superworkable concrete	TMN=N°04	Curva Granulometrica	mf = 2.60, 2.5, 3.0		
33	A. N. Ede, O. M. Olofinnade, G. O. Bamigboye, K. K. Shittu & E. I. Ugwu	Prediction of fresh and hardened properties of normal concrete via choice of aggregate sizes, concrete mix-ratios and cement	TMN=1" / %Aditivo=0% / Asentamiento 152mm	Huso=7, 67, 5 /%Aditivo= 0% / f'c=25, 22, 34MPa a los 28 días			
34	Ekwulo E. O. and Eme D. B.	Effect of Aggregate Gradation on Compressive Strength and Elastic Modulus of Cement Treated Aggregate Base Material for Highway Pavement	TMN=3/4"	Curva Granulometrica			
35	Fan Yu, Daquan Sun, Jue Wang & Minjun Hu.	Influence of aggregate size on compressive strength of pervious concrete	TMN=1/2"				
36	R Figmig & M Kovac	The influence of aggregate gradation on the fresh and hardened concrete properties	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			Rela/c= 0.40

37	Seong Soo Kim, Abdul Qudoos, Sadam Hussain Jakhani, Jeong Bae Lee & Hong Gi Kim	Influence of Coarse Aggregates and Silica Fume on the Mechanical Properties, Durability, and Microstructure of Concrete	Datos de agregado fino		mfglobal = 5.39 / f <sub>c</sub> = 62MPa a los 28 días		
38	Jacek Góra & Małgorzata Szafraniec	Influence of Maximum Aggregate Grain Size on the Strength Properties and Modulus of Elasticity of Concrete	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto		% aditivo = 0.07 %	Rela/c= 0.45
39	Merah Ahmed, Krobba Benharzallah	Effect of the carbonation and the type of cement (CEM I, CEM II) on the ductility and the compressive strength of concrete	TMN=1/2"				
40	Isaac Akiije	Effects of Aggregates 19mm and 25mm Maximum Sizes on the Properties of Concrete	TMN=1" y 3/4"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 3.0		Rela/c= 0.40
41	Ismaeel H. Musa Albarwary, Ziyad N. Shamsulddin & Aldoski Lawend K. Askar	Effect of Aggregate Maximum Size upon Compressive Strength of Concrete	TMN=1", 3/4", 1/2" y 3/8"		mf = 2.6 / mfgueso= 7.2		
42	UKALA, DC	Effects of combined aggregate gradation on the compression strength and workability of concrete using fineness modulus	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mfgueso = 9.46		
43	Afolayan, JO; Oriola, FOP; Sani, JE; Amao, JF	Effects of Partial Replacement of Normal Aggregates with Lateritic Stone in Concrete	Grava triturada, lavada y tamizada				
44	Gaochuang Cai & Takafumi Noguchi	Concrete with Shirasu aggregates for sustainability: a review on research progress and application in Japan			mf = 2.35		
45	Orhan Karpuz, Muhammet Vefa Akpınar & Metin Mutlu Aydın	Effects of fine aggregate abrasion resistance and its fineness module on wear resistance of Portland cement concrete pavements	TMN=5/8"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto	mf = 2.20, 2.7, 3.15		Rela/c= 0.40
46	Palli. Mallika Devi, Mr. M. K. M. V. Ratnam & Dr. U. Ranga Raju	Evaluating the Strength of High Performance Concrete by using Polycarboxylic Base	Asentamiento 95mm				Rela/c= 0.35

47	Marllon Daniel Cook, Ashkan Ghaezezadah & M. Tyler Ley	Impacts of Coarse-Aggregate Gradation on the Workability of Slip-Formed Concrete	TMN=3/4"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			
48	Kenan Toklu & Salih Yazıcıoğlu	The Effect of Aggregate Size and Cure Conditions On The Engineering Properties of Concrete	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			
49	Aashay Arora, Asim Almujaddidi, Farrokh Kianmofrad, Barzin Mobasher, Narayanan Neithalath	Material design of economical ultra- high performance concrete (UHPC) and evaluation of their properties	TMN=N°04	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			
50	Ubi SE., Nkra P.O, Agbor R.B, Ewa D.E & Nuchal M.	Efficacy of Basalt and Granite as Coarse Aggregate in Concrete Mixture	TMN=1/2"	TMN en las propiedades mecánicas del concreto			

ANEXO 11 MATRIZ 4

SUBTEMA (Indicador)	N°	Autor	Artículo	Relación de Desarrollo
<b>Objetivo Especifico 01</b>	2	Aneta Nowak-Michta	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	Para un TMN de 5/8" y un porcentaje de 0.5 de polycarboxilato, se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 210mm
	3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	Para un TMN de 1" y un porcentaje de 0.25 de polycarboxilato, se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 145mm
	7	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	Para un TMN de 3/8" y un porcentaje de 1.40 de polycarboxilato, se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es mayor a 200mm
	12	Ekwulo E. O. y Eme D. B.	Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement	Para un TMN de 3/8" se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 60mm. No contiene aditivo a base de polycarboxilato
	15	Adekunle P. Adewuyi, Ismaila A. Sulaiman, Joseph O. Akinyele	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	Para un TMN de 3/4" se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 110mm. No contiene aditivo a base de polycarboxilato
	17	Asad Hanif, Kihong Lee, Cheolwoo Park, Yongjae Kim & Jongsung Sim	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	Para un TMN de 3/4" se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 102mm. No contiene aditivo a base de polycarboxilato
	26	Aijiu Chen, Xiaoyan Han, Meng Chen, Xiaoyu Wang, Zhihao Wang, Tengting Guo	Mechanical and stress-strain behavior of basalt fiber reinforced rubberized recycled coarse aggregate concrete	Para un TMN de 3/4" se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 75mm. No contiene aditivo a base de polycarboxilato
	27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	Para un TMN de 3/8" y un porcentaje de 1.35 de polycarboxilato, se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es mayor a 200mm
	33	A. N. Ede, O. M. Olofinnade, G. O. Bamigboye, K. K. Shittu & E. I. Ugwu	Prediction of fresh and hardened properties of normal concrete via choice of aggregate sizes, concrete mix-ratios and cement	Para un TMN de 1" se tiene el mayor asentamiento del artículo, que es de 152mm. No contiene aditivo a base de polycarboxilato

<b>Objetivo específico 02</b>	3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 6 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 49MPa a los 28 días usando 0.25% de aditivo a base de policarboxilato
	7	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	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 89 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 65MPa a los 28 días usando 1.90% de aditivo a base de policarboxilato
	15	Adekunle P. Adewuyi, Ismaila A. Sulaiman, Joseph O. Akinyele	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 7 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 45MPa a los 28 días y 52MPa a los 70 días. Este artículo no utiliza aditivo a base de policarboxilato
	17	Asad Hanif, Kihong Lee, Cheolwoo Park, Yongjae Kim & Jongsung Sim	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 56 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 32MPa a los 28 días. Este artículo no utiliza aditivo a base de policarboxilato
	27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 8 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 52MPa a los 28 días usando 1.35% de aditivo a base de policarboxilato
	33	A. N. Ede, O. M. Olofinnade, G. O. Bamigboye, K. K. Shittu & E. I. Ugwu	Prediction of fresh and hardened properties of normal concrete via choice of aggregate sizes, concrete mix-ratios and cement	La curva granulométrica de este artículo, pertenece al huso 7,67 y 5 y cuenta con una resistencia a la compresión máxima de 25MPa, 22MPa y 34MPa respectivamente a los 28 días. Este artículo no utiliza aditivo a base de policarboxilato

<b>Objetivo específico 03</b>	3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	El módulo de fineza global de los agregados es de 4.84 y la resistencia máxima de la mezcla es de 49MPa a los 28 días.
	7	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	El módulo de fineza global de los agregados es de 4.30 y la resistencia máxima de la mezcla es de 65MPa a los 28 días.
	15	Adekunle P. Adewuyi, Ismaila A. Sulaiman, Joseph O. Akinyele	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	El módulo de fineza global de los agregados es de 5.11 y la resistencia máxima de la mezcla es de 45MPa a los 28 días y 52MPa a los 70 días.
	17	Asad Hanif, Kihong Lee, Cheolwoo Park, Yongjae Kim & Jongsung Sim	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	El módulo de fineza global de los agregados es de 5.16 y la resistencia máxima de la mezcla es de 32MPa a los 28 días.
	27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	El módulo de fineza global de los agregados es de 4.19 y la resistencia máxima de la mezcla es de 52MPa a los 28 días, con 1.35% de aditivo a base de polycarboxilato
	37	Seong Soo Kim, Abdul Qudoos, Sadam Hussain Jakhrani, Jeong Bae Lee & Hong Gi Kim	Influence of Coarse Aggregates and Silica Fume on the Mechanical Properties, Durability, and Microstructure of Concrete	El módulo de fineza global de los agregados es de 5.39 y la resistencia máxima de la mezcla es de 62MPa a los 28 días.
<b>Objetivo específico 04</b>	1	Jonbi Jonbi & Resti Nur Arini & Basori Anwar & Mohamad Ali Fulazzaky	Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete	En el artículo se usaron dosis de 0, 0.5, 1.0, 2.0 % de aditivo a base de polycarboxilato y consiguieron una resistencia a los 28 días de 42.47, 47.05, 49.81, 53.84 Mpa respectivamente.
	2	Aneta Nowak-Michta	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	En el artículo se usaron dosis de 0, 0.20, 0.35, 0.50 % de aditivo a base de polycarboxilato y consiguieron una resistencia a los 28 días de 51.70, 58.60, 59, 59 Mpa respectivamente.
	3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	En el artículo se usaron dosis de 0, 0.15, 0.20, 0.25% de aditivo a base de polycarboxilato y consiguieron una resistencia a los 28 días de 34, 44, 47, 49 Mpa respectivamente.
	7	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	En el artículo se usaron dosis de 1.90, 1.40, 2.26 % de aditivo a base de polycarboxilato y consiguieron una resistencia a los 28 días de 65, 63, 62 Mpa respectivamente.

14	Maisarah Ali, Muhamad Zharif Ahmad y Siti Asmahani Saad	Effect of Polycarboxylate Ether (PCE) Addition to Physical and Mechanical Characteristics of High Performance Concrete	En el artículo se usaron dosis de 0.25, 0.50, 0.75 % de aditivo a base de policarboxilato y consiguieron una resistencia a los 28 días de 57, 70, 63 Mpa respectivamente.
27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	En el artículo se usó una dosis de 1.35 % de aditivo a base de policarboxilato y consiguió una resistencia a los 28 días de 52 Mpa

<b>Objetivo específico 05</b>	1	Jonbi Jonbi & Resti Nur Arini & Basori Anwar & Mohamad Ali Fulazzaky	Effect of added the polycarboxylate ether on slump retention and compressive strength of the high-performance concrete	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.40 la cual se usó con dosis de 0, 0.5, 1.0, 2.0% de aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 42.47, 47.05, 49.81, 53.84 Mpa respectivamente.
	2	Aneta Nowak-Michta	Influence of superplasticizer on porosity structures in hardened concretes	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.46 la cual se usó con dosis de 0, 0.20, 0.35, 0.50% de aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 51.7, 58.6, 59, 59 Mpa respectivamente.
	3	Lajan Burhan Abdalla & Kawan Ghajor & Ahmed Mohammed	Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.54 la cual se usó con dosis de 0.15, 0.20, 0.25% de aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 44, 47, 49 Mpa respectivamente.
	7	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	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.35 la cual se usó con dosis de 1.90, 1.40, 2.26% de aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 65, 63, 62Mpa respectivamente.
	15	Adekunle P. Adewuyi, Ismaila A. Sulaiman, Joseph O. Akinyele	Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concretes under Varying Exposure Conditions	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.45, no se usaron aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 45 Mpa y 52MPa a los 70 días.

17	Asad Hanif, Kihong Lee, Cheolwoo Park, Yongjae Kim & Jongsung Sim	Influence of cement and aggregate type on steam-cured concrete – an experimental study	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.45, no se usaron aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 32 Mpa.
27	Abhishek Jain, Rajesh Gupta & Sandeep Chaudhary	Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate	En este artículo se tiene una relación agua/cemento de 0.37 la cual se usó una dosis de 1.35% de aditivos a base de policarboxilato llegando así a tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 52 Mpa.

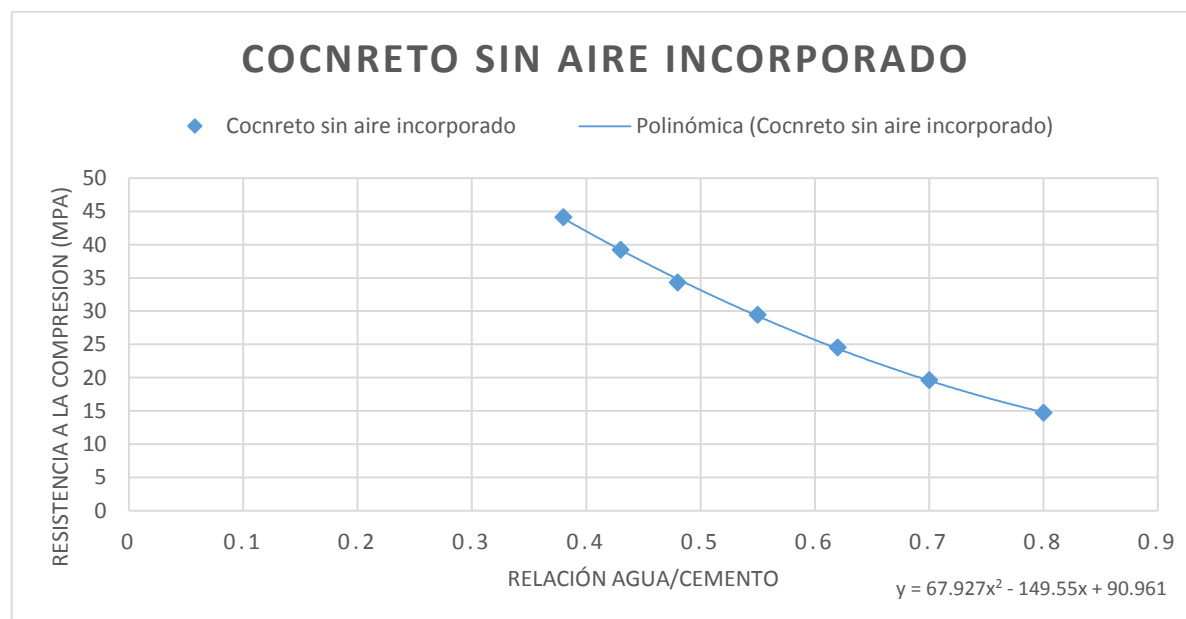
NIVELES DE IMPORTANCIA
1
2
3
4



**ANEXO 12 TABLA COMPARATIVA DE ACI**

Resistencia a la compresión a los 28 días		Relación agua/cemento de diseño	
f'c (kg/cm2)	f'c (Mpa)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	14.71	0.8	0.71
200	19.61	0.7	0.61
250	24.52	0.62	0.53
300	29.42	0.55	0.46
350	34.32	0.48	0.4
400	39.23	0.43	-
450	44.13	0.38	-

Fuente: Comité 211 ACI



Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 13 MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO PERMISIBLE PARA CONCRETOS SOMETIDOS A CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN.**

Condiciones de exposición	Relación agua/cemento máxima
<p>Concreto de baja permeabilidad:</p> <p>a) Expuesto a agua dulce</p> <p>b) Expuesto a agua de mar o salubres</p> <p>c) Expuesto a la acción de aguas cloacales (* )</p>	<p>0.5</p> <p>0.45</p> <p>0.45</p>
<p>Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:</p> <p>a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas</p> <p>b) Otros elementos</p>	<p>0.45</p> <p>0.5</p>
<p>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de esta agua</p>	
<p>Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm</p>	<p>0.4</p>

(\* ) La resistencia  $f_c$  no deberá ser menor de 245kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

Fuente: Comité 211 ACI