

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



**CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA
ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SULFATO Y CLORURO**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. MOLERO PACHECO, RHONAL EDWARD

Bach. RIOS VIDARTE, IRVIN ALEXANDER

Asesor: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES LILIANA JANET

LIMA-PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios, por permitirme lograr este gran objetivo profesional en tiempos difíciles, a mis padres Alejandro y Gloria por su incondicional apoyo y confianza a través de cada etapa de mi vida.

A mis hermanos Roger y Richard quienes han sido la guía y motivación para cumplir las metas y por supuesto a Claudia por siempre creer en mí.

Rhonal Edward Molero Pacheco

Dedico esta investigación principalmente a Dios, por haberme dado la fuerza para seguir adelante en esta meta tan anhelada, a mi Madre por su apoyo incondicional durante todos los días de mi vida.

A mi adorado hijo Benjamín, quien es mi mayor motivación que hace de mis días maravillosos y por hacer de mí el padre más feliz del mundo.

Irvin Alexander Rios Vidarte

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater la Universidad Ricardo Palma, por ser parte de nuestro crecimiento como profesionales y también como seres humanos.

A nuestra querida asesora Mg. Ing. Liliana Chavarría Reyes y al estimado Dr. Ing. Carlos Chavarry Vallejos por sus consejos y guía durante toda la investigación.

Rhonal Edward Molero Pacheco
Irvin Alexander Rios Vidarte

ÍNDICE GENERAL

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

1.10	Viabilidad.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Marco histórico.....	8
2.1.1	Artículos de Investigación.....	9
2.2	Investigaciones relacionadas con el tema.....	43
2.2.1	Investigaciones nacionales.....	43
2.2.2	Investigaciones internacionales.....	51
2.3	Estructura teórica y científica.....	55
2.3.1	El concreto.....	55
2.3.2	Cemento portland.....	55
2.3.3	Agregados.....	58
2.3.4	Agua.....	60
2.3.5	Propiedades del concreto.....	61
2.3.6	Causas del deterioro del concreto.....	62
2.4	Definición de términos básicos.....	64
2.4.1	Componentes del cemento Portland.....	64
2.4.2	Relación agua/cemento.....	65
2.4.3	Dosificación de concreto.....	65
2.4.4	Tiempo de fraguado.....	65
2.4.5	Diseño de mezcla del concreto.....	65
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....		67
3.1	Hipótesis.....	67
3.1.1	Hipótesis principal.....	67
3.1.2	Hipótesis secundarias.....	67
3.2	Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis.....	67
3.2.1	Variables.....	68
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO.....		70

4.1	Método de la investigación.....	70
4.2	Tipo de investigación.....	70
4.3	Nivel de la investigación.....	71
4.4	Diseño de la investigación.....	71
4.5	Población y muestra.....	71
4.5.1	Población.....	71
4.5.2	Muestra.....	71
4.6	Unidad de análisis.....	72
4.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
4.7.1	Descripción de procedimientos de análisis.....	72
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		73
5.1	Análisis e interpretación de resultados.....	74
5.2	Contrastación de resultados.....	90
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN.....		96
6.1	Discusión.....	96
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES.....		100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		101
ANEXOS.....		112
ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA: CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SULFATO Y CLORURO.....		113
ANEXO 2 – REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....		114
ANEXO 3 – SELECCIÓN DOCUMENTAL: REFERENCIAS – RESÚMENES – SUBTEMAS IDENTIFICADOS.....		125
ANEXO 4 – SUBTEMAS – JUSTIFICACIÓN – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....		170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por el agregado fino	59
Tabla N° 2: Parámetro HUSO 67 Agregado Grueso	60
Tabla N° 3: Contenido de Ión cloruro en el Agua	61
Tabla N° 4: Operacionalización de las Variables	69
Tabla N° 5: Criterios para la inclusión de la población de estudio.....	71
Tabla N° 6: Normativa para requisitos físicos estándar para un concreto resistente a sulfatos.	73
Tabla N° 7: Relación agua /cemento por resistencia	73
Tabla N° 8: Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos.	74
Tabla N° 9: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Alfaro, T. y Laura, L.	74
Tabla N° 10: Comparativa del tiempo de fraguado entre cemento Tipo V y HS según Bellido, F.	76
Tabla N° 11: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Yoo, D., et al.....	77
Tabla N° 12: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.	78
Tabla N° 13: Resumen comparativo del tiempo de fraguado entre NTP 334.082, Cemento Tipo V y diferentes dosificaciones de cemento Tipo HS.....	79
Tabla N° 14: Media en tiempo de fraguado para cada dosis de puzolana en el cemento HS.....	81
Tabla N° 15: Resistencias para un concreto HS patrón, concreto más naftaleno y concreto más policarboxilato para una relación $a/c = 0.67$	82
Tabla N° 16: Resistencias para un concreto HS patrón para una relación $a/c = 0.67$	82
Tabla N° 17: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto con cemento HS más policarboxilato para una relación $a/c = 0.56$	83
Tabla N° 18: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más 20% de puzolana para una relación $a/c = 0.56$	83
Tabla N° 19: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más Superplastificante con relación $a/c = 0.53$	84

Tabla N° 20: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más 25% de agregado reciclado para una relación a/c = 0.53.....	84
Tabla N° 21: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más Lactato de Calcio para una relación a/c = 0.50.....	85
Tabla N° 22: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto con cemento HS más 25% de escorias de alto horno para una relación a/c = 0.50.	85
Tabla N° 23: Resistencias para un concreto HS sin adiciones para una relación a/c = 0.48.....	86
Tabla N° 24: Resistencias para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación a/c = 0.48.....	86
Tabla N° 25: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.	87
Tabla N° 26: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.	87
Tabla N° 27: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.	87
Tabla N° 28: Promedios de las resistencias a la compresión axial para las diferentes relaciones agua / cemento sin aditivos a diferentes edades.	88
Tabla N° 29: Promedios de las resistencias a la compresión axial para las diferentes relaciones agua / cemento con aditivos a diferentes edades.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Cemento Tipo HS	58
Figura N° 2: Representación esquemática de corrosión electroquímica	63
Figura N° 3: Diagrama de flujo de tesis	67
Figura N° 4: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Alfaro, T. y Laura, L.	75
Figura N° 5: Comparativa del tiempo de fraguado entre cemento Tipo V y HS según Bellido, F.	76
Figura N° 6: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Yoo, D., et al.	77
Figura N° 7: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.	78
Figura N° 8: Comparativa del tiempo de fraguado entre NTP 334.082 y ASTM C-1157, Cemento Tipo V y diferentes dosificaciones de cemento Tipo HS.....	80
Figura N° 9: Media en tiempo de fraguado para cada dosis de puzolana en el cemento HS.....	81
Figura N° 10: Comparativa entre la norma y los promedios hallados en resistencia a la compresión axial del concreto con cemento HS sin aditivo a los 28 días.....	88
Figura N° 11: Relación agua/cemento vs Resistencia a la compresión axial del concreto con cemento HS sin aditivo a diferentes edades.	89
Figura N° 12: Comparativo de la evolución de la resistencia a la compresión axial a diferentes relaciones agua/cemento entre la norma, el concreto con cemento HS sin adiciones y concreto con cemento HS más Superplastificante.	90

RESUMEN

La presente tesis “Concreto con cemento Portland Tipo HS para estructuras afectadas por sulfato y cloruro”, tiene por objetivo analizar las propiedades físicas del concreto con cemento HS en relación a la resistencia a la compresión axial del concreto y tiempo de fraguado en lugares donde el sulfato y cloruro está presente como es lo zona costera.

La tesis es de tipo experimental con enfoque cuantitativo y cuyo nivel de investigación fue descriptivo y tipo descriptivo, explicativo y correlacional porque relacionó las variables cuantitativas del estudio.

Los resultados obtenidos muestran en los ensayos de compresión axial del concreto, que la resistencia va incrementando según se reduce la relación agua/cemento y esto supera la norma ACI ampliamente siendo un potencial sustituto al cemento Tipo V, el cual es usado aun actualmente.

En conclusión, para la presente investigación se determinó que al reducir la dosis de puzolana del cemento Tipo HS el tiempo de fraguado no se incrementa, pero que, si le toma más tiempo con respecto al Tipo V. A su vez, al obtener relaciones a/c más bajas sí se incrementó la resistencia a la compresión axial del concreto obteniendo mayores ventajas si trabaja en conjunto con algún aditivo superplastificante, el cual asciende al 30% en su resistencia a la compresión axial. Todo esto conlleva que el cemento Tipo HS será el perfecto sustituto frente al cemento Tipo V en zonas donde el sulfato y cloruro esté presente.

Palabras clave: Concreto, Cemento Tipo HS, Sulfato, Cloruro.

ABSTRACT

The present research work "Concrete with type HS Portland cement for structures affected by sulfate and chloride", aims to analyze the physical properties of concrete with HS cement in relation to the resistance to axial compression of concrete and setting time in places where sulfate and chloride are present as is the coastal zone.

This work is experimental with a quantitative approach and whose research level was descriptive and descriptive, explanatory and correlational because it related the quantitative variables of the study.

The results obtained show in the axial compression tests of concrete, that the resistance increases as the water / cement ratio decreases and this exceeds the ACI standard widely, being a potential substitute for Type V cement, which is still used today.

In conclusion, for the present investigation it was determined that by reducing the pozzolan dose of Type HS cement, the setting time does not increase, but that, if it takes longer with respect to Type V. In turn, when obtaining relationships, w/b lower, the resistance to axial compression of the concrete was increased, obtaining greater advantages if it works in conjunction with some superplasticizer additive, which amounts to 30% in its resistance to axial compression. All this means that Type HS cement will be the perfect substitute for Type V cement in areas where sulfate and chloride are present.

Keywords: Concrete, Type HS Cement, Sulfate, Chloride.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, la creciente demanda inmobiliaria ha llevado a que los cascos urbanos se expandan y por consecuencia, a que se construyan edificaciones cada vez más cercanas al litoral. Y es, en estas situaciones, donde se presenta la exposición a sulfatos y cloruros que afectan a las estructuras de concreto, motivando a la segregación y corrosión de estas mismas.

Es por ello, la necesidad de cementos especializados, relegando el concepto del cemento multipropósito e impulsando la idea de cemento de alto rendimiento para, de esta manera, agilizar los procesos constructivos con resistencias adecuadas y características propias, de acuerdo a las exigencias del proyecto.

Es aquí, donde el concreto con cemento Tipo HS toma relevancia, ya que está diseñado para todo tipo de estructuras y construcciones que requieran una alta resistencia a los sulfatos y cloruros.

En la presente investigación busca impulsar una solución más eficiente y económica para el problema mencionado, tomando en cuenta el las diferentes normas y textos en función a la viabilidad para el uso de cemento Tipo HS en estructuras cercanas al mar, debido a sus características ya mencionadas.

El objetivo de la investigación es analizar un concreto con cemento Tipo HS para aumentar la resistencia a la compresión axial en estructuras ubicadas en zonas costeras expuestas a agentes corrosivos como son los sulfatos y cloruros. Analizando el tiempo de fraguado y la relación de agua / cemento, y con esto se plantea 2 objetivos específicos:

- a) Reducción en la dosificación de la puzolana del cemento portland Tipo HS para incrementar el tiempo de fraguado del concreto.
- b) Reducción de la relación agua/cemento para incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto.

La presente investigación consta de 6 capítulos, los cuales se desglosan en: Capítulo I, donde se describe y contextualiza la realidad del problema, se plantea el problema general y los específicos de la investigación, como también se menciona la importancia, justificación y delimitación del mismo.

En el capítulo II se muestra el marco teórico, los estudios referentes a la investigación tales como artículos, tesis y revistas especializadas, las bases teóricas en las cuales se apoya la investigación para la realización.

En el capítulo III se muestra la formulación de la hipótesis general como las hipótesis específicas, donde se declara las variables del estudio.

En el capítulo IV, se centra en la metodología utilizada, su diseño, el cual presenta la población y muestra, las técnicas aplicadas en la recolección de datos y el debido procedimiento del análisis.

En el capítulo V, se visualiza la presentación de los diferentes resultados, para luego representarlos en Tablas y Figuras y así, llegar a su contrastación, la cual es la interpretación real de los resultados.

Finalmente, en el capítulo VI se muestra el desarrollo de las discusiones y conclusiones determinadas a partir de la comparación de diferentes investigaciones relacionadas con la nuestra, desprendiendo así las recomendaciones según las conclusiones obtenidas, para así obtener el aporte de la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En las últimas décadas, el Perú ha experimentado una creciente exponencial en el sector inmobiliario, lo cual ha llevado a que las urbes se expandan agresivamente y con ello, como consecuencia trajo que las poblaciones migren cada vez más cerca de las zonas del litoral.

Esto condujo a que materiales como el concreto comiencen a tomar relevancia dentro de las edificaciones como lo manifiesta la revista Perú Construye, (2019). “El concreto, por su resistencia, durabilidad y economía, se ha posicionado en la industria de la construcción como el material de mayor incidencia en el mundo, y en el Perú no es la excepción”.

No obstante, factores ambientales como la brisa marina, con su gran capacidad de deteriorar; así como las fallas de diseño, las prácticas equivocadas y la elección de materiales económicos y de baja calidad conducen a una estructura al límite, lo cual obliga a actuar.

En este aspecto, las estructuras de concreto en nuestro país muestran una posible debilidad, particularmente, las situadas en las zonas costeras, pues al examinar el agua de mar, se encuentran grandes acumulaciones de sales disueltas, y que la brisa marina con elevados contenidos de humedad transportan sulfatos y cloruros a las estructuras, originando deterioros en el concreto, fisuras, desgaste y corrosión, que si no son intervenidas ocasionan consecuencias desafortunadas como colapso parcial o total, lo cual conlleva pérdidas económicas por mantenimiento.

Girón, H. (2018), indica que recientes investigaciones en Japón, detectaron altas concentraciones de sulfatos y cloruros en el agua de mar, que asociados a los altos contenidos de humedad y a la acción de los vientos, generaron en conjunto factores ambientales propicios para el deterioro del concreto, afectando sus propiedades: resistencia y tiempo de fraguado.

Para resolver el problema descrito, los fabricantes de cementos han desarrollado un producto conocido como cemento Tipo HS, el cual mejorará las propiedades físicas del concreto, proporcionando a los ingenieros y a los propietarios una alternativa tecnológica ante la exposición de las condiciones ambientales, en la cual están emplazadas sus edificaciones.

1.2 Contextualización y delimitación del problema

Debido a la alta demanda del uso de concreto en las edificaciones, se generan muy a menudo daños en ellas en cuanto a su resistencia, durabilidad y por consiguiente agravio económico, Esta problemática toma mayor fuerza en construcciones aledañas al mar, en su mayoría expuestas a la brisa marina o mostrando cercanía al litoral marino o zonas costeras, ya que en este ambiente se presentan amenazas constantes como son los agentes corrosivos, que en la naturaleza se encuentran en forma de sales disueltas y el ion cloruro, afectando de esta manera en forma directa al concreto y por consiguiente al acero de refuerzo.

Entonces es por eso por lo que se plantean muchas alternativas de solución, siendo una de ellas la que presentamos en esta investigación, como son el uso del cemento por performance que en este caso será el cemento HS basándonos en diferentes ensayos ya realizados para zonas como las antes mencionadas.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿En qué medida el diseño de mezcla del concreto con cemento portland Tipo HS influye en las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfatos y cloruros?

1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS influye en el tiempo de fraguado del concreto?
- b) ¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la resistencia compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el diseño de mezcla del concreto con cemento portland Tipo HS para mejorar las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfato y cloruro.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Reducir la dosificación de la puzolana del cemento portland Tipo HS para incrementar el tiempo de fraguado del concreto.
- b) Reducir la relación agua/cemento para incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.

1.5 Justificación

El propósito del estudio es brindar una alternativa a las estructuras en relación a la exposición de sulfatos y cloruros presentes en la brisa marina usando un concreto con cemento Tipo HS y tomando en cuenta la Norma Técnica Peruana y de esa manera proteger y brindar un producto de calidad para los beneficiarios directos e indirectos y a su vez cumplir con el fin de cumplir las características mecánicas que indica la norma.

1.5.1 Conveniencia

La presente investigación se tomará como una alternativa posible para mitigar los ataques por sulfatos y cloruros en el concreto, beneficiando a las zonas costeras del litoral peruano. En dichas zonas existe la presencia de diferentes componentes químicos. Por consiguiente, las estructuras de concreto son dañadas y esto a su vez trae problemas severos a elementos estructurales. Entonces, en esta medida el trabajo de investigación se realizó con el objeto de brindar una alternativa de solución para retardar y minimizar la expansión de sulfatos y cloruros.

1.5.2 Relevancia social

La investigación presenta relevancia social, ya que pretende mejorar las propiedades del concreto con el uso de un cemento por performance que en este caso será Tipo HS frente a la exposición de sulfatos y cloruros en zonas costeras para obtener de este esta manera un diseño de mezcla de concreto y así reducir pérdidas de dinero por mantenimiento y proteger la vida humana que podría estar en riesgo como consecuencia de un colapso prematuro de las estructuras deterioradas por los agentes de corrosión.

1.5.3 Aplicación practica

Esta investigación ayudará como referencia para proyectos de construcción donde la brisa marina esté presente, ya que las condiciones geográficas ambientales y atmosféricas en esta zona, no es igual a todo el territorio peruano. Esto permitirá obtener una alternativa para aplicar tratamientos adicionales para mitigar o retrasar el efecto que puedan generar el ataque de sulfatos y cloruros en sus propiedades y con ello lograr garantizar la vida útil de las estructuras.

1.5.4 Valor teórico

La investigación contribuirá con hipótesis referente al concreto por performance Tipo HS enfocado a zonas costeras donde la exposición de sulfatos y cloruros es severa, a su vez adicionando más información al respecto de este tipo de cemento como también posible solución latente para otros escenarios tales como terrenos agrícolas, zonas industriales o terrenos de elevada humedad o aguas subterráneas donde también podría ser tomados en cuenta los conceptos y resultados de este análisis y este a su vez utilizado en futuras investigaciones.

1.6 Importancia

La importancia de esta investigación tiene como objetivo brindar un análisis de la incidencia del cemento Tipo HS en el concreto ante el ataque de los sulfatos y cloruros presentes en la brisa marina. Considerando que la norma peruana en su capítulo 4 de requisitos de durabilidad en su acápite de requisitos para concretos expuesto a sulfatos, indica que la puzolana y aditivos a utilizar se debe de comprobar mediante ensayos o experiencias, que mejora la resistencia y otras propiedades del concreto expuesto a ataques de sulfatos y cloruros en comparación a los que usan cemento tipo V.

1.7 Limitaciones

La dificultad en la disponibilidad y utilización de equipos de laboratorio para las pruebas experimentales debido a los condicionamientos de la pandemia del Covid19, por lo que la presente tesis es una investigación descriptiva, apoyada en material documental, estudios previos y fuentes para cumplir con las finalidades de la presente investigación.

1.8 Delimitación

1.8.1 Geográfica

El trabajo se delimita a las zonas cercanas al litoral.

1.8.2 Temporal

La investigación se desarrolla en el año 2020.

1.8.3 Temática

El tema es el uso de cemento HS para mitigar la exposición de sulfatos y cloruros en el concreto.

1.8.4 Muestral

Las muestras que se tomaran en cuenta son probetas de concreto de alto rendimiento que incluirán en el diseño de mezcla al cemento Tipo HS.

1.9 Alcance

La investigación se basa en la recopilación de información acerca del uso de un tipo de cemento por performance HS para tratar estructuras donde la brisa marina se haga visible. El desarrollo se dará en el concreto endurecido por resistencia a la compresión axial basado en la norma E060 y en el caso del concreto fresco por tiempo de fraguado.

1.10 Viabilidad

La investigación se hace viable convenientemente a que existen varias fuentes entre tesis, revistas y artículos, los cuales realizaron investigaciones relacionadas al análisis de influencia de cloruros y sulfatos en las estructuras de concreto en zonas costeras, la corrosión del concreto en ambiente marino, evaluación de problemas patológicos asociados a la sulfatación de concretos, por lo que concluimos que existe suficiente información para desarrollar la presente investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Unacem, (2017), Edificar siempre fue una firme constante en la historia del hombre. Desde que el hombre se marchó de las cavernas, se encontró con las necesidades de modificar las condiciones de habitabilidad y con ello los materiales jugaron un rol primordial para el desarrollo de tecnologías en la construcción. Los egipcios emplearon el yeso calcinado como cemento, los romanos emplearon cal, la cual se conseguía al templar la piedra caliza y se le agregaba arena para morteros. Los romanos también revelaron un cemento al cual permitía emplearse bajo el agua y lo comenzaron a utilizar en la construcción de puertos. Este cemento se obtuvo a partir de la adición de ceniza volcánica triturada a la cal, más tarde llamado cemento “Puzolánico”, en honor a la aldea de Pozzuoli cerca del Vesubio.

En lugares donde las cenizas volcánicas eran escasas, como en Gran Bretaña, el ladrillo triturado o el azulejo se usaba en su lugar. Los romanos fueron seguramente los primeros en modificar sistemáticamente las propiedades de los materiales cementosos para aplicaciones y situaciones específicas.

En 1824, Joseph Aspdin patentó el “Cemento Portland”, como material producto de quemar arcilla finamente molida y piedra caliza hasta que la piedra caliza fue calcinada. Lo llamo cemento Portland porque el concreto hecho de él parecía piedra de Portland, una piedra de construcción ampliamente utilizada en Inglaterra.

Años más tarde, Issac Johnson hizo el primer Cemento Portland moderno quemando una mezcla de tiza y arcilla en temperaturas más altas, muy parecidas a las usadas hoy en día. A temperaturas entre los 1400°C a 1500°C se produce el clinker y se forman minerales que son reactivos y fuertes.

En el siglo XX, los hornos rotatorios de cemento sustituyeron gradualmente a los hornos verticales empleados para obtener la cal. Los hornos rotatorios calientan el clinker principalmente por transferencia de calor permitiendo obtener temperaturas de combustión elevada.

En el presente siglo, con el ingreso de nuevas técnicas de construcción, la formulación del cemento se fue acomodando a las necesidades de los constructores para cada aplicación. Es así como se ampliaron nuevas gamas de cementos portland puzolánicos tipo IP y cementos tipo HE y tipo HS. Cementos para altas resistencias

a tempranas edades, los cuales son más eficaces como el tipo HS que tiene alta resistencia a los sulfatos y mitigan el acceso de agentes agresivos al concreto como: aguas salinas, aguas servidas, desechos industriales, etc.

2.1.1 Artículos de Investigación

Maes, M. y De Belie, N. (2014), manifiestan que:

Los entornos marinos suelen ser agresivos para las estructuras de hormigón, ya que el agua de mar contiene altas concentraciones de cloruros y sulfatos. Para mejorar las predicciones de la durabilidad del hormigón en dichos entornos, es importante comprender los mecanismos de ataque de estos iones en combinación.

Se investigó la influencia recíproca de Cl^- y SO_4^{2-} para cuatro mezclas, con cemento Portland ordinario, cemento altamente resistente al sulfato y con escoria de alto horno (50% y 70% de reemplazo de cemento). Penetración de cloruros y los coeficientes de difusión se midieron para investigar la influencia de ataque de SO_4^{2-} en Cl^- . Además, se realizaron mediciones de cambio de longitud y masa para examinar la influencia del Cl^- en el ataque de SO_4^{2-} . Desde la formación de etringita, el yeso y la sal de Friedel jugaron un papel importante, además se realizaron análisis difracción de rayos X (XRD).

Se puede concluir que la penetración de cloruros aumenta cuando el contenido de sulfato aumenta en períodos cortos de inmersión, excepto para el concreto de alta resistencia a sulfatos (HSR). En cuanto al ataque de los sulfatos, la presencia de cloruros tiene un efecto atenuante.

González-Ortega, M., et al. (2019), aseguran que:

El enfoque de la durabilidad de las mezclas de hormigón con escoria EAF como agregado (HS); Se utilizaron mezclas con agregados de piedra caliza (HC) y barita (HAB) como referencia para aplicaciones estructurales y de gran peso, respectivamente. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, módulo elástico, penetración de agua a presión, ciclos húmedo-seco, ciclos de congelación-descongelación, influencia de las condiciones ambientales y lixiviación. Los resultados indican que el HS tiende a presentar una mayor profundidad de penetración del agua bajo

presión, una expansión ligeramente mayor, una mayor profundidad de carbonatación y una resistencia a la compresión similar a la del HC de referencia. Se debe prestar atención a la formación de puntos de manchas en la superficie del concreto HS sometida a ciclos de secado en húmedo.

González, Á., et al. (2020), sustentan que:

Estudian el efecto del cemento Portland y puzolánico en la cicatrización de grietas de morteros preparados con bacterias *Bacillus pseudofirmus* y lactato de calcio como nutriente. Se prepararon mezclas con el mismo contenido de cemento, agua, arena y Agregado Ligero. Los resultados mostraron una relación inversa entre el ancho de la grieta y el área de autocuración, ocurriendo la mayor parte de la curación entre 0 y 21 días de acondicionamiento de la muestra. La curación en muestras con lactato de calcio solo y lactato de calcio + bacterias fue significativamente mayor que en las muestras de control. Los resultados indican que el cemento Portland promueve mejor la autocuración de las grietas en comparación con el cemento puzolánico.

Osmanovic, Z., Haračić, N. & Zelić, J. (2018), sostienen que:

Examinaron la eficacia de polvos de horno de cemento (CKD) característicamente diferentes como un reemplazo parcial de la escoria de alto horno granulada molida (GGBFS) en el desarrollo y producción de tres tipos de cementos de alto horno (CEM III/A, B, C), 9 mezclas por tipo de cemento, es decir, CEM III/A, CEM III/B y CEM III/C, se prepararon en el molino de laboratorio a partir de materias primas industriales (clinker de cemento Portland, yeso, GGBFS, CKDs). La adición de yeso como regulador de fraguado se fijó en 4% en masa en todas las mezclas estudiadas. El contenido de CKD (polvo de clinker de cemento y polvo de filtro de cemento) como sustitutos de escoria fue del 4% en masa en todas las mezclas de CKD estudiadas. Se utilizó el cemento Portland tipo CEM V 42.5N como cemento de control. Los resultados han demostrado que la composición química y las propiedades químicas y físicas de las mezclas de cemento preparadas CEM III / A, B, C cumplen con los requisitos de EN 197-1. El desarrollo de resistencia en estas mezclas de cemento está

obviamente relacionado con la relación clínker de cemento Portland a GGBFS. En comparación con OP tipo V, el cemento de alto horno desarrolló una menor resistencia a la compresión en edades tempranas, pero igual o mayor en edades posteriores en más casos, es decir, las 9 mezclas de cemento CEM III/A y 7 CEM III/B cumplen, mientras que ninguna mezcla de cemento CEM III/C cumple con los requisitos de la norma EN 197-1 Resistencia a la compresión Clase 42,5N. Desde la perspectiva de la resistencia, la presencia del polvo de clínker de cemento es más efectiva que la del polvo del filtro de cemento debido a sus diferentes composiciones químicas y mineralógicas.

Paiva, H., et al. (2016), sustentan que:

La durabilidad de las estructuras de hormigón es un tema importante hoy en día. En concreto, en el caso de los puentes de hormigón armado u otras infraestructuras, el principal factor de agresión medioambiental es la penetración de iones cloruro, lo que conduce a la corrosión del acero de refuerzo del hormigón. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la introducción de metacaolín y diatomita, dos puzolanas química y físicamente diferentes, sobre la resistencia del hormigón a la penetración de cloruros, y también sobre otras de sus propiedades como la distribución de su porosidad o su resistencia a compresión.

Los resultados de este estudio muestran que las características físico - químicas de las puzolanas tienen una fuerte influencia en su comportamiento y en consecuencia, en las propiedades del hormigón.

Almuwbber, O., et al. (2018), afirman que:

Se contrastaron los efectos de las cenizas volantes y la escoria en las propiedades frescas y endurecidas del concreto autocompactante (SCC) utilizando cuatro cementos CEM I 52.5 N producidos en diferentes fábricas de acuerdo con ASTM C150, dos superplastificantes a base de policarboxilato-ácido, dos cenizas volantes de clase F y una escoria. Las diferencias en las características del cemento fueron suficientes para afectar las propiedades de flujo del SCC. La compatibilidad del cemento y los aditivos dependía principalmente de la concentración de la relación

C₃A, C₂S / C₃S, la superficie específica del cemento y el tipo de superplastificante utilizado. Se propone un protocolo para evaluar la sensibilidad de un diseño de mezcla de SCC a un tipo de cemento.

Ahmad, S., Lawan, A. & Al-Osta, M. (2020), afirman que:

La influencia de la dosificación de azúcar en el tiempo de fraguado y la resistencia de dos tipos de cementos Portland (Tipo I y Tipo V) son ampliamente utilizados en Arabia Saudita, lo que lleva a la selección de una dosis óptima de azúcar como un retardador de fraguado alternativo. Se prepararon muestras de pasta y mortero con diferentes dosis de azúcar y se analizaron los tiempos de fraguado inicial y final, la resistencia a la compresión y el examen microestructural de los cementos fragmentados. La morfología de las muestras de mortero mezclado con azúcar se estudió utilizando un microscopio electrónico de barrido. Se observó que la adición de hasta un 0,05% de azúcar por peso de cemento aumentaba considerablemente el tiempo de fraguado, sin embargo, una adición adicional de azúcar reducía el tiempo de fraguado de ambos tipos de cementos. Resistencia de las muestras de mortero, especialmente a edades tempranas, disminuyó con un aumento en el contenido de azúcar. Los resultados generales de este estudio indican que, para evitar efectos adversos sobre el tiempo de fraguado y la concentración, la dosis de azúcar debe estar en el rango de 0,05 a 0,1% en peso de ambos tipos de cementos considerados en el presente estudio de caso.

Kim, J., McCarter, W. y Suryanto, B. (2018), aseguran que:

Presentan el comportamiento de las losas de hormigón armado CEM I, CEM III / A y CEM II / BV expuestas al medio marino durante 18 años. El rendimiento se evalúa en términos de porosidad, grado de saturación, concentración de cloruro y gradientes de resistividad eléctrica evaluados a través de la superficie ~150 mm; Se evaluó el estado del acero incrustado mediante técnicas electroquímicas. Sobre la base de los parámetros relacionados con el transporte de cloruro, se introdujeron dos nuevos factores ambientales en el modelo ClinConc para predecir la entrada de cloruro en el concreto insaturado. También se presenta un sistema de

monitoreo que permite la interrogación remota de aquellas losas ubicadas en el sitio de exposición marina.

Geetha, S. y Madhavan, S. (2017), aseguran que:

Las estructuras de hormigón marino están sujetas a condiciones de exposición muy severas. Su durabilidad está directamente relacionada con la calidad del hormigón utilizado. Para estas aplicaciones, el hormigón debe poseer características de permeabilidad de baja a muy baja y su durabilidad puede asegurarse con el uso de composiciones de mezcla adecuadas. Dado que el hormigón de alta resistencia es de baja permeabilidad, se necesita un grado de hormigón de este tipo para lograr un alto rendimiento en el medio marino. Este artículo se centra en el desarrollo de un hormigón resistente a la corrosión utilizando escoria de cobre, cenizas volantes y humo de sílice con cemento Portland para su uso en entornos marinos. Las cenizas volantes, que son un subproducto de las centrales térmicas, se han utilizado como reemplazo del cemento y la arena. Se logró una resistencia a la compresión de 70 MPa y una resistencia a la flexión de 6 MPa con escoria de cobre y cenizas volantes. Los ensayos experimentales se diseñaron utilizando un diseño compuesto central y también se llevó a cabo una optimización múltiple para una mayor resistencia y menor capacidad de absorción.

Pfingsten, J., Rickert, J. y Lipus, K. (2018), sustentan que:

Se investigaron métodos para estimar el contenido de escoria de alto horno granulada molida (GGBFS), cenizas volantes y otras puzolanas en concreto endurecido, incluido un procedimiento de disolución selectiva, un método basado en microscopía electrónica de barrido (SEM) combinado con análisis de imágenes y un método XRF. Los resultados revelan que el contenido de GGBFS en concreto se puede estimar con todos los métodos. La precisión del método de disolución selectiva puede aumentarse considerando el comportamiento de disolución del agregado respectivo. Las investigaciones SEM combinadas con el análisis de imágenes permiten además estimar el contenido de puzolanas como cenizas volantes o arcilla calcinada.

Yan, X., et al. (2019), afirman que:

Este artículo investigó principalmente la resistencia a los sulfatos del hormigón incorporado a la escoria bajo curado al vapor. Las muestras de concreto con diferentes proporciones de reemplazo (0%, 20%, 50% y 70%) de escoria bajo curado con vapor se expusieron a 5% de Na_2SO_4 solución hasta por 540 días. Los cambios de masa, la porosidad abierta y el contenido de iones sulfato del hormigón se determinaron por separado. Además, se realizaron XRD, TGA, SEM y MIP en las muestras de pasta de cemento para investigar el paisaje de sus microestructuras. Los resultados mostraron que la variación del cambio de masa se quedó atrás que la de la porosidad abierta. El curado con vapor aumentó la penetración de sulfatos y el deterioro del hormigón de escoria. Curiosamente, la incorporación de 50% de escoria mejoró la resistencia a los sulfatos del hormigón curado estándar y la incorporación de un 70% de escoria mejoró la resistencia a los sulfatos del hormigón curado al vapor. Esto se debió a que una fase de tipo hidrotalcita en la pasta de escoria obstaculizó la formación de etringita. Sin embargo, el hormigón curado al vapor preparado con 20% y 50% de escoria experimentó un deterioro mucho peor, que se debió principalmente a la formación de etringita y yeso.

Farina, S., Duffó, G. y Klein, N. (2019), aseguran que:

En el contexto del Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos, llevado a cabo por la Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina), está previsto que el repositorio de residuos radiactivos de nivel bajo se construya de hormigón armado y, dado que es una estructura con altos requerimientos de vida útil (más de 300 años), se deben tener en cuenta todas las situaciones que puedan ocasionar la degradación del mismo. En particular, la degradación por corrosión de las barras de refuerzo del hormigón en presencia de sulfatos, así como el efecto combinado de cloruros y sulfatos, son fenómenos de los cuales se tiene escasa información. Es por esto, que el objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que tiene el ion sulfato sobre la degradación de las barras de

refuerzo en las estructuras de hormigón armado (en diferentes ambientes de exposición). A tal efecto, se utilizaron barras de acero embebidas en probetas de mortero con adición de sulfato, cloruro y una mezcla de ambos. En la fabricación de las probetas se utilizaron dos tipos de cemento distintos (Pórtland normal y resistente al sulfato) y se expusieron las probetas a distintas condiciones medioambientales (ambiente de laboratorio, ambiente con alta humedad relativa y sumergidas en solución de sulfato). Se midieron a lo largo del tiempo ciertos parámetros indicadores del proceso corrosivo. Se encontró que la presencia de iones sulfato puede provocar la despasivación del acero de refuerzo del hormigón armado, desencadenando la corrosión del mismo. Además, se encontró que la susceptibilidad al ataque corrosivo debido a la presencia conjunta de iones sulfato y cloruro es mayor respecto al efecto del cloruro. A su vez, se encontró que el ataque corrosivo fue más intenso sobre el cemento resistente al sulfato que sobre un cemento tipo Pórtland normal.

Herrera-Mesen, C., et al. (2020), afirman que:

El objetivo fue evaluar la influencia del tipo de acelerador, el tipo de cemento y la edad de exposición sobre el mecanismo de degradación y la durabilidad de los morteros proyectados sometidos al ataque externo de sulfatos (ESA). Se extrajeron núcleos y prismas de paneles rociados con 8 composiciones de mortero (con 2 tipos de cemento resistente al sulfato y 4 aceleradores de fraguado) y luego se expusieron a una solución de sulfato a las edades de 7 o 28 días durante 400 días. La evolución del ESA se evaluó mediante XRD, SEM, resistencia a la compresión, variación dimensional y velocidad del pulso ultrasónico. Los resultados muestran que los aceleradores alcalinos aumentan drásticamente la vulnerabilidad de la matriz a ESA. La degradación se ve reforzada por la mayor solubilidad de las fases de aluminato y la mayor formación de fases expansivas.

Le, D., Sheen, Y. y Lam, M. (2018), aseguran que:

Este estudio se centra en el uso combinado de residuos agrícolas e industriales en el desarrollo de hormigón ecológico. Las características

frescas y endurecidas del hormigón autocompactante (SCC) hecho de cemento mezclado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (SBA, un residuo agrícola generado durante la fabricación de azúcar), escoria granulada de alto horno (BFS) y cemento Portland ordinario se examinaron mediante un programa experimental. Se desarrollaron tres grupos de mezcla de SCC (BA10, BA20 y BA30) correspondientes con tres niveles de reemplazo de cemento de SBA (10%, 20% y 30%). Para cada grupo, se emplearon además cuatro mezclas asociadas con cuatro proporciones de reemplazo de cemento por escoria (0%, 10%, 20% y 30%). En total, se desarrollaron 12 mezclas que incorporan cemento mezclado SBA y BFS y una mezcla de referencia para el experimento. T_{500} asentamiento, prueba de caja y tiempo de fraguado. Además, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, velocidad de pulso ultrasónico, ataque de sulfato, absorción de agua y resistividad eléctrica para concreto endurecido. Los resultados de las pruebas indicaron que la sustitución de SBA y / o BFS por OPC en mezclas condujo a una menor fluidez. La resistencia a la compresión de la muestra hecha de 30% de SBA y 30% de BFS en sustitución de OPC fue comparable a la del control después de 91 días. Además, tanto el SBA como el BFS mejoraron fuertemente la resistencia al ataque de sulfatos; y casi las muestras de SCC tenían una tasa de corrosión insignificante después de 28 días de edad.

Li, T., et al. (2018), aseguran que:

El presente estudio investigó el efecto de la acción combinada de los ciclos de congelación-descongelación (F-T) y el ataque de sulfatos sobre la resistencia del concreto que contiene cenizas volantes de bajo volumen (LVFA) y cenizas volantes de alto volumen (HVFA) hechas con material reciclado grueso. agregados de hormigón (CRCA). Los hormigones con una relación agua-aglutinante de 0,50 que contienen cenizas volantes (FA; LVFA y HVFA) y CRCA (es decir, 0%, 20%, 50% y 100% también en peso) como reemplazo de agregados naturales gruesos (CNA) fueron expuestos a agua, solución de sulfato de sodio al 5% y solución de sulfato de magnesio al 5% en ciclos F – T. El rendimiento, incluida la resistencia a la compresión residual, el módulo de elasticidad dinámico relativo y la

microestructura del hormigón, se evaluó después de haber sido sometido a ciertos ciclos F – T en soluciones de sulfato. Los resultados indicaron que la resistencia de las mezclas de concreto a los ciclos combinados F – T y al ataque de sulfatos aumentó con el aumento del contenido de CRCA como reemplazo de CNA. Comparado con el hormigón sin FA, el hormigón a base de LVFA mostró una excelente mejora en la resistencia a la acción combinada de los ciclos F – T y el ataque de sulfatos; sin embargo, el hormigón a base de HVFA tuvo un efecto adverso sobre la resistencia. El deterioro del hormigón se atribuyó a la interacción entre F – T y el ataque de sulfatos. Además, la resistencia de los hormigones a base de LVFA y HVFA contra el ataque combinado de F-T y sulfato aumentó durante todo el ensayo cuando los hormigones fueron sometidos a ciclos F-T en solución de sulfato de sodio al 5%. El ataque de sulfato ejerció más efectos positivos que negativos en los ciclos F – T. Sin embargo, la resistencia de los hormigones a base de LVFA y HVFA contra el ataque combinado de F – T y sulfato aumentó durante los ciclos iniciales de F – T y luego disminuyó en la solución de sulfato de magnesio al 5%. La solución de sulfato de sodio al 5% produjo mejoras similares en la resistencia F-T de los hormigones a base de LVFA y HVFA, mientras que la solución de sulfato de magnesio al 5% evidentemente redujo la resistencia F-T del concreto con HVFA que con LVFA.

Fodil, D. y Mohamed, M. (2018), sustentan que:

El estudio contribuye al desarrollo de sistemas más sostenibles para limitar y perjudicar los efectos ambientales, así como la desintegración de estructuras de hormigón de cemento Portland artificial (APC). En este contexto, se llevaron a cabo pruebas experimentales para desarrollar ligantes sostenibles utilizando puzolana natural (PZ) y perlita (P) con una tasa de sustitución de cemento relativamente alta. Un cierto nivel de reemplazo de cemento con estas puzolanas es muy ventajoso en términos de costo, eficiencia energética, beneficios ambientales, así como como propiedades mecánicas y durabilidad.

Aquí se han desarrollado y anotado una serie de propiedades importantes del hormigón como la resistencia a la compresión, la resistencia a la

corrosión, la penetración de cloruros y la resistencia a los sulfatos. Los resultados obtenidos muestran que el 10% y el 20% de la puzolana natural mejora las propiedades mecánicas, y se observa que el 10% de la sustitución del cemento por puzolana y el 10% de la perlita condujo a una reducción de la velocidad de Corrosión por NaCl. Un reemplazo mayor de puzolana y perlita tuvo un efecto negativo sobre la corrosión. Finalmente, cabe señalar que los iones sulfato no afectaron la corrosión

RA, P., Cardoso, F. y John, V. (2020), afirma que:

Una estrategia principal para reducir las emisiones de CO₂ de la industria del cemento es el reemplazo del clínker por SCM. Sin embargo, la adición de SCM afecta la reactividad química y la demanda de agua de las composiciones mezcladas, lo que influye en el comportamiento mecánico y medioambiental de los productos cementosos. Este trabajo evalúa la eficiencia de un OPC y seis cementos Portland-puzolana. La fracción de agua combinada (químicamente combinada / agua de mezcla), cwf, se propone como un índice de eficiencia del ligante que presenta una fuerte correlación con la resistencia mecánica de los morteros. Adicionalmente, el estudio indica que el impacto ambiental de los morteros (intensidad de carbono) no solo está relacionado con la huella de CO₂ del cemento, sino también con el índice cwf.

Saraswathy, V. y Song, H. (2007), sostienen que:

Se ha intentado analizar las características de corrosión de tres tipos de cementos, a saber, cemento Portland ordinario (OPC), cemento Portland puzolana (PPC) y 25% de cenizas volantes reemplazadas en cemento Portland ordinario (FA) mediante el diseño de dos grados. de hormigón, mezclas M20 y M40 en condiciones de exposición acelerada. Las losas de hormigón armado de tamaño 900 mm × 180 mm × 100 mm se fundieron, curaron y pre - fisuraron hasta un ancho de fisura de 0 mm y 0,10 mm, se expusieron a condiciones de prueba aceleradas en entornos con 3% de NaCl y se evaluaron para determinar su resistencia a la corrosión utilizando diversos métodos electroquímicos. Se discutieron en detalle pruebas como potencial de circuito abierto, técnica de polarización lineal,

cloruro libre, alcalinidad y mediciones de pérdida de peso y los resultados obtenidos.

Yeon, M., et al. (2020), afirman que:

Esta investigación experimental ha validado la viabilidad de utilizar escoria de silicomanganeso (SiMn), arena marina y agua de mar en la producción de hormigón. Se evaluaron las resistencias a la tracción del hormigón a la compresión ya la rotura. También se evaluó la durabilidad del hormigón, que incluyó la absorción de agua, la penetración de cloruros y la resistencia a los sulfatos. Se descubrió que la escoria de SiMn reduce la resistencia a la compresión y a la tracción del hormigón en un 9,2% y un 17,5%, respectivamente. Sin embargo, el hormigón exhibió una durabilidad comparable a la del hormigón convencional a los 90 días, aunque mostró un valor reducido a los 28 días. La investigación también ilustró que la arena marina mejoró la durabilidad del hormigón en al menos un 42,3% y un 11,5% en aspectos de sorptividad y penetración de cloruro respectivamente, mientras que el agua de mar mostró poco efecto.

Wang, Y., et al. (2019), aseguran que:

Estudian la unión y difusión de cloruros del hormigón marino producido con cemento de piedra caliza Portland y puzolanas enriquecidas con alúmina. Se investigan la capacidad de unión de cloruros, el efecto de la composición química del aglutinante sobre la unión de cloruros y el papel de la unión de cloruros en la difusión de cloruros. Los resultados muestran que la adición de puzolanas enriquecidas con alúmina beneficia la formación de hemicarboaluminato que tiene baja densidad y alta eficiencia de llenado, lo que ayuda a densificar la matriz. La microestructura densificada restringe significativamente la difusión de cloruro, y las profundidades de penetración pueden estar bien indicadas por el contenido de agua evaporable. La capacidad de unión de cloruros depende de CaO a Al_2O_3 (C / A) relación de aglutinante. Existe un valor crítico de la relación C / A, que generalmente varía de 3 a 7, para maximizar la capacidad de unión de cloruros. Para las relaciones C / A menores que el valor crítico, la alúmina en el sistema es excesiva y la capacidad de unión de cloruros

está más estrechamente relacionada con el contenido de calcio; para las relaciones C / A superiores al valor crítico, el calcio es suficiente y la capacidad de unión de cloruros depende en gran medida del contenido de alúmina en el sistema. Los resultados del modelo numérico muestran que la unión de cloruros obviamente retrasa la difusión de cloruros en el hormigón. Sin embargo, en las primeras edades de exposición, este retraso es menos notable debido a la larga duración requerida para el equilibrio de unión de cloruro en la solución de los poros del hormigón. Para un tiempo de exposición prolongado, se espera que la difusión del cloruro retarde para su unión.

Harbulakova, V., Estokova, A. y Kovalcikova, M. (2017), sostienen que:

La utilización de materiales puzolánicos (cenizas volantes, escoria, zeolita, metacaolin, microsílíce) y más en la fabricación de cemento y hormigón ha aumentado considerablemente en las últimas décadas. Otra opción es usar concreto que contenga cemento resistente al sulfato. Esto podría ayudar a minimizar los impactos nocivos sobre el hormigón expuesto a un ambiente agresivo. En el artículo se presenta la cuestión del impacto deteriorado de los tres tipos de corrosión del hormigón (ácido, sulfato y lixiviación) investigados mediante análisis de correlación. Las concentraciones de silicio y calcio lixiviados de las muestras de concreto a la fase líquida y los valores de pH medidos se utilizaron como datos de entrada para un enfoque matemático del estudio del cemento resistente al sulfato. El rendimiento del hormigón a base de cemento resistente al sulfato se mejoró cuando se expone al ataque de sulfato, pero no en el caso de la corrosión por lixiviación causada por el agua.

Bindiganavile, V., et al. (2016), realizaron:

Una descripción de los enfoques para evaluar la resistencia de los compuestos a base de cemento al ataque de sulfato. El enfoque convencional de la evaluación por medio de la medición de la expansión se discute en comparación con la difusión del sulfato, que se cuantificó en función de la profundidad. Además de los tipos CSA GU y HS, también se examinó una mezcla 30:70 de ceniza mosca y cemento Tipo GU. Los

especímenes así producidos se sumergieron en una solución de sulfato según la norma ASTM C1012 y se recuperaron de forma diversa después de 7, 14, 28, 56 y 84 días de exposición. Como era de esperar, el cemento tipo HS tuvo un mejor rendimiento con una mínima expansión e ingreso de sulfato. Por otro lado, el cemento Tipo GU mostró menor expansión e ingreso de sulfato en comparación con el aglutinante mezclado de cenizas volantes. Aunque portaba una porosidad idéntica, el aglutinante mezclado tenía el tamaño de poro mediano más pequeño. Por lo tanto, la entrada de sulfato y la consiguiente producción de etringita probablemente agrieta el sistema mezclado más que los otros dos. Significativamente, después de largas duraciones de exposición al sulfato, el sistema mezclado mostró una mayor resistencia a la tracción, lo que implica una curación de grietas a través de la formación de etringita.

Alapour, A. y Hooton, R. (2017), afirman que:

En 1976, la producción de escoria de alto horno paletizado por separado comenzó cerca de Hamilton, ON, Canadá, y en 1977 comenzó un programa de investigación para estudiar los efectos de este cemento escoria sobre la resistencia al sulfato del hormigón. Para ello, se fabricaron cilindros de hormigón a partir de ocho lotes utilizando tipos de cemento portland normales, moderados y altamente resistentes a sulfatos, así como mezclas de cemento portland alto C3a más escoria en una proporción de materiales cementosos (w/cm) de 0.45 o 0.50. En el presente estudio, se cortaron muestras de cilindros de hormigón después de 38 años de exposición a soluciones de sulfato de sodio y se prepararon secciones delgadas para su análisis mediante microscopía electrónica de barrido. Se investigaron detalles microestructurales desde la superficie expuesta hasta el centro de cada cilindro y se determinaron diferentes fases. Se encontró que en las muestras se habían formado etringita, taumasita, yeso y capas de carbonato de calcio. La sustitución de escoria del 65% de cemento portland con alto contenido de C₃A fue muy efectiva para mejorar el rendimiento del concreto expuesto al sulfato de sodio.

Zhutovsky, S. y Hooton, R. (2017), sustentan que:

El ataque de sulfato puede causar daños graves a las estructuras de hormigón. La estrategia de mitigación más común contra el ataque de sulfato químico en concreto es la reducción de la proporción de agua a materiales cementosos, el uso de cementos Portland de baja C_3A y/o el uso de materiales cementosos suplementarios. Sin embargo, el ataque físico de la sal debido a la exposición al sulfato de sodio todavía puede causar daños al hormigón con una baja relación entre agua y materiales cementosos, y se ha informado de que los materiales cementosos suplementarios reducen incluso la resistencia al ataque físico de la sal. El propósito de la presente investigación es estudiar el efecto de la relación agua/materiales cementosos y los materiales cementosos complementarios sobre la capacidad del mortero para resistir el ataque físico de sal. Los morteros, hechos con proporciones agua-materiales cementosos entre 0,35 y 0,50, y con dos niveles de reemplazo de cemento por cenizas volantes o escoria granulada de alto horno, fueron expuestos al ataque físico de sulfato. Se estudió la pérdida de masa por ataque de sulfato físico y su relación con la estructura de los poros y las propiedades de transporte. Los resultados muestran una buena correlación entre la resistencia al ataque físico de sal y el radio umbral de poro utilizando porosimetría de intrusión de mercurio, así como el coeficiente de migración de cloruro. Para las condiciones de curado utilizadas, se encontró que la escoria de alto horno granulada mejoraba la resistencia al ataque físico de sal, mientras que la ceniza voladora demostró un efecto negativo.

Lizarazo, J., Salas, A. y Escobar, D. (2016), afirman que:

Se determinaron las propiedades de resistencia a la compresión, resistencia a la carbonatación y resistencia a la penetración de ion cloruro en mezclas de concreto adicionadas con altos volúmenes de escoria granulada de alto horno (GGBS, por sus siglas en inglés) con relaciones agua cemento de 0.4 y 0.5. Adicionalmente, en el estudio se investigó el efecto del curado en las propiedades mencionadas. Se evaluaron dos métodos de curado: (1) curado al aire y (2) curado húmedo. Los resultados mostraron que las condiciones de curado seco tienen un efecto adverso en las propiedades de

mezclas, especialmente de aquellas con altos contenidos de escorias. En contraste, las muestras curadas bajo condiciones de humedad presentaron un desempeño igual o superior al de las mezclas producidas únicamente con cemento Portland común.

Santhanam, M. y Otieno, M. (2016), aseguran que:

Una compleja interacción de factores físicos y químicos afecta el desempeño del hormigón en las estructuras marinas. Este capítulo presenta revisiones de los mecanismos de deterioro del hormigón en el medio marino. En primer lugar, se describen las condiciones de exposición marina, seguidas de una revisión crítica de los mecanismos de transporte y los procesos de deterioro en este entorno. Los mecanismos de deterioro se clasifican además en químicos y físicos, y cada uno de ellos se describe por separado para comprender sus variados efectos sobre la microestructura del hormigón y las propiedades mecánicas. El papel fundamental del tipo de aglutinante se aborda brevemente, principalmente con respecto a la corrosión del acero en el medio marino.

Fu, Q., et al. (2020), afirman que:

Para mejorar la durabilidad de las estructuras de hormigón utilizadas en plantas de tratamiento de aguas residuales (STP) en alta mar, en este estudio se desarrolló un hormigón de alta resistencia a la sal (HSRC) preparado mezclando múltiples aditivos minerales. Se investigó el efecto de las aguas residuales artificiales con alto contenido de sal, las "aguas residuales" simuladas sobre las propiedades del HSRC y se propuso el mecanismo de resistencia a la sal. Los resultados muestran que el coeficiente de resistencia a la corrosión (K_f) de los hormigones curados en aguas residuales disminuyó y su coeficiente relativo de permeabilidad al cloruro (P_n) aumentó a medida que la edad de curado pasó de 7 a 150 d. Además, la K_f del HSRC compuesto de escoria, polvo de basalto y yeso desulfurado con un 69,4% de reemplazo de cemento, fue 47,8% mayor que el del hormigón normal después de 150 d de curado, mientras que el P_n del HSRC fue 12,5% menor que el del hormigón normal. Sin embargo, el reemplazo excesivo de polvo de basalto en el cemento probablemente

provocó efectos negativos. Además, cuando se cura en aguas residuales, el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CSH gel producido en pastas, que fueron los hormigones con agregados removidos, fueron consumidos por iones corrosivos y formaron productos de corrosión compuestos por yeso, singenita, cristales de taumasita, etc., que fueron generados en las pastas HSRC con agregados removidos, fueron menos que los de otras muestras. Además, la porosidad de las pastas HSRC en agua dulce fue menor que la de otras muestras, lo que contribuyó a la capacidad de las pastas para resistir la permeación de iones corrosivos. Los resultados de este estudio tienen importancia de ingeniería práctica para la seguridad de las estructuras de hormigón utilizadas en los entornos de alta salinidad de las STP en alta mar.

Otieno, M., Ikotun, J. y Ballim, Y. (2020), aseguran que:

Este artículo informa una investigación sobre la influencia de las condiciones de exposición tierra adentro, la calidad del hormigón y la profundidad de cobertura en la iniciación de la corrosión inducida por carbonatación del acero en hormigones expuestos al medio urbano interior. Se prepararon muestras de cubos de hormigón de 100 mm utilizando cinco tipos de aglutinante, a saber, cemento Portland simple (CEM I 52,5 N, PC), 70/30 PC / FA (cenizas volantes), 50/50 PC / BS (escoria de alto horno), 90 / 10 PC / SF (humo de sílice) y 60/30/10 PC / BS / SF en tres relaciones a / b de 0,40, 0,60 y 0,95. Para todos los hormigones, se moldearon y curaron dos conjuntos de especímenes complementarios durante 7 y 28 días antes de exponerlos a ambientes naturales interiores, exteriores protegidos y exteriores sin refugio. La calidad del hormigón se caracterizó mediante la absorción de agua y la permeabilidad al oxígeno. Las profundidades de carbonatación se midieron a intervalos de 6 meses hasta 2 años. Los resultados muestran que a medida que aumenta la calidad del hormigón, la tasa de carbonatación disminuye. Los resultados también muestran que la tasa de carbonatación es más sensible a la calidad del hormigón (tipo de ligante y relación a / b) que la duración del curado. Los especímenes expuestos en interiores exhibieron tasas de carbonatación más altas que los correspondientes hormigones expuestos al aire libre. Los hormigones de

cemento mezclado mostraron una tasa de carbonatación más alta que los hormigones de PC simple. Se propone un modelo empírico de predicción de la tasa de carbonatación que incorpora tanto la permeabilidad del gas como la sorptividad del agua como parámetros de entrada. Los especímenes expuestos en interiores exhibieron tasas de carbonatación más altas que los correspondientes hormigones expuestos al aire libre. Los hormigones de cemento mezclado mostraron una tasa de carbonatación más alta que los hormigones de PC simple. Se propone un modelo empírico de predicción de la tasa de carbonatación que incorpora tanto la permeabilidad del gas como la sorptividad del agua como parámetros de entrada. Los especímenes expuestos en interiores exhibieron tasas de carbonatación más altas que los correspondientes hormigones expuestos al aire libre. Los hormigones de cemento mezclado mostraron una tasa de carbonatación más alta que los hormigones de PC simple. Se propone un modelo empírico de predicción de la tasa de carbonatación que incorpora tanto la permeabilidad del gas como la sorptividad del agua como parámetros de entrada.

Gayán, M., et al. (2020), afirman que:

Los nanomateriales son aditivos altamente eficientes para la modificación de la microestructura, dando como resultado mejores propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón / mortero. Este estudio investiga el efecto de tres dosis diferentes (1%, 3% y 5%) de nano-SiO₂ y nano-TiO₂ sobre la trabajabilidad, la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión de los morteros de cemento a base de cenizas volantes. Se encontró que la trabajabilidad del mortero disminuye con el aumento del porcentaje de nanopartículas, y fue más pronunciada para la mezcla de mortero elaborada con 5% de nano-SiO₂. En contraste, el límite elástico y la viscosidad fueron significativamente más altos en comparación con la mezcla de control. Del mismo modo, se observó una mayor resistencia a la compresión para el mortero elaborado con nano-SiO₂ y nano-TiO₂ en comparación con el mortero de control. Por ejemplo, a los 56 días, la resistencia a la compresión aumentó en un 50% y un 26% para el mortero elaborado con 3% de nano-SiO₂ y 1% de nano-TiO₂, respectivamente. El

resultado de la resistencia a la flexión muestra un aumento al 1% de contenido de nano-SiO₂ y nano-TiO₂. Más allá de este nivel, la resistencia a la flexión disminuye, especialmente para nano-SiO₂ mortero. Además, la inclusión de nanopartículas en el mortero de cemento mejora la resistencia a la corrosión del mortero en comparación con las muestras de control. Se observaron menores pérdidas de masa, menores profundidades de picadura de la barra de refuerzo y menor longitud de fisura. La microscopía electrónica de barrido y las mediciones de rayos X de dispersión de energía muestran un mejor rendimiento de las mezclas de mortero hechas con nanopartículas en comparación con la mezcla de control debido a la matriz más densa, más gel de CSH y una baja relación Ca / Si.

Hasan, A., Foster, S. y Castel, A. (2020), sostienen que:

Los cambios anticipados en las condiciones de las olas costeras debido a varios escenarios de impacto del cambio climático a lo largo de las costas pueden exponer las estructuras de protección costera a mayores energías de las olas y mayores tasas de daño que las diseñadas, especialmente durante tormentas episódicas. Algunos rompeolas costeros existentes necesitan mejoras para soportar las condiciones proyectadas. Las ecuaciones de diseño de unidades de blindaje de rompeolas y las pruebas de modelos físicos predicen una gran ganancia en estabilidad con un aumento modesto en la densidad del material de blindaje e indican requisitos de tamaño de unidad de blindaje reducidos cuando se utiliza hormigón de alta densidad. En este estudio, se desarrolló una mezcla de concreto geopolimérico de alta densidad con agregado de escoria de horno de acero (SFS) en base a varios ensayos; Las propiedades del material se evaluaron para aplicaciones in situ en condiciones de curado ambiental. El uso de agregado SFS ofrece una mayor densidad aparente al concreto y las mezclas fueron proporcionadas para lograr una buena trabajabilidad y tiempo de fraguado. Lo más importante es que el aglutinante mezclado con escoria de alto horno de cenizas volantes utilizado en este estudio conduce a una ganancia de resistencia adecuada en el curado ambiental y permite la difusión de la cal libre asociada con el agregado SFS en la matriz de geopolímero para eliminar la hidratación y expansión retrasadas del

agregar. Esta investigación proporciona un camino tanto para la mejora de los rompeolas existentes como para la construcción de nuevas estructuras con una reducción de la huella de carbono en la construcción de rompeolas. El aglutinante mezclado con escoria de alto horno de cenizas volantes utilizado en este estudio conduce a una ganancia de resistencia adecuada en el curado ambiental y permite la difusión de la cal libre asociada con el agregado SFS en la matriz del geopolímero para eliminar la hidratación y expansión retrasadas del agregado. Esta investigación proporciona un camino tanto para la mejora de los rompeolas existentes como para la construcción de nuevas estructuras con una reducción de la huella de carbono en la construcción de rompeolas. El aglutinante mezclado con escoria de alto horno de cenizas volantes utilizado en este estudio conduce a una ganancia de resistencia adecuada en el curado ambiental y permite la difusión de la cal libre asociada con el agregado SFS en la matriz del geopolímero para eliminar la hidratación y expansión retrasadas del agregado. Esta investigación proporciona un camino tanto para la mejora de los rompeolas existentes como para la construcción de nuevas estructuras con una reducción de la huella de carbono en la construcción de rompeolas.

Wang, K., et al. (2020), sustentan que:

Este estudio experimental tiene como objetivo determinar el efecto de la relación seco-húmedo sobre las propiedades y microestructura del hormigón bajo ataque de sulfato. Bajo la condición de secado en horno, se diseñaron cuatro diferentes relaciones de tiempo seco-húmedo: 1: 1, 3: 1, 5: 1 y 7: 1. En este artículo, se investigó la ley de deterioro del hormigón bajo ataque de sulfato a través de la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por división y el módulo elástico dinámico relativo (RDEM). Además, la microestructura y la composición de las fases fueron investigadas por SEM y XRD respectivamente, y la evolución de las características de los poros del concreto fue examinada por MIP. Los resultados muestran que cuando la relación seco-húmedo es 3: 1, el sulfato deteriora más el concreto. El tiempo de humectación afecta la resistencia al ataque químico del sulfato y la capacidad del concreto para adaptarse a

la fase de expansión. El proceso de secado solo deteriora el hormigón en las etapas media y tardía de la erosión. La generación y llenado de micro - huecos son las principales razones de la evolución del desempeño del concreto, en este proceso, el concreto ha experimentado daño por fatiga de “estado estacionario-estado inestable-nuevo estado estacionario”.

Azarijafari, H., et al. (2019), sustentan que:

Las propiedades únicas frescas y endurecidas del hormigón autocompactante de alto rendimiento (HPSCC) llevaron a una amplia aplicación de esta mezcla en edificios de gran altura . En este artículo, se investigó la resistividad a temperatura elevada de 19 mezclas de HPSCC que incorporan mezclas binarias y ternarias de cenizas volantes, humo de sílice , zeolita natural y metacaolín . Los cambios en la masa, la resistencia a la compresión y la velocidad del pulso ultrasónico (UPV) de las mezclas se midieron a diferentes temperaturas (20, 300, 500 y 700 ° C). Una evaluación del ciclo de vida(LCA) también se utilizó para explorar el comportamiento medioambiental de las mezclas. Los resultados de la prueba revelaron que, a temperatura ambiente, las mezclas ternarias que incorporan zeolita natural y cenizas volantes o zeolita natural y metacaolín tienen una resistencia a la compresión menor que la de la mezcla de control. La resistencia a la compresión residual de la mezcla incorporada de cenizas volantes y humo de sílice fue similar a la de las mezclas binarias. Los resultados de la prueba de UPV revelaron una reducción mayor al 50% en la velocidad de transición cuando la temperatura estaba por encima de 500 ° C, y existe una fuerte asociación entre la UPV y los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión de las mezclas a diferentes temperaturas, pero la correlación disminuyó inversamente proporcionalmente. a la temperatura de exposición. Entre las mezclas ternarias, aquellas mezclas que incorporan zeolita natural indican la pérdida de masa más significativa después de la exposición a temperaturas elevadas. Los resultados ambientales indican que la sustitución de los materiales puzolánicos con cemento Portland no siempre pueden ser beneficiosos. Los resultados de la calidad del ecosistema de las mezclas binarias de cenizas volantes fueron mayores que

la mezcla de control debido a la gran distancia de transporte de importación. Además, la mezcla binaria de metacaolín expone un daño mayor a los recursos. Las mezclas incorporadas de humo de sílice tenían un daño significativo para la salud humana. Las mezclas ternarias mezcladas pueden ser un remedio para obtener resultados óptimos de resistencia al fuego y compensar las cargas ambientales de la puzolana inferior en todas las categorías de daños.

Sharifi, E., et al. (2020), afirman que:

Dado que en el diseño de la mezcla de hormigón intervienen muchos parámetros, encontrar el diseño de mezcla óptimo siempre ha sido un problema para los ingenieros de hormigón. En esta investigación, el método de optimización de Taguchi se mejora para modelar el diseño de mezcla óptimo del concreto autocompactante de alta resistencia (HSSCC). Para ello, en un primer momento se definieron diferentes criterios de calidad y los parámetros que los influyen en base a la literatura disponible. A continuación, se utilizó el enfoque de Taguchi para generar una matriz ortogonal de los parámetros. Luego, las pruebas experimentales se llevaron a cabo de acuerdo con la matriz de diseño sugerida para obtener los datos experimentales para todos y cada uno de los escenarios. A continuación, se adopta el método Best-Worst para las comparaciones por pares de los criterios de calidad y los experimentos como tales para obtener los pesos totales de los experimentos con respecto a cada característica de calidad. También se utilizó el análisis de varianza para evaluar los factores efectivos y el diseño de mezcla óptimo. Se encontró que el método propuesto resultó eficiente en la obtención del diseño de mezcla óptimo del proceso de fabricación de acuerdo con las preferencias de los tomadores de decisiones. Los resultados experimentales indicaron una mejora significativa en la calidad total del concreto en comparación con el diseño de mezcla estimado por el tomador de decisiones. La cantidad de cemento, la proporción de agua a cemento y el tiempo de mezcla son los parámetros más importantes que afectan el diseño de la mezcla de concreto. También se utilizó el análisis de varianza para evaluar los factores efectivos y el diseño de mezcla óptimo. Se encontró que el método

propuesto resultó eficiente en la obtención del diseño de mezcla óptimo del proceso de fabricación de acuerdo con las preferencias de los tomadores de decisiones. Los resultados experimentales indicaron una mejora significativa en la calidad total del concreto en comparación con el diseño de mezcla estimado por el tomador de decisiones. La cantidad de cemento, la proporción de agua a cemento y el tiempo de mezcla son los parámetros más importantes que afectan el diseño de la mezcla de concreto. También se utilizó el análisis de varianza para evaluar los factores efectivos y el diseño de mezcla óptimo. Se encontró que el método propuesto resultó eficiente en la obtención del diseño de mezcla óptimo del proceso de fabricación de acuerdo con las preferencias de los tomadores de decisiones. Los resultados experimentales indicaron una mejora significativa en la calidad total del concreto en comparación con el diseño de mezcla estimado por el tomador de decisiones. La cantidad de cemento, la proporción de agua a cemento y el tiempo de mezcla son los parámetros más importantes que afectan el diseño de la mezcla de concreto. Los resultados experimentales indicaron una mejora significativa en la calidad total del concreto en comparación con el diseño de mezcla estimado por el tomador de decisiones. La cantidad de cemento, la proporción de agua a cemento y el tiempo de mezcla son los parámetros más importantes que afectan el diseño de la mezcla de concreto. Los resultados experimentales indicaron una mejora significativa en la calidad total del concreto en comparación con el diseño de mezcla estimado por el tomador de decisiones. La cantidad de cemento, la proporción de agua a cemento y el tiempo de mezcla son los parámetros más importantes que afectan el diseño de la mezcla de concreto.

Shi, C., et al. (2015), afirman que:

El hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC) se refiere a los materiales a base de cemento que presentan resistencia superior a 150 MPa, alta ductilidad y excelente durabilidad. Este artículo revisa los aspectos teóricos principios, materias primas, métodos de diseño de mezclas y técnicas de preparación para UHPC. Reducción en la porosidad, la mejora de la microestructura, la mejora de la homogeneidad y el aumento de la

tenacidad son cuatro principios básicos para el diseño de UHPC. Las materias primas, la técnica de preparación y los regímenes de curado han influencia significativa en las propiedades de UHPC. El uso de cementos suplementarios ampliamente disponibles materiales, como cenizas volantes y escoria para el reemplazo parcial / completo de cemento y humo de sílice, podrían Reducir significativamente el costo de los materiales sin sacrificar la resistencia. El uso de curado a alta temperatura da como resultado una microestructura más densa y un mejor rendimiento que el curado a temperatura ambiente, pero obviamente limita sus aplicaciones de UHPC. Por lo tanto, la preparación de UHPC utilizando materias primas ampliamente disponibles materiales, tecnología común, como la fundición convencional y el curado a temperatura ambiente, son tendencias para la producción de UHPC.

Özbay, E., Erdemir, M. y İbrahim, H. (2016), afirman que:

La escoria de alto horno granulada molida (GGBFS) es un subproducto de los altos hornos de hierro y es un muy beneficioso en la producción de mortero y hormigón. El presente artículo revisa la literatura relacionada a la utilización y eficiencia de GGBFS sobre las propiedades del mortero / hormigón. En primer lugar, se presenta información general sobre la producción de GGBFS, el mecanismo de reacción y el calor de hidratación. Luego, trabajabilidad, tiempo de fraguado, sangrado, propiedades reológicas, pérdida de asentamiento, resistencia a la segregación y edad temprana.

El potencial de agrietamiento y la capacidad de acabado se abordan entre las propiedades del hormigón fresco. Fuerza y ritmo de ganancia de resistencia, módulo de elasticidad, fluencia, contracción, influencia del curado en el rendimiento de GGBFS, permeabilidad, resistencia a los ciclos de congelación / descongelación, resistencia a la carbonatación, incrustaciones de sales de deshielo, álcali-sílice la reacción y el ataque de sulfatos se encuentran entre las propiedades del hormigón endurecido revisadas.

Yang, Y. et al. (2020), sostienen que:

El ataque de sulfato es una de las razones importantes del fallo prematuro de los materiales a base de cemento. En este trabajo, se investigó la ley de deterioro del mortero por ataque de sulfato a través de expansión, cambio de masa, módulo elástico dinámico relativo (E_{rd}) y la distribución del contenido de iones sulfato. Además, la distribución del tamaño de los poros, los productos de corrosión y la distribución de grietas tridimensionales se realizaron mediante porosimetría de intrusión de mercurio (MIP), difracción de rayos X (XRD) y tomografía computarizada de rayos X (TC de rayos X), respectivamente. Además, se investigó el proceso de degradación del mortero con escoria sumergida en solución de sulfato. Los resultados mostraron que combinados el cambio de masa y E_{rd} . Puede evaluar con mayor precisión el daño del mortero por ataque de sulfato. El aumento de la relación agua / cemento agrava significativamente el deterioro del mortero. La adición de escoria puede mejorar significativamente la distribución del tamaño de los poros y mejorar la resistencia a los sulfatos del mortero. El proceso de deterioro del mortero con escoria por ataque de sulfatos es diferente al del mortero sin escoria. El proceso de degradación del mortero con escoria consiste en que la capa superficial se despega primero y luego el ion sulfato continúa invadiendo el interior de la muestra para formar una nueva área de expansión.

Baghabra, O., et al. (2011), aseguran que:

El uso de materiales cementantes suplementarios, como el humo de sílice, las cenizas volantes, la escoria de alto horno y las puzolanas naturales, se ha visto favorecido por sus ventajas técnicas y económicas. Sin embargo, en ciertas partes del mundo, donde estos materiales no están disponibles localmente, su utilización se basa únicamente en su superioridad técnica. La práctica en tales regiones es reemplazar parte del cemento con los materiales cementantes suplementarios seleccionados mientras se mantiene una proporción constante de agua a materiales cementantes. En tales casos, no se aprovecha la ventaja de una reducción en el requerimiento de agua de ciertos materiales. En el estudio informado, las

cenizas volantes, el humo de sílice o cenizas volantes finamente pulverizadas altamente reactivas reemplazaron parte del cemento. Las mezclas de hormigón se diseñaron para una trabajabilidad constante de 75-100 mm de asentamiento. = Soluciones al 1%, 2% y 5%). También se evaluó el efecto del régimen de curado, a saber, el encharcamiento de agua y la aplicación de un compuesto de curado. Se observó que el requerimiento de agua de los hormigones de cemento FA era menor que el de los hormigones de cemento OPC y SF. En consecuencia, las propiedades mecánicas y las características de durabilidad de los primeros cementos fueron mejores que las de los segundos. También se señaló que un período de curado más largo, antes de la aplicación de un compuesto de curado, es beneficioso para los hormigones de cemento OPC, SF, FA y VFFA. El curado con agua tendió a mejorar la calidad de los hormigones de cemento OPC, SF, FA y VFFA; ya medida que aumentaba el período de curado, la calidad mejoraba aún más. Se evaluó el desempeño de los hormigones de cemento ordinario de cemento Portland (OPC) y humo de sílice (SF), cenizas volantes (FA) y cenizas volantes muy finas (VFFA) midiendo el desarrollo de la resistencia a la compresión y la reducción tanto de la resistencia a la compresión como de la velocidad del pulso después de la exposición. a la humedad y variaciones térmicas, y sulfato (ENTONCES4- = Soluciones al 1%, 2% y 5%). También se evaluó el efecto del régimen de curado, a saber, el encharcamiento de agua y la aplicación de un compuesto de curado. Se observó que el requerimiento de agua de los hormigones de cemento FA era menor que el de los hormigones de cemento OPC y SF. En consecuencia, las propiedades mecánicas y las características de durabilidad de los primeros cementos fueron mejores que las de los segundos. También se señaló que un período de curado más largo, antes de la aplicación de un compuesto de curado, es beneficioso para los hormigones de cemento OPC, SF, FA y VFFA. El curado con agua tendió a mejorar la calidad de los hormigones de cemento OPC, SF, FA y VFFA; ya medida que aumentaba el período de curado, la calidad mejoraba aún más.

Zhi, M., et al. (2020), sostienen que:

Los efectos adversos del entorno marino hostil sobre la estructura de hormigón han provocado inevitablemente enormes pérdidas económicas y pueden contribuir a una falla catastrófica. El hormigón es susceptible a la intemperie, particularmente bajo la acción de humectación-secado (WDA), aunque su estado actual de la técnica está bien establecido. Las diversas características de WDA en diferentes ubicaciones de sitios han comprometido la confiabilidad de los trabajos de laboratorio. El objetivo de este estudio es revisar el impacto de la WDA en el hormigón y proporcionar una descripción general de la tendencia de investigación, con el objetivo de identificar la brecha de investigación. Se identifican mecanismos concretos de deterioro en el medio marino con respecto a la WDA. Se analizan los factores influyentes de WDA. Se discuten las propiedades físicas y mecánicas y la resistencia a la corrosión del concreto expuesto a WDA. La WDA agrava el deterioro del hormigón al acelerar la intrusión de compuestos nocivos como cloruro, sulfato y dióxido de carbono. La zona de convección de cloruro se puede expandir de dos a tres veces para causar una pérdida significativa de cobertura de concreto. El daño físico del hormigón comienza con la tinción por eflorescencia, seguida de la delaminación del mortero, desprendimiento de agregados y desconchado del hormigón, lo que lleva a la pérdida de propiedades mecánicas. El uso de aditivos minerales como cenizas volantes y humo de sílice mejora la resistencia del hormigón contra la corrosión, pero su efecto de refinación puede conducir a una acumulación excesiva de cloruro, poniendo en riesgo la durabilidad a largo plazo. Se identifican trabajos de investigación limitados sobre la sinergia entre los deterioros físicos y químicos, la validación del experimento simulado, la expansión de volumen, el cambio de masa y la resistencia a la tracción del hormigón.

James, A., et al. (2019), afirman que:

El deterioro debido a la corrosión es un problema clave que afecta la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de edificios y estructuras. La mayoría de las ciudades están ubicadas en áreas costeras y muchas estructuras de concreto reforzado en estas áreas están expuestas a

ambientes marinos agresivos. Por lo tanto, es importante brindar protección y ofrecer métodos de reparación adecuados de los edificios vulnerables a los efectos degradantes de la corrosión. El primer paso para implementar la recuperación es determinar el nivel de degradación que sufren las estructuras de hormigón expuestas. Sin embargo, hay una falta de principios rectores integrados en este campo. Por lo tanto, este artículo de revisión identifica las pruebas para determinar el nivel de deterioro, con especial atención a los problemas de carbonatación y los ataques de iones de cloruro. El documento también proporciona una categorización de los métodos de solución para la protección, mantenimiento y reparación, basados en estándares y códigos seleccionados de todo el mundo. Esta investigación contribuye al campo al proporcionar una referencia fácilmente disponible para profesionales e investigadores sobre el estado actual de los conocimientos sobre la corrosión y las estrategias de reparación de estructuras de hormigón costeras.

Wang, D., et al. (2015), sostienen que:

Ultra alto rendimiento (UHPC) es un nuevo material a base de cemento y ha despertado interés en todo el mundo desde que se introdujo a principios de la década de 1990. En la parte I se revisaron los principios teóricos, selección de materias primas, diseño de mezclas y técnicas de preparación para UHPC. Esta parte II revisó la hidratación, microestructura, propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y durabilidad del UHPC. Finalmente, se sugieren algunas necesidades para futuros estudios de UHPC. La portlandita de UHPC es mucho más baja que la del hormigón normal. El curado por calor podría promover la hidratación secundaria entre las mezclas minerales y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y se formó xonolita cuando la temperatura era superior a 250°C . $^\circ\text{C}$. El UHPC tiene una porosidad muy baja, especialmente bajo curado por calor. UHPC tiene un carácter de alta resistencia, rigidez y durabilidad superior, etc.

Nwankwo, C., et al. (2020), sustentan que:

El aumento del desarrollo urbano ha aumentado la demanda de cemento y la producción de cemento contribuye significativamente al

CO₂emisiones. Estas emisiones se reducen cuando se reemplazan altos volúmenes de cemento por materiales que no dan altas emisiones. El desarrollo sostenible y las consideraciones para una economía circular alimentan la necesidad de encontrar aglutinantes alternativos en la producción de hormigón que reduzcan la cantidad de emisiones de dióxido de carbono y utilicen materiales de desecho. Ciertos desechos industriales (cenizas volantes y escoria de alto horno granulada triturada), desechos municipales (polvo de vidrio y polvo de desechos cerámicos) y desechos agrícolas (cenizas de combustible de aceite de palma) se han utilizado como sustituto del cemento Portland (PC) debido a sus propiedades puzolánicas. Este artículo analiza el reemplazo de alto volumen de PC en concreto con estos materiales de desecho en términos del desarrollo de resistencia del concreto, su efecto sobre el mecanismo de hidratación, entre otros.

Zhutovsky, S. y Kovler, K. (2017), afirman que:

La tecnología de curado interno se ha desarrollado como un método para la reducción del potencial autógeno de contracción y agrietamiento en hormigones de alto desempeño. La combinación de contracción autógena y por secado, es decir, contracción total, del hormigón curado internamente se informa en la literatura, casi sin cambios después de la exposición al secado a largo plazo. Por otro lado, el rango estudiado de relaciones de agua a cementos bastante estrecho. En consecuencia, surgió un gran interés en la investigación del efecto de la relación agua / cemento sobre la contracción total, así como el potencial de agrietamiento del hormigón curado internamente. En esta investigación se estudió la retracción restringida por secado de concreto con relación agua / cemento de 0.33, 0.25 y 0.21, curado internamente mediante agregado ligero saturado de agua. También se ensayaron la resistencia, la contracción por secado libre y la pérdida de masa de estos hormigones. Los resultados experimentales demuestran que la relación agua / cemento tiene un impacto considerable en el potencial de fisuración del hormigón curado internamente.

Tiburzi, N., et al. (2020), aseguran que:

El documento comprende un extenso programa de pruebas sobre la resistencia de los sistemas de hormigón de cemento portland-caliza (PLC) al ataque externo de sulfatos. Varios parámetros de mezcla, a saber, contenido de piedra caliza entre molidos, C_3S evaluó el contenido, el tipo de SCM y el nivel de reemplazo en una amplia gama de condiciones experimentales diseñadas para vincular, replicar y predecir los resultados de laboratorio y de campo. Los resultados presentados han resaltado el papel que juegan los parámetros experimentales en el proceso de degradación, los cuales se mostraron particularmente acentuados en sistemas de baja resistencia a sulfatos con altos contenidos de caliza, debido a su alta propensión a la formación de taumasitas. Los hallazgos presentados serán cruciales para evaluar / desarrollar un procedimiento de prueba acelerado que proporcione una mejor correlación con el desempeño real en el campo de las estructuras de concreto.

Yi, C., Chen, Z. y Bindiganavile, V. (2019), afirman que:

Investigaron numéricamente el comportamiento de difusión-reacción bidimensional de los iones sulfato en materiales a base de cemento de acuerdo con *la segunda ley de difusión de Fick* cinética de reacción, y la ley constitutiva de tracción, debido a la formación de etringita. Además, se propone una función de estado límite basada en la durabilidad y un modelo predictivo para pronosticar el crecimiento de grietas en estructuras hechas con materiales cementosos expuestos a un ambiente adverso de sulfato. Los resultados muestran que la cantidad de aluminatos de calcio en el aglutinante y el coeficiente de difusión inicial son los más influyentes en la resistencia al ataque externo de sulfatos. Mientras que la porosidad inicial tiene un significado menor, la concentración de sulfato en el entorno circundante es intrascendente. El análisis estocástico confirma que el cemento Portland resistente al sulfato otorga una alta confiabilidad incluso después de una exposición prolongada, mientras que un cemento Portland ordinario o mezclado con cenizas volantes presenta un riesgo de falla a su debido tiempo.

Khan, H., et al. (2019), aseguran que:

Tienen como objetivo comparar el rendimiento del mortero de cemento Portland (SRm) resistente al sulfato (SR) y los morteros de cemento de aluminato de calcio (CACm) tanto en un entorno de alcantarillado natural como en ácido sulfúrico. Las muestras se extrajeron después de 12 y 24 meses de exposición de campo, y también se eliminaron de ácido sulfúrico al 1,5% (H_2SO_4) después de 6 meses para investigar el deterioro causado por la corrosión inducida químicamente. Se realizaron análisis visuales, físicos y microestructurales extensos para evaluar la degradación de la matriz CACm y SRm utilizando técnicas como Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Rayos X de Energía Dispersiva (EDX), Difracción de Rayos X (XRD) e Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) Espectroscopía. El pH de la superficie se estimó después de 12 y 24 meses de exposición en el campo para identificar el inicio del desarrollo de la película biótica debido a la corrosión inducida por microbios (CIM). También se midieron las propiedades del material como pérdida de masa, resistencia a la compresión, expansión lineal y perfil de pH con respecto a la profundidad de neutralización. La diferencia en el mecanismo de deterioro también se destacó en base a investigaciones microestructurales entre la experimentación en el campo y la exposición al ácido. Los resultados mostraron que el CACm general se desempeñó significativamente mejor que el SRm en el ambiente de alcantarillado en el sitio y la solución de ácido sulfúrico en términos de observaciones visuales, pérdida de masa, reducción de la resistencia a la compresión, profundidad de neutralización, reducción del pH y penetración de azufre. La cristalización del yeso dentro de la matriz de ambas mezclas fue el factor principal detrás del deterioro observado usando XRD y FTIR tanto en el campo como en la exposición al ataque ácido, con un mayor deterioro dentro de la matriz de SRm en comparación con CACm. Además, la prueba de ácido sulfúrico es adecuada para filtrar las mezclas rápidamente contra un ambiente ácido, pero debido a las principales diferencias observadas en los procesos de deterioro con las condiciones naturales del campo, este método no es adecuado para el diseño de la vida útil de las estructuras de alcantarillado.

Alyami, M., et al. (2019), afirman que:

Actualmente no existe un método de prueba estándar para determinar la resistencia al ataque físico por sal (PSA) de los materiales a base de cemento. En este estudio, se evaluaron varios métodos de prueba acelerados para PSA. Esto se logró probando mezclas de concreto en inmersión parcial y total en soluciones de sulfato de sodio a diferentes concentraciones, temperatura y ciclos de humedad relativa. En esta investigación se utilizaron un total de nueve mezclas de concreto hechas de tres tipos de cemento Portland en tres proporciones diferentes de agua a cemento (a / c) para comparar cada método con materiales de diferentes calidades. Los resultados mostraron que una solución de sulfato de sodio al 5% estaba demasiado diluida para usarse en pruebas de PSA aceleradas, mientras que aumentar la concentración al 10% mostró mejores resultados. Adicionalmente, Se encontró que el daño ocurrió durante bajas temperaturas con alta humedad relativa en comparación con altas temperaturas con baja humedad relativa. La prueba de muestras completamente sumergidas en una solución de sulfato de sodio al 30% dio la mayor pérdida de masa, pero el daño se localizó en el tercio inferior de las muestras debido a un gradiente de concentración que se formó en la solución.

Bader, M. (2003), afirma que:

Los resultados de un estudio realizado para evaluar el desempeño del hormigón expuesto a condiciones subterráneas en una zona costera. Las muestras de concreto se prepararon con una relación agua / cemento, contenido de cemento y adiciones de polímero / epoxis variables y diferentes esfuerzos de consolidación antes de la exposición a condiciones subterráneas en un área costera durante más de cuatro años. El desempeño de las probetas de concreto expuestas al ambiente de cloruro y sulfato altamente concentrado se evaluó midiendo la difusión de cloruro y la reducción en la resistencia a la compresión debido al ataque de sulfato. Los resultados indicaron que los parámetros de diseño de la mezcla, como la relación agua / cemento y el contenido de cemento, afectaron

significativamente tanto la difusión de cloruro como la resistencia a los sulfatos del hormigón. Similar, el nivel de consolidación y el período de curado influyeron en el comportamiento del hormigón en el entorno agresivo. Además, el rendimiento del hormigón modificado con látex y epoxi fue mejor que el del hormigón polímero.

Ghous, M., et al. (2020), sostienen que:

Las características de durabilidad del hormigón de alto rendimiento (HPC) y el hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC) se evalúan en comparación con el hormigón de resistencia normal (NSC). HPC y UHPC se funden utilizando materiales comúnmente disponibles sin tratamiento térmico especial. Se evalúan la resistividad del concreto, la permeabilidad rápida al cloruro, la soportividad, la porosidad y la resistencia a la migración de cloruros y la carbonatación de estos tres tipos de concreto. Los productos de microestructura e hidratación se investigan utilizando análisis de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD), respectivamente. La mejora potencial en la vida útil de las estructuras de concreto reforzado (RC) cuando el concreto se reemplaza con HPC y UHPC se predice utilizando el modelo de tiempo hasta la corrosión. Microestructuras densas, alta resistencia eléctrica, permeabilidad de cloruro insignificante, baja sorptividad, no se observa entrada de carbonatación en HPC y UHPC. Se encontró que el coeficiente de difusión de cloruro era al menos tres órdenes de magnitud más bajo en UHPC en comparación con NSC, lo que podría retrasar el inicio de la corrosión del refuerzo de acero. Con estos atributos positivos, se espera que estos hormigones encuentren una aplicación más generalizada en estructuras de hormigón en condiciones climáticas adversas. Este documento proporciona datos y análisis adicionales que podrían acelerar la adopción de estos materiales en la práctica. Se espera que estos hormigones encuentren una aplicación más generalizada en estructuras de hormigón en condiciones climáticas adversas. Este documento proporciona datos y análisis adicionales que podrían acelerar la adopción de estos materiales en la práctica. Se espera que estos hormigones encuentren una aplicación más generalizada en estructuras de

hormigón en condiciones climáticas adversas. Este documento proporciona datos y análisis adicionales que podrían acelerar la adopción de estos materiales en la práctica.

Yi, Y., et al. (2020), afirman que:

Presentan una revisión del deterioro del hormigón bajo el ataque del agua de mar con un interés particular en la exposición de campo. La investigación reportada en la literatura ha demostrado que la salinidad del agua de mar en diferentes áreas varía considerablemente, pero el tipo de iones y su proporción son similares. Debido a esta variación, los estudios de laboratorio deben utilizar agua de mar artificial específica para simular en entornos de campo. Se revisan los cambios de fase inducidos por los iones cloruro, magnesio y sulfato contenidos en el agua de mar. La interacción entre los hidratos y el ion cloruro puede dar lugar a la formación de sales de Friedel y Kuzel. El ion magnesio puede reemplazar el calcio en la Portlandita, reduce la alcalinidad de la solución de los poros y eventualmente desestabiliza el gel de CSH. La etringita expansiva se inhibe en presencia de iones cloruro. En la zona de las mareas, el cambio de fase se produce principalmente en la superficie del hormigón, lo que debilita la estructura y conduce al desconchado y delaminación bajo el ataque físico de la ola. Con base en los mecanismos de deterioro existentes, también se revisan los protocolos para mejorar el desempeño de durabilidad del concreto marino, como el uso de materiales cementantes suplementarios (SCM) para mitigar la tasa de penetración de cloruros y, lo que es más prometedor, utilizar sistemas aglutinantes alternativos. Este documento también propone un concepto de diseño de un sistema de recubrimiento de hormigón más duradero al mejorar la estabilidad química de los hidratos de cemento, la autocuración rápida y el control inteligente de la alcalinidad. Con base en los mecanismos de deterioro existentes, también se revisan los protocolos para mejorar el desempeño de durabilidad del concreto marino, como el uso de materiales cementantes suplementarios (SCM) para mitigar la tasa de penetración de cloruros y, lo que es más prometedor, utilizar sistemas aglutinantes alternativos. Este documento también propone un concepto de diseño de un sistema de

recubrimiento de hormigón más duradero al mejorar la estabilidad química de los hidratos de cemento, la autocuración rápida y el control inteligente de la alcalinidad. Con base en los mecanismos de deterioro existentes, también se revisan los protocolos para mejorar el desempeño de durabilidad del concreto marino, como el uso de materiales cementantes suplementarios (SCM) para mitigar la tasa de penetración de cloruros y, lo que es más prometedor, utilizar sistemas aglutinantes alternativos. Este documento también propone un concepto de diseño de un sistema de recubrimiento de hormigón más duradero al mejorar la estabilidad química de los hidratos de cemento, la autocuración rápida y el control inteligente de la alcalinidad.

Yoo, D., et al. (2013), aseguran que:

Recientemente, el hormigón reforzado con fibra de ultra alto rendimiento (UHPFRC) con resistencia a la compresión superior a 180 MPa y resistencia a la tracción de 10 Se ha desarrollado MPa. Dado que UHPFRC no solo tiene una resistencia, ductilidad y durabilidad superiores, sino que también reduce el peso propio de las estructuras al disminuir las áreas de sección transversal necesarias, por lo que la investigación para aplicar UHPFRC a miembros estructurales se está realizando ampliamente. Sin embargo, el UHPFRC muestra un comportamiento de material diferente al del concreto normal y al concreto convencional de alto desempeño. Por ejemplo, muestra una alta contracción autógena a temprana edad, así como un rápido secado y agrietamiento de la superficie debido a su baja relación agua-aglutinante y la adición de aditivos de alta finura. En este estudio, por lo tanto, para evaluar con precisión las propiedades básicas del material del UHPFRC a una edad temprana, se realizaron pruebas de resistencia a la penetración, contracción, tracción y velocidad de pulso ultrasónico (UPV). Los resultados de las pruebas indican que el pozo de aceite de parafina evita la rápida evaporación del agua en la superficie cuando se realizó la prueba de resistencia a la penetración del mortero UHPFRC. La tensión de contracción restringida comienza a desarrollarse cuando la resistencia a la penetración era de 1,5 MPa. Por lo tanto, el tiempo cero de las mediciones de contracción autógena de UHPFRC se definió como

cuando la resistencia a la penetración se convierte en 1.5 MPa, esto es 0.6 y 2.1 h antes de los conjuntos inicial y final, respectivamente. La resistencia a la tracción y el módulo elástico se midieron desde cerca del conjunto inicial usando un aparato de prueba de tracción y se propusieron modelos de predicción para la resistencia a la tracción y el módulo elástico de UHPFRC. Finalmente, se definieron las UPV en el tiempo cero propuesto, conjuntos inicial y final y también se predijeron los desarrollos de fuerza en edades muy tempranas utilizando la UPV.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Investigaciones nacionales

Carlos, L. (2019), en su investigación presentó un diseño experimental con el objetivo de realizar un análisis comparativo de sus propiedades más significativas en estado fresco y endurecido.

El análisis determinó el proceso de cada cemento para así evitar un pensamiento del cemento multipropósito y poder definir el cemento ideal para el diseño

estructural que se rige a nueva era de tecnología, asimismo la necesidad de productividad en tiempos y costos, los datos que resultaron del análisis de los cementos con resistencia acelerada en comparación del cemento de uso típico y aditivo comercial.

Para tal motivo desarrolló la investigación utilizando agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", utilizando 3 diseños de mezclas; a) Comité ACI 211, b) Módulo de fineza de la combinación de agregados y c) Método de Walker, a partir de los resultados obtenidos desarrolló un análisis comparativo tanto en estado fresco (Slump), como también en estado endurecido (resistencia a la tracción y compresión), adicionalmente desarrolló el ensayo de tiempo de fragua para poder determinar el parámetro de tiempo que indican dichos cementos.

Concluyó que para el cemento tipo HS los resultados obtuvieron mayor resistencia por el Diseño por Módulo de fineza de la combinación de agregados apenas logrando superar los valores mínimos de resistencia.

También concluyó que se obtuvieron tiempos de fraguado menores para el cemento tipo HS, siendo considerado fraguado relámpago en algunos

casos, los casos de desmoldes de este cemento lograron desarrollarse el mismo día de vaciado, esto no tuvo injerencia en los resultados de resistencia a compresión.

Por último, el cemento HS presenta una fragua rápida sin adición de acelerante, no directamente relacionado con su resistencia a la compresión. Su uso es recomendado en resistencias de sulfatos siendo relacionado a esta propiedad y denominado fragua relámpago por su característica.

Alfaro, T. y Laura, L. (2014), El su trabajo de investigación presenta los resultados de un estudio Comparativo para la Sustitución de un Cemento Portland Tipo V entre un cemento Puzolánico con especificaciones de la Performance Tipo HS que contiene puzolana junto con Clinker y Yeso, en la fábrica de Cemento Yura S.A.; para obtener un cemento que cumpla con las Normas Técnicas Peruanas (NTP 334.009 / NTP 334.082) y que sea altamente resistente al ataque de los Sulfatos.

Empleando para ello pruebas en laboratorio como Resistencia a la Compresión, Superficie Especifica (Blaine), Resistencia al ataque a los Sulfatos y tiempo de Fraguado, que nos proporcionará resultados en un tiempo relativamente corto para comparar estos dos tipos de cementos en sus propiedades físicas y químicas; y con los resultados obtenidos poder suplantar el cemento Tipo V por el Cemento Puzolánico Tipo HS.

En sus resultados evaluaron las propiedades físico – químicas del cemento Portland con especificaciones de la Performance tipo HS, variando el % de puzolana frente al cemento Portland Tipo V, y concluyeron que el cemento con especificaciones de Performance Tipo HS al 23% de Puzolana puede suplantar al Tipo V, debido a su alta resistencia a los Sulfatos, resistencia a la compresión. Y cumpliendo con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 334.009 “Cementos Portland Requisitos” y con la Norma Técnica Peruana 334.082 “Cementos Portland. Especificaciones de la performance”. (p. 138).

Franco, A. y Romero, F. (2019), Sostienen que el objetivo para su investigación fue determinar la dosificación del concreto con cemento HS y aditivo ViscoCrete 1110 para aumentar su resistencia, siendo los objetivos

específicos obtener la dosificación del aditivo para aumentar la trabajabilidad y la resistencia del propio, además de determinar la relación agua cemento ideal, la cual aporte a la resistencia del mismo. El resultado obtenido dicta que el aditivo ViscoCrete 1110 acelera las propiedades de resistencia del concreto en los días 3, 7 y 14 gracias a las propiedades del aditivo. Se puede observar hasta un aumento máximo de 59% entre la compresión del diseño “DP-VC-0,5” y “DP-01” a 3 días. Sin embargo, para la resistencia a los 28 días solo llega a aumentar un 32% para el diseño “DP-VC-0,5” frente al diseño tradicional. En cuanto a la resistencia a la tracción, al igual que la compresión, es acelerada notoriamente en los primeros 3, 7 y 14 días por el aditivo plastificante, obteniendo hasta un aumento máximo de 46% frente al concreto tradicional con cemento HS. Caso contrario para la resistencia a la tracción de 28 días, la cual tuvo un aumento máximo de 14% para el concreto utilizando 0,7% de aditivo a comparación del diseño patrón sin aditivo.

Para la resistencia a la flexión, a diferencia a la compresión y tracción, se nota que no hay un aumento considerable en su resistencia siendo el cambio máximo de 8% en primeros 7 días. Aunque para los 28 días el aumento solo alcanza un 4%, por lo que prácticamente el aditivo no afecta significativamente en la resistencia a la flexión. (p. 173).

Chacón, M. (2018), La investigación tiene por objetivo “Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos para una relación $a/c = 0.60, 0.55$ y 0.50 , con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit , 9500 mg/lit y $50\ 000 \text{ mg/lit}$ para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días. El nivel de investigación es descriptivo, porque utilizará la relación causa y efecto en las variables a utilizar. La muestra es igual a la población y está compuesta por 108 probetas $4'' \times 8''$, entre ellos existen resistencias variadas y a su vez diferente cantidad de sulfatos en la etapa de curado, con el fin de conocer los niveles de corrosión en el concreto de mediana resistencia. Se alcanzaron los objetivos planeados en el presente proyecto al exponer las probetas en diferentes cantidades de sulfatos, para un tiempo de inmersión de 14, 21 y 28 días. Se pudo observar que las muestras con relación $a/c = 0.60$ fueron deterioradas por los agentes químicos más

rápido que las otras dos dosificaciones. Asimismo, esto se puede verificar en el esfuerzo a la compresión del material y visualizarlo en los gráficos realizados por ensayos de resistencia y por ensayos de pérdida de peso.

Cabrera, L. (2017), en su tesis afirma que, tuvo como objetivo principal, evaluar cuál es el efecto del comportamiento mecánico del concreto, añadiendo dos tipos de aditivos superplastificantes de diferente composición, con dos tipos de cementos distintos. La población a estudiar fueron los seis diseños de mezcla que se realizaron, dos diseños patrón y cuatro diseños experimentales, añadiendo aditivo naftaleno y policarboxilato, con dos tipos de cemento, cemento sol T-I y cemento Andino HS; teniendo una muestra total de cincuenta y cuatro testigos de concreto de 4" x 8", siendo nueve por cada diseño. La presente investigación es de diseño experimental, y tuvo como técnica de recolección de datos la utilización de fichas técnicas, así como la observación del proceso y resultados. Obteniendo, así como resultado que, para la prolongación de la trabajabilidad, el cemento tipo HS presenta mejor comportamiento; con lo que respecta a la resistencia a la compresión también se obtuvieron mejores resultados con el cemento tipo HS, llegando superar la resistencia hasta en un 42% con respecto al patrón.

Dongo, P. (2019), menciona que, la permeabilidad del concreto es la capacidad que presenta este material de permitir el paso de sustancias, ya sean líquidas o gaseosas, dichas sustancias no siempre son beneficiosas, en la mayoría de casos ocasionan efectos negativos en el concreto, es por esto que la permeabilidad es un factor predominante en la durabilidad del concreto. No obstante, la normativa técnica peruana, encargada de brindarnos parámetros para elaborar concretos durables, no contempla el ensayo para la obtención del coeficiente de permeabilidad ni recomendaciones afines que garanticen su control. Es por esto que la presente investigación tiene como objetivo elaborar una propuesta de norma técnica e implantarla en el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María, esto permitirá realizar dicho ensayo a concretos elaborados con distintas relaciones agua/cemento tales como 0.50, 0.45 y

0.40 (recomendadas por la normativa técnica peruana) y otras complementarias como 0.55 y 0.60; las mezclas considerarán el uso de cementos tipo I, IP y HS para así generar una base de datos que sirva como apoyo al momento de elaborar diseños de mezclas de concretos expuestos a condiciones que puedan afectar su durabilidad. La investigación obtuvo resultados de coeficientes de permeabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y el efecto de los tres tipos de cemento mencionados anteriormente sobre estos parámetros. Los datos obtenidos podrán utilizarse en concretos elaborados considerando condiciones similares a las existentes en la presente investigación.

Bellido, F. (2019), La presente investigación parte de la observación de la ventaja económica y técnica del cemento Portland antisulfato, llamado tipo HS, frente al empleo del cemento Portland tipo V. Debido a ello se planteó el objetivo principal de establecer la viabilidad técnica y económica de la aplicación del cemento Portland tipo HS para la construcción de un reservorio del proyecto de saneamiento del esquema en el distrito del Callao, de esta manera se incentiva una nueva forma de aplicación de estos cementos para evitar la generación de daños a causas de los sulfatos. Se utilizó el método experimental, es decir analizar los resultados del cemento Portland con alta resistencia a los sulfatos tipo HS y compararlos con el cemento Portland tipo V en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería y de la Universidad Federico Villarreal para determinar el cemento con mejores características físicas y químicas. Una vez obtenidos los resultados de resistencia a los sulfatos, resistencia a la compresión, tiempo de fraguado y permeabilidad, se realizó el diseño de mezcla para la elaboración del concreto para la construcción del reservorio. Luego se elaboró el estudio económico y técnico en la viabilidad al utilizar el cemento Portland con alta resistencia a los sulfatos tipo HS, se identificó cual sería el costo al utilizar este cemento con respecto a otro de similares características. Finalmente, se evaluaron los resultados de la resistencia a la compresión, resistencia a los sulfatos, permeabilidad y tiempo de fraguado que presenta este cemento con alta resistencia a los sulfatos tipo HS y se comparó con el cemento Portland tipo V de tal manera que con los

sulfatos obtenidos beneficie a las empresas constructoras, tanto en la parte del presupuesto y la construcción de nuevas estructuras.

Chuquiya, Z. (2017), en su investigación, “Evaluación de la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado” tuvo como objetivo Evaluar la influencia de la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado, tomando en cuenta a los factores causales desencadenantes de la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto, las cuales son: la carbonatación del concreto, al contenido de cloruros y sulfatos y medio ambiente húmedo. Las cuales afectan a las estructuras de concreto armado en sus elementos estructurales. Para el desarrollo de esta investigación se ha utilizado un diseño no experimental de tipo aplicada, nivel explicativo porque esta investigación buscó explicar las causas y las condiciones en que se desencadenaba la corrosión del acero de refuerzo en concreto armado y la muestra estuvo conformada por 50 viviendas para las cuales se utilizaron fichas de recolección de datos así mismo se tomaron muestras para ser evaluadas en laboratorio, en la ficha de recolección de datos se observaron viviendas dañadas por la corrosión, Vida, Existencia de Corrosión, Elementos estructurales dañados, así mismo se identificó la interacción entre la corrosión del acero de refuerzo y el concreto, donde se muestra los diversos casos de estudios de la Corrosión del acero en el concreto.

Caycho, T. y Espinoza, D. (2019), Uno de los principales problemas en el Perú son los desechos producidos por la industria de la construcción, los cuales muchas veces terminan en las calles o en botaderos informales creando un gran impacto visual y paisajístico además de contaminar el medio ambiente. La tesis: Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento Portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina, año-2019, con metodología de la investigación tipo explicativa, diseño de investigación de tipo longitudinal prospectiva y un enfoque cuantitativo, tuvo como objetivo general determinar una mezcla de concreto con agregado grueso reciclado utilizando cemento portland Tipo HS para optimizar las propiedades del concreto reciclado para cimentaciones en el

distrito de La Molina, año-2019. Los resultados de la resistencia a la compresión para todas las edades y todos los porcentajes tienen un resultado mayor a 280 kg/cm², sin embargo, dichos resultados van en disminución a medida que aumenta el porcentaje de agregado grueso reciclado presente en la mezcla de concreto. Lo cual nos indica que la presencia de agregado reciclado afecta desfavorablemente la resistencia a la compresión del concreto. Del mismo modo sucede para la resistencia a tracción y flexión. Además, al utilizar un 25% de agregado grueso reciclado en el diseño de la mezcla, se obtuvieron resultados similares a la de un concreto convencional, lo cual nos indica que, para porcentajes bajos de sustitución de agregado reciclado, el concreto no se ve afectado considerablemente en su resistencia.

Párraga, C. y Torres, J. (2020), El objetivo principal de este estudio es desarrollar una gama de diseños de concretos de alto desempeño con cementos adicionados basados en resultados experimentales, para poder mejorar la durabilidad de los pavimentos rígidos continuamente reforzados expuesto a ambientes agresivos. En este documento se realizó el diseño de ocho mezclas de concreto con cementos puzolánicas en conformidad con las especificaciones técnicas descritas en la guía ACI 325.14R-7. Los cementos utilizados fueron tipo HS e IP (M) con relaciones agua-cemento 0.36, 0.38, 0.40 y 0.42. Dichos diseños aseguran una resistencia a la compresión superior a 310 kg/cm², un módulo de rotura mayor de 35 kg/cm² y con un asentamiento de 2 ½” en obra. Para validar estas tres características principales del concreto se realizaron ensayos en estado fresco y endurecido en laboratorio. Los resultados demuestran que las dosificaciones presentadas cumplen con los parámetros de trabajabilidad y resistencia, lo cual demuestra que su uso es apropiado con pavimentadora de encofrado deslizando.

Vega, M. (2019), El principal objetivo de la presente investigación fue “Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos”. Esta investigación es aplicada con un planteamiento metodológico cuantitativo.

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se utilizará la relación causa y efecto en las variables a utilizar. Nuestra muestra es igual a la población y está compuesta por 120 probetas con dimensiones de 4"x8", entre ellos encontramos resultados de resistencias variadas por cada diferente cantidad de sulfatos en la etapa de exposición, con el fin de conocer la relación de resistencia del concreto de mediana resistencia frente al ataque de sulfatos. Los procedimientos planteados en la presente investigación consistieron en someter las muestras en diferentes cantidades de sulfatos, para un tiempo de inmersión de 28 y 45 días. Posteriormente fueron ensayadas en el laboratorio LEM-UNI. Dentro de los resultados se lograron evidenciar que no existe pérdida en la resistencia de los diferentes concretos frente al grado y periodo de exposición en sulfatos, obteniendo aumento de resistencias de 6.53% para las muestras elaborada con cemento "UA" expuestas en su estado más crítico de cantidad muy severa y aumento de 6.97% para las muestras elaboradas con cemento "IA" en un grado severo.

Tello, J. y Tello, J. (2018), La presente tesis de investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto, donde se analizó las propiedades químicas del agua y evaluó la calidad del agua de pozo en el diseño de mezclas de concreto. Para lograr los objetivos, se extrajo agua del pozo del Inventario de Recursos Hídricos Subterráneos número 42 para la realización del análisis químico; los resultados presentaron un alto contenido de sales solubles totales, cloruros y sulfatos, sustancias perjudiciales en la resistencia del concreto que superaron los parámetros máximos permisibles según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mas no de la Norma Técnica Peruana 339.088. Se elaboraron 15 probetas cilíndricas de 3 tipos de muestras usando el método del comité 211 del American Concrete Institute: cemento tipo HE con agua potable, cemento tipo HE con agua de pozo y cemento tipo HS con agua de pozo. Los ensayos de resistencia a la compresión demostraron que las probetas elaboradas con cemento tipo HE con agua de pozo tenían una resistencia menor con respecto a las probetas elaboradas con cemento tipo

HE con agua potable en un 8.30% a los 28 días de curado, demostrando así que el agua de pozo del sector Los Palos disminuyó la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento HE debido al alto contenido de sales solubles totales, cloruros y sulfatos disueltos en el agua subterránea. De la misma forma los ensayos a compresión arrojaron que existió una diferencia significativa de ganancia de la resistencia cuando se varió el uso del tipo de cemento y se comparó las resistencias de las probetas elaboradas con cemento tipo HE y tipo HS, ambos con agua de pozo, donde se demostró que el cemento tipo HE produjo un incremento mayor en la resistencia. Pese a que los componentes químicos del agua de pozo exceden límites permisibles, ésta es apta para el uso en mezclas de concreto luego de verificarse mediante los ensayos, en vista que las resistencias a los 28 días superaron la resistencia de diseño de 210 Kg/cm²; con promedios de 311.5 kg/cm², 285.65 kg/cm² y 239.23 kg/cm² respectivamente. Esta última aseveración tomó en cuenta el diseño de la mezcla por resistencia a la compresión mas no por durabilidad, propiedad que deberá ser estudiada en una posterior investigación para así evaluar los dos parámetros más importantes de la resistencia del concreto.

2.2.2 Investigaciones internacionales

Jiménez, K. y Lozano, H. (2018), La mayor preocupación se da en zonas costeras, puesto que al deterioro del concreto estructural, se atribuye a las condiciones climáticas cálidas y los componentes químicos presentes en su ambiente; tal es el caso de la costa Atlántica Colombiana, en donde la corrosión de refuerzo se atribuye principalmente a la entrada de sales de degradación o carbonatación, lo cual se da por la concentración de estas en las aguas marinas que, por la acción de las brisas marinas, llegan a las estructuras de concreto deteriorándolo.

Así mismo, la disminución de la vida útil en el servicio de las estructuras de concreto en zonas costeras, se atribuye a las condiciones del medio ambiente y geomorfología presente en ambientes marinos, especialmente a aquellos con elevada humedad relativa, variaciones de temperatura, acciones constantes del viento y contaminación del suelo y agua subterránea con cloruro y sales de sulfato, los cuales aceleran el ritmo del

deterioro en las resistencia a compresión del concreto usada regularmente como indicador de la durabilidad del mismo. (p. 12).

En esta investigación se analiza la resistencia a la compresión del concreto de cada una de las 3 zonas de estudios que se seleccionaron alrededor del Atlántico colombiano para determinar en cual se observa mayor incidencia de los cloruros y sulfatos en la resistencia del concreto. En su primer resultado se observa la evolución de la resistencia de las muestras de concreto en la zona sometidos a sulfatos, cloruros y sulfatos más cloruros, se evidencia que a los 7 días de curado, tiene más incidencia las muestras que están sometidas a sulfatos con una disminución promedio de evolución de 3.95% aproximadamente con respecto a la muestra convencional, esta diferencia se puede evidenciar hasta los 71 días en la cual se observa que la muestras sometidas a sulfatos más cloruros no cumplen con la resistencia de diseño de la mezcla, presentando una evolución de resistencia a los 71 días de 99.3% con una diferencia de 15.9% con respecto a la muestra convencional.

En su segundo resultado se observa la evolución de la resistencia de las muestras de concreto de playa blanca, sometido a cloruros, sulfatos y cloruros más sulfatos, evidencia que a los 7 días de curado, tiene más incidencia las muestras que están sometidas a sulfatos y cloruros más sulfatos con una disminución promedio de evolución de 5% aproximadamente con respecto a la muestra convencional, esta diferencia se puede evidenciar hasta los 71 días en la cual se observa que la muestras sometidas a sulfatos más cloruros no cumplen con la resistencia de diseño de la mezcla, mostrando una evolución de resistencia a los 71 días de 99.3%. Según lo expuesto, la evolución de la resistencia de las muestras de concreto de Bahía Concha, sometido a cloruros, sulfatos y cloruros más sulfatos, evidencian que a los 7 días de curado, tienen más incidencia las muestra que están sometidas a sulfatos y cloruros más sulfatos con una disminución promedio de evolución de 5% aproximadamente con respecto a la muestra convencional, esta diferencia se puede evidenciar hasta los 71 días en la cual se evidencia que las muestras sometidas a sulfatos más cloruros no cumplen con la resistencia de diseño de mezcla, mostrando una evolución de resistencia a los 71 días de 99.7%.

Rodríguez, L. (2019), sustenta en su tesis que, el ataque por agentes químicos al concreto ha sido un tema que se ha tomado importancia desde hace años, debido a la gama de problemas que estos representan en la durabilidad de las estructuras de concreto. Esto ha sido un problema de gran importancia, ya que debido al crecimiento de la población la industria de la construcción. En el presente estudio se evaluó la durabilidad de concretos expuestos a ambientes de sulfatos y cloruros mediante el uso de una tecnología cuya función era mitigar el ingreso de agentes agresivos provenientes del medio ambiente al concreto. Así como una comparación en la eficiencia de mortero y concretos de dos tipos de cemento, para de esta forma encontrar un mejor método que nos permita aplicar para dar solución a esta problemática.

Cornejo, D. (2017), afirma que, el ataque interno en el hormigón debido a la acción de sulfatos presentes en su matriz, genera reacciones químicas expansivas que pueden originar microfisuras y una degradación progresiva del material. Los sulfatos pueden provenir de diversas fuentes, en particular pueden provenir de los materiales con los que se confecciona el hormigón. En ese ámbito, los áridos pueden ser una fuente importante de incorporación de este tipo de sales, sobre todo en zonas, como el litoral costero del norte de Chile, en las cuales por sus características climáticas es recurrente encontrar áridos con altos contenidos de sulfatos, mayores a los que la norma NCh163 Of.2013 acepta.

La normativa actual principalmente limita el contenido de sulfatos al interior del hormigón, ya sea con requisitos a los materiales constituyentes y/o al contenido total de sulfatos con que resulta el hormigón. En este contexto es recurrente la discusión sobre la factibilidad de uso de áridos con contenidos de sulfatos por sobre los límites normativos, considerando el desempeño del hormigón y el potencial real de daño que puede ocasionar la reacción de los sulfatos con respecto, principalmente, al grado de resistencia del hormigón y los materiales, en particular los cementos, que se utilizan en el país.

En este trabajo se estudian hormigones con resistencias a compresión, a los 28 días en cubos de 20 cm, que van desde los 15 MPa a los 82 MPa,

mientras que los contenidos de sulfatos (SO_4^{-2}), en los áridos, abarcan desde el 0,30% al 1,44%. La evaluación del desempeño de cada hormigón se realizó midiendo la expansión de probetas en el tiempo, hasta los 180 días, lo cual representa un indicativo del grado de fisuración interior por efecto de las reacciones químicas expansivas de los sulfatos. Los hormigones estudiados fueron confeccionados con materiales disponibles comercialmente en el país. En particular, se utilizó un cemento portland puzolánico de origen nacional y áridos provenientes del río Maipo. Además, la incorporación del sulfato se realizó artificialmente, a través de la incorporación de yeso, en cantidades controladas, en la matriz del hormigón

Esta pérdida de resistencia consecutiva a medida aumenta el contenido de SO_4^{-2} en cada hormigón de igual relación agua/cemento se cumple para la mayoría de los hormigones confeccionados, salvo para 1,44/0,65 (11,65%) y 1,44/0,80 (13,67%), que poseen el mayor contenido de sulfato y relaciones agua/cemento más altas. Además, es posible observar que siempre aumenta la resistencia a la compresión en el tiempo, a pesar de que están sufriendo ataque interno por sulfato y sus expansiones son mayores al límite permisible. Este comportamiento podría ser explicado por la presencia de puzolana en el cemento, ya que es conocido su efecto beneficioso en el aumento de la resistencia y aumento de la durabilidad del hormigón a edades mayores a los 28 días, más aún si el período de evaluación es de 180 días. (p. 49).

Reyes, J. (2018), Las estructuras de concreto en las zonas costeras son afectadas por el ataque de sulfatos y debido a su ubicación geográfica son más susceptibles de recibir fenómenos naturales adversos como huracanes y ciclones, los cuales provocan que el concreto se vea afectado por ciclos de humedecimiento y secado, que, sumado a la presencia de cloruro de sodio, originan que el ataque ocasionado por sulfatos sea mayor y con más rapidez. El ataque de sulfato afecta las propiedades mecánicas del concreto, como la pérdida de resistencia y durabilidad de la estructura. Con el uso de un recubrimiento hecho con poliestireno en un estado líquido se

reduce el desgaste del concreto causado por el ataque de sulfatos y por lo tanto prolonga la vida útil de la estructura.

2.3 Estructura teórica y científica

2.3.1 El concreto

Lamus, F. y Andrade, S. (2015), El concreto es un material compuesto, con características similares a las de los materiales recosos, que se obtiene mediante la mezcla de agregados pétreos con una gradación en su tamaño que puede ir desde la fracción de milímetro hasta varios centímetros – gravas y arena, ligados por medio de una pasta de cemento hidráulico.

En algunas ocasiones en la mezcla pueden intervenir otros componentes como los aditivos y las microfibras con el fin de modificar algunas propiedades mecánicas o físicas del concreto, bien sea en estado fresco o endurecido.

2.3.2 Cemento portland

Ortega, J. (2014), Es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre sí, formando una masa sólida que cumple las características y propiedades que más adelante se detallarán.

Para satisfacer ciertos requerimientos físicos y químicos para propósitos específicos, se elaboran diferentes tipos de cemento Portland. Las especificaciones Estándar para estos tipos de cemento y los métodos de prueba se encuentran al detalle en las especificaciones ASTM C-150. Ellos son:

- Tipo I, que es de uso general y es apropiado para todos los usos cuando no son requeridas las propiedades especiales de los otros tipos de cemento.
- Tipo II, es usado donde no se requiere una excesiva protección contra ataques de sulfatos, es decir, donde los ataques por sulfatos no son muy severos. Es un cemento que generará menos calor de hidratación que el cemento Tipo I.
- Tipo III, este tipo de cemento de resistencias iniciales altas adquieren sus resistencias una semana o menos de vaciado. Se usa cuando los encofrados o formas tienen que ser retiradas lo antes posible para otro uso, o cuando la estructura debe ser puesta en servicio lo antes posible.

- Tipo IV, este cemento se usa donde el calor de hidratación debe ser reducido al mínimo. Desarrolla resistencias a más largo plazo que el Tipo I o normal.
- Tipo V, este tipo de cemento es usado solamente en concretos que van a estar expuestos a una severa acción de sulfatos. Se usa principalmente donde los suelos, o aguas en contacto con la estructura, tienen un alto contenido de sulfato. Este cemento adquiere resistencia más lentamente que Tipo I o normal.

Harmsen, T. (2017), Los 3 primeros tipos de cementos son susceptibles de adicionarles incorporadores de aire, en cuyo caso se le agrega el sufijo A, por ejemplo, cemento tipo IIIA.

En la norma ASTM 595-00 se especifica las características de los cementos adicionados, los cuales contienen, además de los compuestos ya mencionados, escoria y puzolanas, que modifican el comportamiento del conjunto.

Entre ellos se tiene:

- Tipo IS, cemento al que se le ha añadido entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo ISM, cemento al que se le ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo IP, cemento al que se le ha añadido entre 5 y 40% en peso de puzolana.
- Tipo IPM, cemento al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana.

2.3.2.1 Cemento Portland, Especificación de la Performance

Biondi, A. (2017), La NTP 334.082. CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance considera los siguientes cementos:

- CEMENTO PÓRTLAND TIPO GU Cemento Portland de uso general.
- CEMENTO PÓRTLAND TIPO MS Cemento Portland de moderada resistencia a los sulfatos.
- CEMENTO PÓRTLAND TIPO HS Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.
- CEMENTO PÓRTLAND TIPO HE Cemento Portland de alta resistencia inicial.

- CEMENTO PÓRTLAND TIPO MH Cemento Portland de moderado calor de hidratación.
- CEMENTO PÓRTLAND TIPO LH Cemento Portland de bajo calor de hidratación. (p. 52).

En la presente investigación nos enfocaremos en el Cemento HS ya que se ajusta a los requerimientos técnicos para el objetivo de esta investigación, la cual es mitigar el proceso químico de sulfatos y cloruros presentes en la brisa marina.

2.3.2.1.1 Cemento Tipo HS

Norma – NTP 334.082

Cemento Anti – Salitre, de consideración HS que permite según su composición (25% de puzolana, 69% de Clinker y 6% de Yeso), una alta resistencia al ataque de sulfatos, resistencia a los cloruros, aumento de impermeabilidad, menor calor de hidratación y disminuye la reacción nociva álcali-agregado.

Cuenta con ventajas y propiedades únicas para el uso en la industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas, edificios, obras de concreto estructural, obras hidráulicas y aquellas que estén expuestas a suelos húmedos salitrosos, al agua de mar y brisa marina.

Características:

El Cemento Anti Salitre posee bajo calor de hidratación y alta resistencia a los sulfatos, así como baja reactividad con agregados álcali-reactivos. Estas características resultan ideales para cualquier construcción en zonas húmedas salitrosas y expuestas al agua de mar. Por ello, cumplen con las normas técnicas NTP 334.082 y la ASTM C-1157. Sus adiciones activas, complementadas con una molienda extrafina, disminuyen la posibilidad del ingreso de cualquier agente agresor. Asimismo, protegen los aceros de refuerzo contra la acción de los cloruros, lo que garantiza una mayor durabilidad de la obra.

Propiedades:

- Resistente al salitre
- Mayor Impermeabilidad y durabilidad
- Mayor resistencia en el tiempo
- Bajo calor de hidratación
- Resistente a la reacción Álcali-Sílice



Figura N° 1: Cemento Tipo HS

Fuente: Cementos Inka

2.3.3 Agregados

Ortega, J. (2014), Los agregados se clasifican básicamente en dos tipos: agregados gruesos o grava y agregados finos o arenas, los mismos que en su conjunto ocupan del 70 al 75% del volumen de la masa endurecida. La resistencia y economía del concreto es consecuencia directa de la mejor compactación que los agregados pueden tener, siendo muy importante la granulometría de las partículas.

2.3.3.1 Agregado fino o arena

Harmsen, T. (2017), Tanto el agregado fino como el agregado grueso, constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua, El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99a, los cuales se muestran en la siguiente tabla. (p. 12).

Tabla N° 1: Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por el agregado fino

Tamiz estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	100
#4	95 a 100%
#8	80 a 100%
#16	50 a 85%
#30	25 a 60%
#50	5 a 30 (AASHTO 10 a 30)
#100	0 a 10 (AASHTO 2 a 10)

Fuente: Harmsen, T. (2005).

2.3.3.2 Agregado grueso o piedra

Harmsen, T. (2017), El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o graba zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. Al igual que el agregado fino, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. Es conveniente que su tamaño máximo sea menor que 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de las losas. Para concreto ciclópeo se puede emplear hasta piedra de hasta 15 o 20 cm. Se puede usar tamaños mayores si a criterio del ingeniero, no inducirán la formación de vacíos. Al igual que para la arena. La norma ASTM-C-99a también establece una serie de condiciones para su gradación. Estas se muestran en la tabla siguiente. (p. 13).

Tabla N° 2: Parámetro HUSO 67 Agregado Grueso

Tamiz estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
1"	100
3/4"	100% a 90%
3/8"	55% a 20%
#4	10% a 0%
#8	5% a 0%

Fuente: NTP 400.037.

2.3.4 Agua

Rivva, E. (2014), El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- La formación de gel
- Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que: En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

2.3.4.1 El agua de mezcla

Harmsen, T. (2017), El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- I. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- II. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- III. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para hidratación del cemento. (p. 59).

El agua a recomendable a usar debe ser potable, pero si el agua no es potable se debe tener en cuenta los siguientes parámetros según la Norma E.060 Concreto Armado, (2009).

- a) Estar limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

Tabla N° 3: Contenido de Ión cloruro en el Agua

Tipo de Elemento	Contenido máximo de ión cloruro soluble en agua en el concreto, expresado como % en peso de cemento
Concreto pretensado:	0.06
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros.	0.1
Concreto armado no protegido que puede estar sometido a un ambiente húmedo, pero no expuesto a cloruros (incluye ubicaciones donde el concreto puede estar ocasionalmente húmedo tales como cocinas, garajes, estructuras ribereñas y áreas con humedad potencial por condensación).	0.15
Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de recubrimiento impermeable.	0.8

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado, (2009).

2.3.5 Propiedades del concreto

Jiménez, K y Lozano, H. (2018), Las propiedades del concreto le brindan la capacidad de ganar fuerza con el tiempo y ayudar a conservar los recursos debido a su capacidad de ganar fuerza con el tiempo y ayudar a conservar los recursos debido a su capacidad para seguir siendo un material de alta calidad con poca o ninguna necesidad de reconstrucción o mantenimiento, pues resiste la descomposición, ardor y la oxidación, proporcionando un entorno estable y seguro. (p. 21).

El concreto presenta diferentes estados, en cada uno de estos sus propiedades varían en grado considerable mediante el control de sus ingredientes, entonces a continuación veremos propiedades importantes del concreto separadas en sus 2 estados fundamentales, en estado fresco y endurecido.

Las siguientes propiedades son necesarias a considerar para la forma de trabajo y resultado de la mezcla de concreto, además de ser las que se tomaran en cuenta para la presente investigación.

2.3.5.1 Concreto Endurecido

2.3.5.1.1 Resistencia del concreto

Resistencia del concreto a la compresión

- Normas: NTP 339.034 – ASTM C39

La resistencia del concreto se mida en estado sólido, por lo mismo que el procedimiento detalla en tomar muestras de testigos y llevarlas a la poza de curado para recién someterlas a las pruebas de compresión. La resistencia a la compresión de un concreto ($f'c$) debe ser alcanzado a los 28 días, después del vaciado y realizado el curado respectivo, para la presente investigación se basa en edades tempranas de 1, 7, 14 y 28 días en una línea de proyección por las características de los cementos a usar y el tiempo para el cual se estima su uso.

2.3.6 Causas del deterioro del concreto

Kosmatka, S., et al. (2017), Entre las causas de deterioro del concreto existen dos clasificaciones que son las físicas que serían ocasionadas por abrasión o accidentes, y las químicas como congelamiento y deshielo, reacción álcali sílice, carbonatación, ataque por cloruros y sulfatos.

2.3.6.1 Agentes químicos que afectan el concreto

Rodríguez, L. (2019), Existen diversos factores que influyen en la disminución de la vida útil de las estructuras de concreto reforzado, causando el deterioro de las mismas, estos factores son: el medio al que las estructuras son expuestas, ya sea ambientes marinos, ciudades industrializadas, aguas subterráneas etc. A continuación, se describen dos de los mecanismos de degradación que pudieran generar deterioro en las estructuras de concreto. (p. 14).

2.3.6.1.1 Corrosión del acero de refuerzo y exposición a iones cloruro

Kosmatka, S., et al. (2017), Los cloruros provenientes principalmente de ambientes marinos o sales de deshielo, son uno de los principales agentes corrosivos para el acero de refuerzo. La corrosión es una reacción electroquímica de la interacción de un metal con el medio que lo rodea, dando lugar al deterioro de sus propiedades tanto físicas como químicas y por consiguiente la destrucción del mismo. Los iones cloruro penetran por los poros capilares del concreto para debilitar el acero de refuerzo, dando lugar a reacciones que conducen a la formación de un óxido entre las barras de acero y concreto la cual llega a medir el doble del diámetro del acero de refuerzo, por lo que puede dar lugar a formación de grietas y desprendimiento del concreto. (p. 1-254).

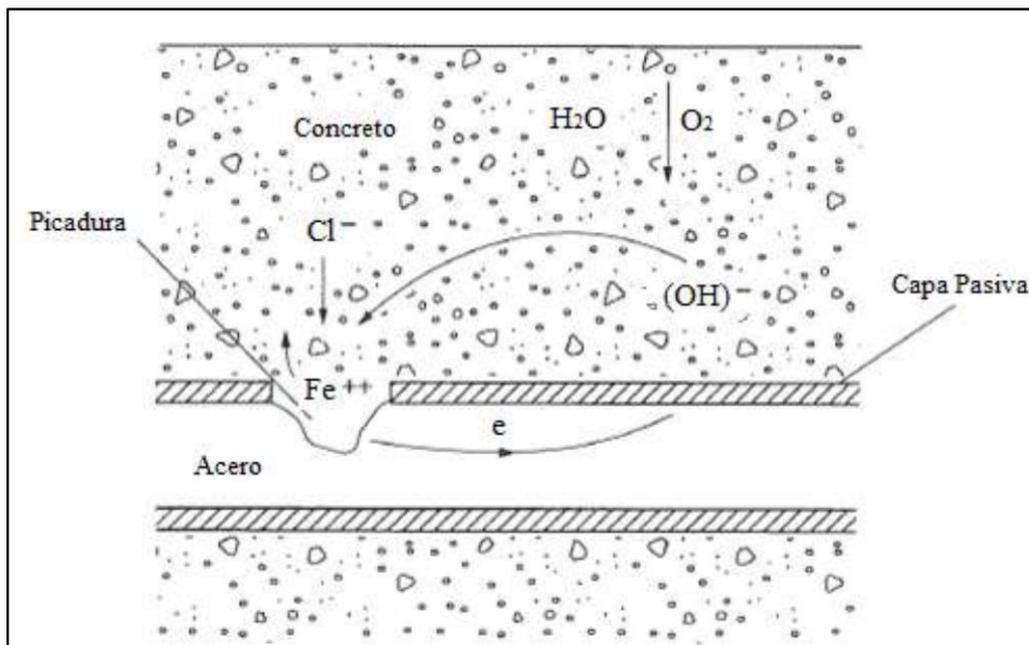


Figura N° 2: Representación esquemática de corrosión electroquímica

Fuente: Rodríguez, L. (2019).

2.3.6.1.2 Ataque por sulfatos

Kosmatka, S., et al. (2017), Uno de los problemas a tratar en esta investigación es el ataque de los sulfatos siendo este uno de los mayores problemas de deterioro de los materiales base cemento. Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto que

no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo, sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento hidratada. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta de cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión de la pasta y de resistencia).

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Componentes del cemento Portland

2.4.1.1 Clinker

Flores, E. (2014), Es un producto de las reacciones físicas y químicas de los componentes calcáreos y arcillosos que están presentes en los crudos que son tratados en los hornos de las fábricas de cemento a temperaturas entre 300 y 2500 grados centígrados.

Estos interactúan en el horno rotatorio para dar lugar al Clinker, compuesto básico que aporta los llamados compuestos potenciales al cemento conocidos como: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, ferro aluminato tetracálcico, responsables de las propiedades de la resistencia y trabajabilidad del cemento.

El silicato tricálcico de fórmula $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, conocido también en la industria cementera con la abreviación C3S o alita, es la fase principal en la mayoría de los clínkeres Portland y de ella dependen en buena parte las características de desarrollo de resistencia mecánica; el silicato tricálcico endurece más rápidamente y por tanto tiene mayor influencia en el tiempo de fraguado y en la resistencia inicial de los cementos. (p. 24).

2.4.1.2 Yeso

Flores, E. (2014), Es un compuesto que se encuentra en la naturaleza en forma de sulfato de calcio di hidratado, que se adiciona al clinker en el molino de cemento en un 3 al 4 % en masa. Le confiere al cemento un efecto retardante en las condiciones de fraguado.

El yeso es generalmente agregado al clinker para regular el fraguado. Su presencia hace que el fraguado inicie aproximadamente en 45 minutos. El yeso reacciona con el aluminato tricálcico para formar una sal expansiva llamada etringita. (p. 45).

2.4.2 Relación agua/cemento

Kosmatka, S., et al. (2017), Esta relación se obtiene de dividir el total de agua de mezcla entre la suma del peso del cemento más el peso de las adiciones utilizadas, estas pueden ser microsílíce, ceniza volante, puzolanas naturales, filler calizo, etc.

2.4.3 Dosificación de concreto

Rivva, E. (2014), Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de trabajabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

2.4.4 Tiempo de fraguado

Carlos, L. (2019), Tiempo estudiado para que la mezcla conglomerante pase del estado plástico al estado sólido siendo capacidad de desarrollar su resistencia diseñada, el tiempo relacionado genera parámetros para su tiempo optimo evitando fraguados relámpagos o de espera, cada cemento posee su tiempo propio indiferente de las propiedades de la mezcla.

2.4.5 Diseño de mezcla del concreto

Carlos, L. (2019), Definimos el proceso de diseño de una mezcla de concreto como la determinación de las cantidades relativas de los materiales necesarios en la composición de la mezcla para obtener un concreto adecuado según sus características deseadas para cada tipo de concreto.

La dosificación puede ser puramente empírico basada en lo que se podrían considerarse experiencia de antiguos ensayos y especificaciones técnicas, recalcando que no es la forma adecuada.

El método más recomendado, consiste en proporcionar y diseñar las mezclas de prueba, especificadas en un control de la relación agua-cemento, contenido de aire, tamaño nominal y tomando en cuenta los factores que afectan al contenido de concreto (cemento, granulometría y propiedades del agregado, etc.) Las

propiedades del concreto parten a partir de sus propios ensayos, estos se comprueban, prácticamente y pueden hacerse después de los ajustes necesarios. (p. 57).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Al determinar el diseño de mezcla del concreto con cemento portland Tipo HS se mejora las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfatos y cloruros.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Al reducir dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS se incrementa el tiempo de fraguado del concreto.
- b) Al reducir la relación agua/cemento se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.

3.2 Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis

En la siguiente figura elaboramos el esquema en los que se basó la investigación.

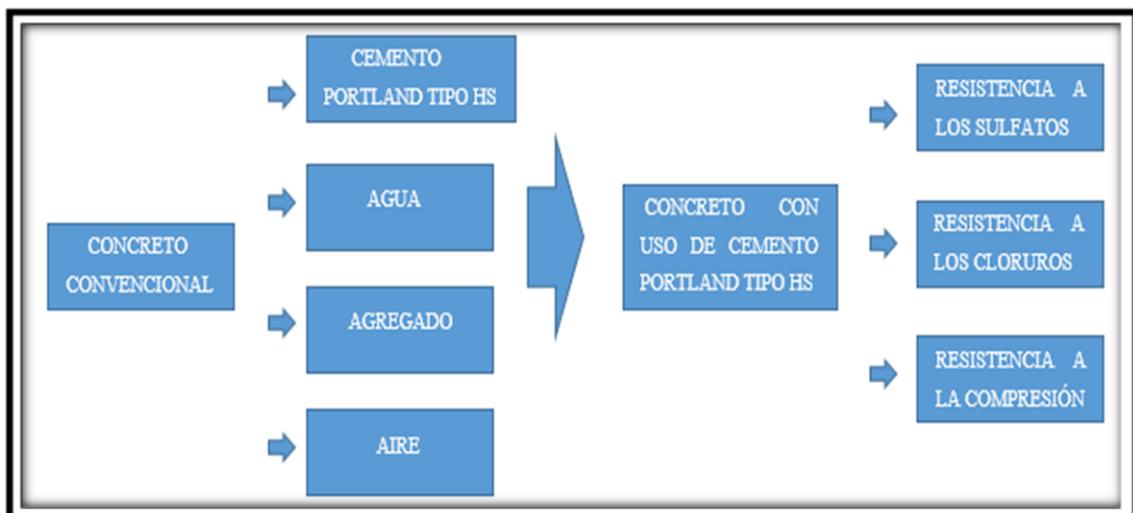


Figura N° 3: Diagrama de flujo de tesis

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Definición conceptual de las variables

Las variables de estudio son de tipo cuantitativa continua, ya que los resultados son susceptibles a la medición bajo un sistema establecido, el cual, a su vez, permite una cantidad de resultados muy amplia.

3.2.1.1.1 Variables independientes

Diseño de mezcla del concreto con cemento portland tipo HS.

Indicadores:

- Dosificación del cemento portland tipo HS.
- Relación Agua/Cemento.

3.2.1.1.2 Variables dependientes

Propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfatos y cloruros.

Indicadores:

- Tiempo de fraguado del concreto.
- Resistencia mecánica del concreto.

3.2.1.2 Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla, mostramos las variables, indicadores, índices e instrumentos y el rol que asumen en nuestra investigación.

Tabla N° 4: Operacionalización de las Variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Cemento Tipo HS	Es un cemento portland especializado, diseñado para todo tipo de estructura y construcciones en general que requieran una alta resistencia a los sulfatos. Su composición contiene las proporciones adecuadas de clinker, yeso y adiciones especiales; materias primas, que cumplen con los más estrictos controles de calidad para obtener un excelente producto final	El empleo de este elemento cemento portland Tipo HS, contribuye a la formación de una matriz de cemento con menor porosidad capilar, dando como resultado un incremento de la impermeabilidad del concreto; esto evita el ingreso de agentes externos como son los sulfatos y cloruros.	-	Relación agua/cemento	-	Adim.	Tesis, cuadros y tablas relacionadas	NTP 334.082 NTP 400.017 Norma E. 060 ASTM C-1157
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Propiedades del concreto	Depende directamente de las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, por ello es importante usar agua potable, cemento y agregados adecuados	Se llama concreto fresco al material mientras permanece en estado fluido, desde el momento que se mezclan todos los componentes hasta el atiesamiento de la masa. Tras el proceso de hidratación el concreto pasa del estado plástico a un estado rígido. Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia.	Fresco Endurecido	Tiempo de fraguado del concreto Resistencia a la compresión axial	Trabajabilidad de la mezcla Compresión	Tiempo (min) kg/cm ²	Tesis, cuadros y tablas relacionadas	Norma E. 060 ASTM 400.037, Fichas técnicas

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación es de tipo documental, bibliográfico en la cual se observaron y analizaron los resultados de laboratorio de las diferentes fuentes que se recolectaron con respecto al cemento portland Tipo HS de las cuales se describen e identifican y tal vez complementar para futuras tesis.

Por tanto, la investigación adopta la metodología del estudio efectuado por Chavarry, C., et al. (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).

4.1 Método de la investigación

El método de la investigación es deductivo con orientación aplicada y con enfoque mixto, ya que tiene parte de cualitativo como cuantitativo.

El enfoque cualitativo porque mejoró el producto que en este caso es el concreto y en lo cuantitativo porque se usó cálculos, gráficos y cuadros estadísticos utilizados para el análisis y obtención de resultados que fueron contrastados con las hipótesis planteadas.

Cabe mencionar que el instrumento de recolección fue de tipo retrolectivo ya que se utilizó los formatos de laboratorio ya establecidos.

4.2 Tipo de investigación

Nuestra investigación es de tipo descriptivo, explicativa y correlacional. Descriptivo porque detalla como el ataque de sulfatos y cloruros incide directamente sobre las estructuras que se sitúan en las zonas costeras de nuestro país. Explicativa porque se visualizó y explicó el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto en función al concreto con cemento portland Tipo HS. Y en cuanto a lo correlacional, porque se planteó aumentar la resistencia mecánica del concreto utilizando el cemento portland tipo HS, por lo cual existe una relación.

4.3 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque se analizó los datos recolectados de diferentes investigaciones, revistas especializadas y artículos relacionados al tema de investigación para emitir conclusiones.

4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, ya que los datos recolectados de las fuentes utilizadas para la presente investigación fueron obtenidos de forma experimental. Por el número de mediciones la investigación es longitudinal porque se comparó la evolución de la resistencia mecánica del concreto a diferentes edades. En su cronología es retrospectivo porque no fuimos la fuente que obtuvo los datos a analizar y diseño de cohortes donde se contempló las probetas con los aditivos y estos a su vez, causaron efecto sobre la resistencia mecánica de las mismas.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

El universo de la presente investigación fue enmarcado en la cantidad de resultados de ensayos de laboratorios obtenidos en las tesis y artículos de investigación, relacionados a concretos afectados por sulfatos y cloruros, para las cuales se han analizado y verificado los indicadores pertinentes.

Tabla N° 5: Criterios para la inclusión de la población de estudio

Propiedad	Descripción
Tipo de Cemento	Cementos Portland Tipo II, V (NTP 334.009 y ASTM C-150) y Cementos adicionados (MS, MH, HS, IP, Ico, IPM, etc.)
Agua	Agua potable que cumpla con las especificaciones de la Norma NTP 339.088

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Muestra

Considerando la población descrita anteriormente, se han tomado como muestra aquellos que están relacionados a diversas dosificaciones de puzolana en la

composición del cemento Tipo HS, tiempo de fraguado, relación agua / cemento y resistencia a la compresión axial del concreto que fueron objetos de estudio.

4.6 Unidad de análisis

- NTP 339.034:2015 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª Edición.
- NTP 334.006:2013 CEMENTO. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja Vicat.

4.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica para la presente investigación fueron los ensayos de laboratorio, así se pudo medir y comparar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión axial del concreto en esta fresco y endurecido en base a la norma y especificaciones.

4.7.1 Descripción de procedimientos de análisis

Se recolectaron datos de ensayos de laboratorio que fueron experiencias de los investigadores que se tomaron como muestra para la presente investigación, en los cuales se hallaron la resistencia a la compresión del concreto.

Las herramientas que se utilizaron para el procesamiento de datos y su posterior análisis fueron el software de Microsoft Excel 2016, con el cual se desarrollaron gráficos para mostrar la relación de las diferentes proporciones con las propiedades analizadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el análisis y comparación de resultados de la presente tesis, se hizo uso de la norma técnica de edificación E060, la NTP 334.082 y el ASTM C-1157. En donde establecen ciertos parámetros a cumplir para un concreto con especificaciones de la performance, a fin de establecer un filtro en la selección de la muestra necesaria para la interpretación de resultados. Del universo de 50 artículos, 12 tesis nacionales y 5 tesis internacionales. Se seleccionaron aquellos que cumplían con las normas ya citadas.

Tabla N° 6: Normativa para requisitos físicos estándar para un concreto resistente a sulfatos.

Norma	NTP 334.082 y ASTM C-1157	
Tiempo de Fraguado	Inicial (min)	Mínimo 45
	Final (min)	No mayor de 375
Resistencia a la Compresión	3 días (kg/cm ²)	112
	7 días (kg/cm ²)	184
	28 días (kg/cm ²)	255
Resistencia al ataque de Sulfatos (%)		0.05

Fuente: NTP 334.082

Tabla N° 7: Relación agua /cemento por resistencia

f _c (kg/cm ²)	Relación a/c (en peso)	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.

Tabla N° 8: Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concreto de peso norma	f'c mínimo (kg/cm ²) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	$0.0 \leq SO_4 < 0.1$	$0 \leq SO_4 < 150$	-	-	-
Moderada	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.5	285.52
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0.45	316.11
Muy severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana	0.45	316.11

Fuente: Tabla 4.4 NTE E060.

5.1 Análisis e interpretación de resultados

- a) Al reducir dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS se incrementa el tiempo de fraguado del concreto.

Tabla N° 9: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Alfaro, T. y Laura, L.

	Fraguado Vicat					
	NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cemento Tipo V	Cemento HS 20%	Cemento HS 23%	Cemento HS 26%	Cemento HS 30%
Fraguado Inicial (min)	45	120	165	155	172	173
Fraguado Final (min)	420	150	203	190	213	207

Fuente: Alfaro, T. y Laura, L. (2014).

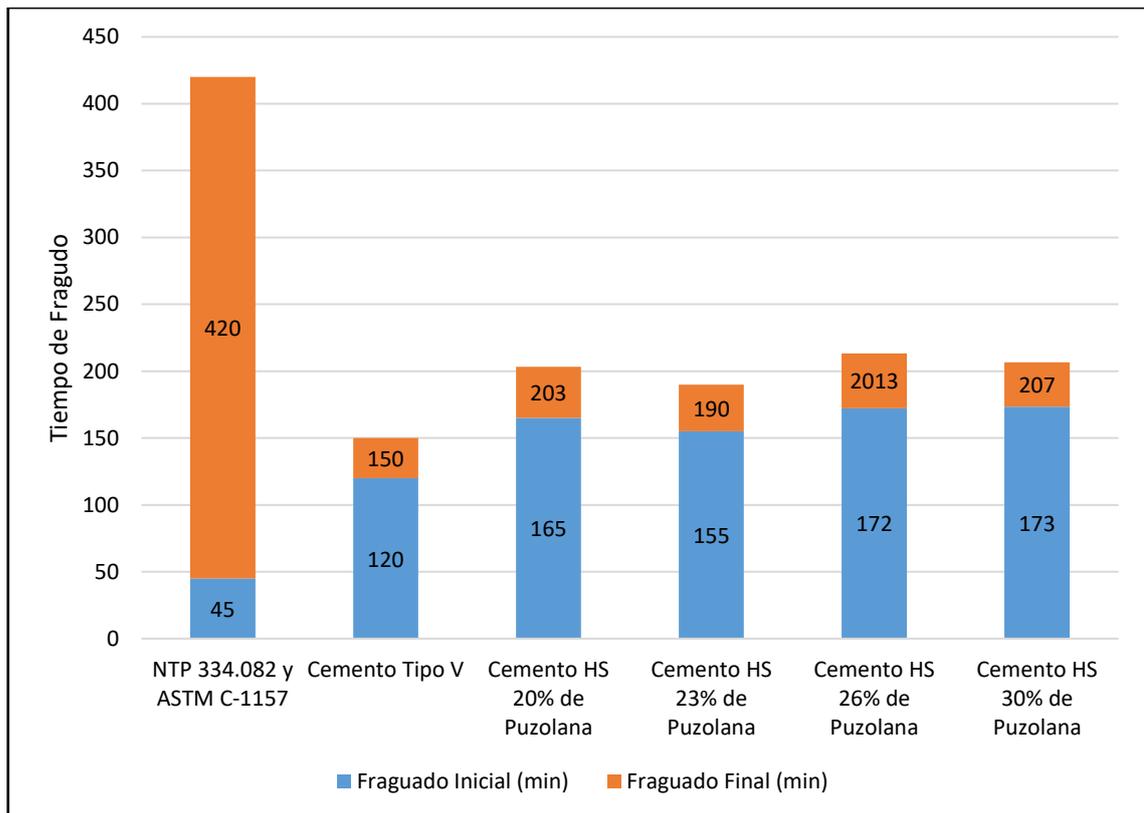


Figura N° 4: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Alfaro, T. y Laura, L.

Fuente: Alfaro, T. y Laura, L. (2014). (Tabla 9).

Comentario: La resistencia a sulfatos para el cemento HS con 20% de puzolana es a los 28 días fue de 0.036, para el caso del cemento HS con 23% de puzolana fue de 0.022, para el caso de cemento HS con 26% de puzolana fue de 0.027 y por último para el caso de cemento HS con 30% de puzolana fue de 0.027.

Tabla N° 10: Comparativa del tiempo de fraguado entre cemento Tipo V y HS según Bellido, F.

Fraguado Vicat			
	NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cemento Tipo V	Cemento Tipo HS 23% de Puzolana
Fraguado Inicial (min)	45	148	153
Fraguado Final (min)	420	205	215

Fuente: Bellido, F. (2019).

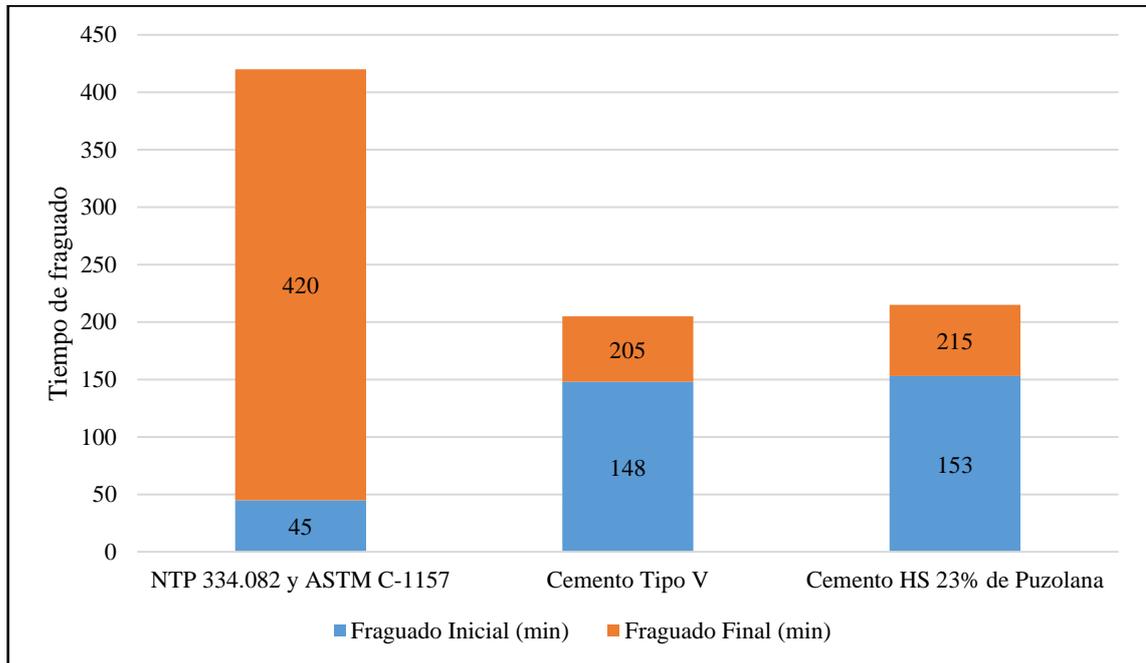


Figura N° 5: Comparativa del tiempo de fraguado entre cemento Tipo V y HS según Bellido, F.

Fuente: Bellido, F. (2019). (Tabla 10).

Comentario: Resistencia a sulfatos: Para el cemento Tipo V: 0.038 y para el Tipo Hs con 23% de puzolana: 0.01

Tabla N° 11: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Yoo, D., et al

Fraguado Vicat					
	NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cemento Tipo V	Cemento HS 20% de Puzolana	Cemento HS 23% de Puzolana	Cemento HS 30% de Puzolana
Fraguado Inicial (min)	45	135	130	180	120
Fraguado Final (min)	420	175	203	240	190

Fuente: Yoo, D., et al. (2013).

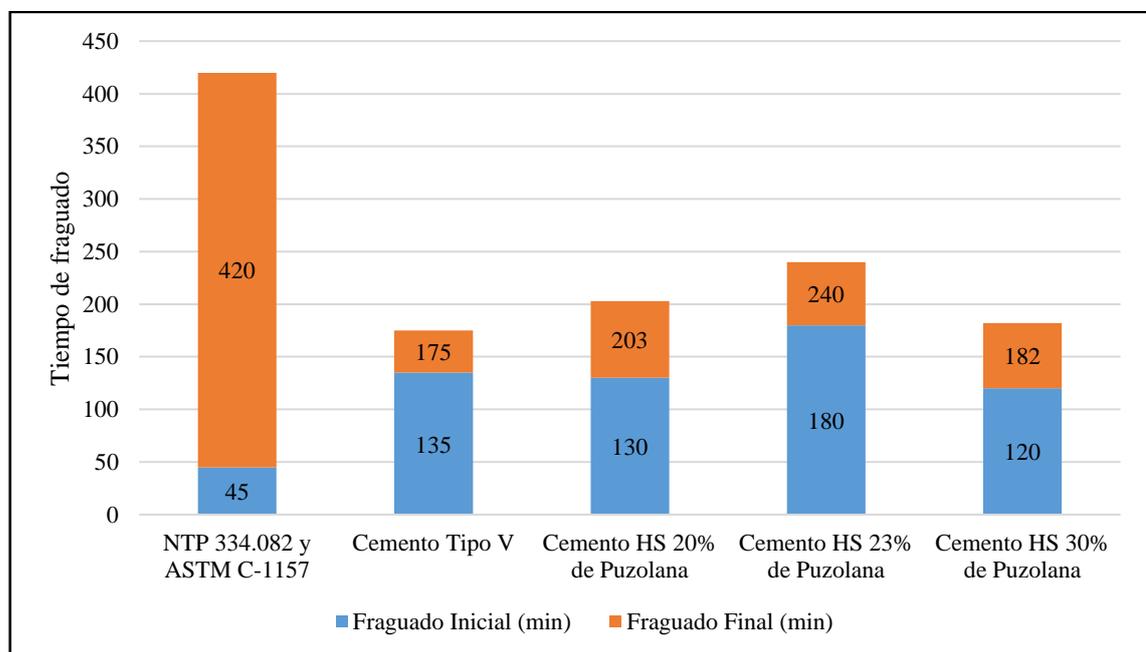


Figura N° 6: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Yoo, D., et al

Fuente: Yoo, D., et al. (2013). (Tabla 11).

Tabla N° 12: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.

	Fraguado Vicat				
	NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cemento Tipo V	Cemento Tipo HS 10% de Puzolana	Cemento Tipo HS 23% de Puzolana	Cemento Tipo HS 30% de Puzolana
Fraguado Inicial (min)	45	130	211	223	220
Fraguado Final (min)	420	170	279	278	287

Fuente: Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J. (2018).

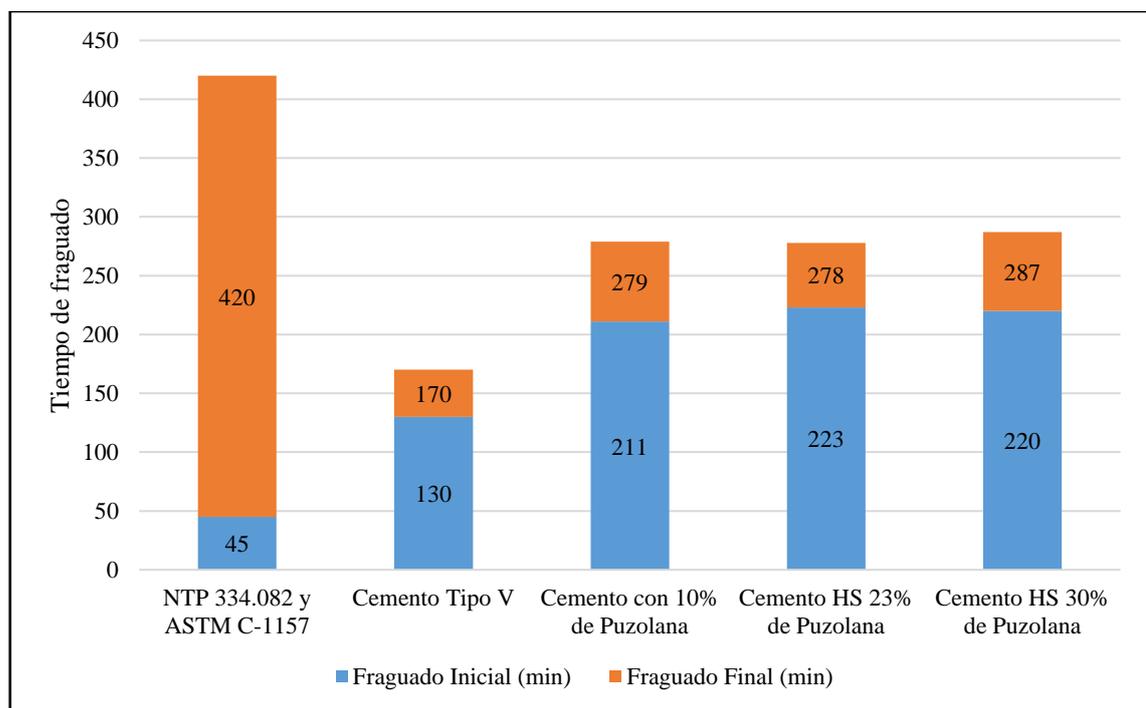


Figura N° 7: Tiempo de fraguado para diferentes dosificaciones de cemento HS según Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.

Fuente: Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J. (2018). (Tabla 12).

Tabla N° 13: Resumen comparativo del tiempo de fraguado entre NTP 334.082, Cemento Tipo V y diferentes dosificaciones de cemento Tipo HS.

Fraguado Vicat													
NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cem. Tipo V	Alfaro, T. y Laura, L.					Bellido, F.	Yoo, D.-Y., Park, J.-J., Kim, S.-W. y Yoon, Y.-S.			Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.		
		Cem. Tipo HS 20% puzol	Cem. Tipo HS 23% puzol	Cem. Tipo HS 26% puzol	Cem. Tipo HS 30% puzolana	Cem. Tipo HS 23% puzol	Cem. Tipo HS 20% puzol	Cem. Tipo HS 23% puzol	Cem. Tipo HS 30% puzol	Cem. Tipo HS 10% puzol	Cem. Tipo HS 23% puzol	Cem. Tipo HS 30% puzol	
Fraguado Inicial (min)	45	120	165	155	172	173	153	130	180	120	211	223	220
Fraguado Final (min)	420	150	203	190	213	207	215	203	240	185	279	278	287

Fuente: Elaboración propia.

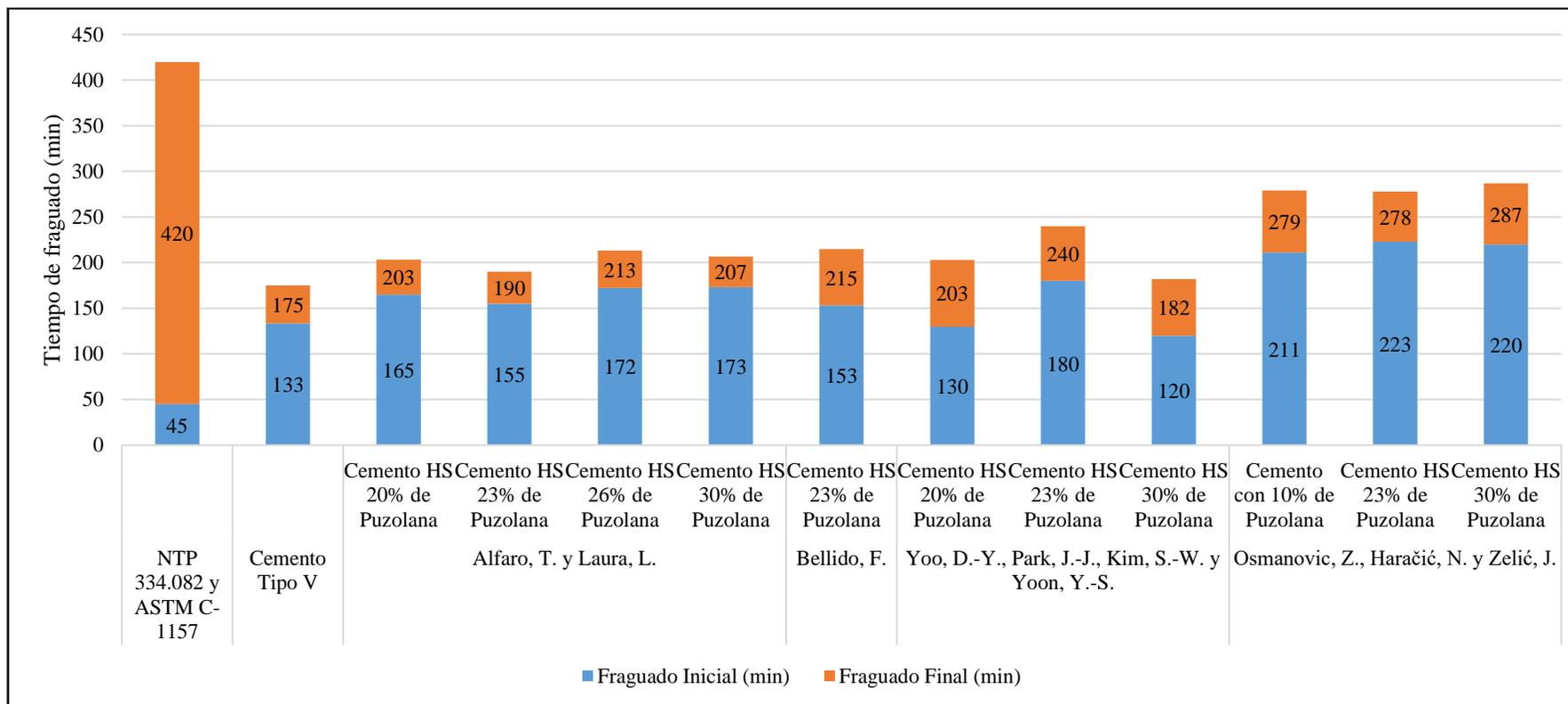


Figura N° 8: Comparativa del tiempo de fraguado entre NTP 334.082 y ASTM C-1157, Cemento Tipo V y diferentes dosificaciones de cemento Tipo HS.

Fuente: Elaboración propia. (Tabla 13).

Tabla N° 14: Media en tiempo de fraguado para cada dosis de puzolana en el cemento HS

	Fraguado Vicat				
	NTP 334.082 y ASTM C-1157	Cemento Tipo V	Cemento HS 20% de Puzolana	Cemento HS 23% de Puzolana	Cemento HS 30% de Puzolana
Fraguado Inicial (min)	45	133	148	186	171
Fraguado Final (min)	420	175	203	236	225

Fuente: Elaboración propia.

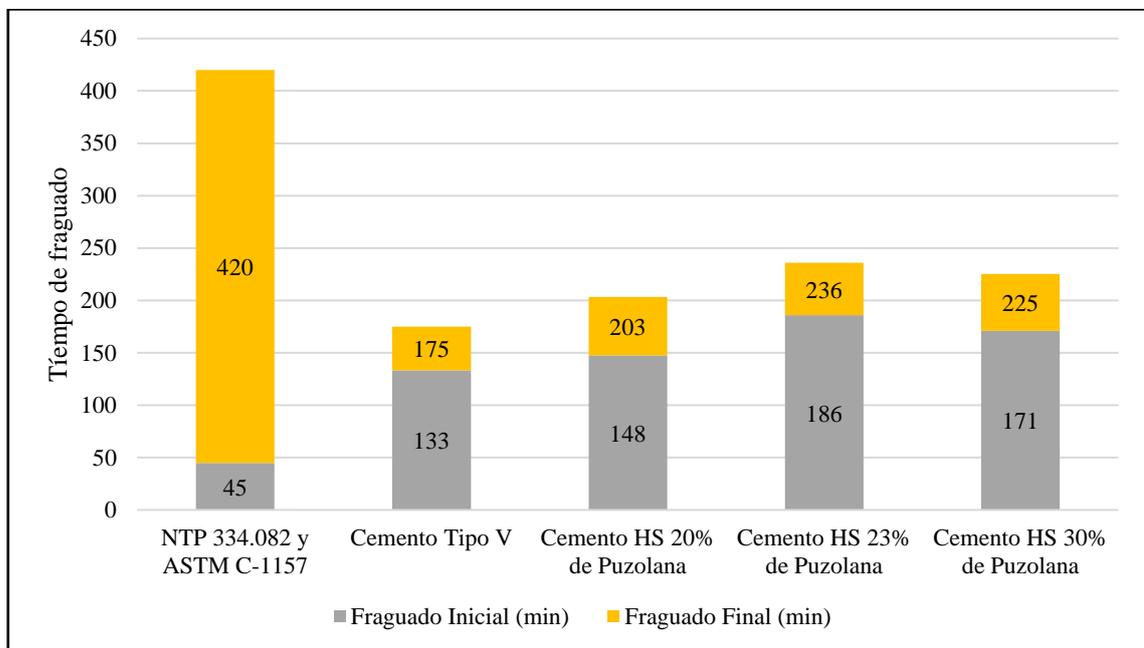


Figura N° 9: Media en tiempo de fraguado para cada dosis de puzolana en el cemento HS.

Fuente: Elaboración propia. (Tabla 14).

a) Al reducir la relación agua/cemento se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto.

- Para una relación agua/cemento = 0.67

Tabla N° 15: Resistencias para un concreto HS patrón, concreto más naftaleno y concreto más policarboxilato para una relación a/c = 0.67.

Autor	a/c	HS		HS + Superplastificante (Naftaleno)		HS + Superplastificante (Policarboxilato)	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Cabrera, L.	0.67	154.00	257.00	158.00	342.00	216.00	345.00

Fuente: Cabrera, L. (2017).

Tabla N° 16: Resistencias para un concreto HS patrón para una relación a/c = 0.67.

Autor	Relación a/c	HS	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.	0.67	168.96	245.68

Fuente: Osmanovic, Z Haračić, N. y Zelić, J. 2018).

- Para una relación agua/cemento = 0.56

Tabla N° 17: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto con cemento HS más policarboxilato para una relación a/c = 0.56.

Autor	Relación a/c	HS		HS + Superplastificante (Policarboxilato)	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Tello, J. y Tello, J.	0.56	172.00	239.00	180.54	288.36

Fuente: Tello, J. y Tello, J. (2018).

Tabla N° 18: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más 20% de puzolana para una relación a/c = 0.56.

Autor	Relación a/c	HS		HS + 20% Puzolana	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Fodil, D. y Mohamed, M.	0.56	180.87	290.45	244.732	361.999

Fuente: Fodil, D. y Mohamed, M. 2018).

- Para una relación agua/cemento = 0.53

Tabla N° 19: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más Superplastificante con relación a/c = 0.53.

Autor	Relación a/c	HS		HS + Superplastificante (SP)	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
RA, A. P., Cardoso, F. A. y John, V. M.	0.53	224.34	316.11	387.492	520.055

Fuente: RA, P., Cardoso, F. y John, V. (2020).

Tabla N° 20: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más 25% de agregado reciclado para una relación a/c = 0.53.

Autor	Relación a/c	HS		HS + 25% Agregado Reciclado	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Caycho, T. y Espinoza, D.	0.53	309.00	383.00	310	388

Fuente: Caycho, T. y Espinoza, D. (2019).

- Para una relación agua/cemento = 0.50

Tabla N° 21: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto HS más Lactato de Calcio para una relación a/c = 0.50.

Autor	Relación a/c	HS		HS + Lactato de Calcio (Lactate)	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
González, Á., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C. y González, M.	0.5	367.10	438.48	418.084	438.478

Fuente: González, Á., et al. (2020).

Tabla N° 22: Resistencias para un concreto HS patrón y concreto con cemento HS más 25% de escorias de alto horno para una relación a/c = 0.50.

Autor	Relación a/c	HS		HS + 25% de Escoria de Alto Horno (GGBS)	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Lizarazo, M. J., Salas, A. y Escobar, D. A.	0.5	183.55	346.70	132.563	356.901

Fuente: Lizarazo, M., Salas, A. y Escobar, D. (2016).

- Para una relación agua/cemento = 0.48

Tabla N° 23: Resistencias para un concreto HS sin adiciones para una relación a/c = 0.48.

Autor	Relación a/c	HS	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Bindiganavile, V., Ou, C. Q., Chen, Z. y Boluk, Y.	0.48	448.68	458.87

Fuente: Bindiganavile, V., et al. (2016).

Tabla N° 24: Resistencias para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación a/c = 0.48.

Autor	Relación a/c	HS	
		7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Ahmad, S., Lawan, A. y Al-Osta, M.	0.483	438.48	453.77

Fuente: Ahmad,S., Lawan, A. y Al-Osta, M. (2020).

- Para una relación agua/cemento = 0.45

Tabla N° 25: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.

		HS	
Autor	Relación a/c	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Zhutovsky, S. y Hooton, R. D.	0.45	560.84	713.80

Fuente: Zhutovsky, S. y Hooton, R. (2017).

Tabla N° 26: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.

		HS	
Autor	Relación a/c	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Kim, J., McCarter, W. J. y Suryanto, B.	0.45	549.63	689.63

Fuente: Kim, J., McCarter, W. y Suryanto, B. (2018).

Tabla N° 27: Resistencias halladas para un concreto con cemento HS sin adiciones para una relación agua/cemento = 0.45.

		HS	
Autor	Relación a/c	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Bader, M. A.	0.45	530.78	713.80

Fuente: Bader, M. (2003).

De los autores citados anteriormente, se realizó un comparativo por cada relación agua / cemento entre autores y como promedio se obtuvo la siguiente tabla con los respectivos promedios en resistencia a la compresión axial.

Tabla N° 28: Promedios de las resistencias a la compresión axial para las diferentes relaciones agua / cemento sin aditivos a diferentes edades.

Relación a/c	Resistencia a la compresión sin aditivos	
	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
0.67	161.48	251.34
0.56	180.87	290.45
0.53	266.67	349.56
0.5	275.32	392.59
0.48	443.58	456.32
0.45	547.08	705.74

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las resistencias de este cuadro fueron obtenidas a partir de los promedios hallados desde la Tabla 15 a la Tabla 27.

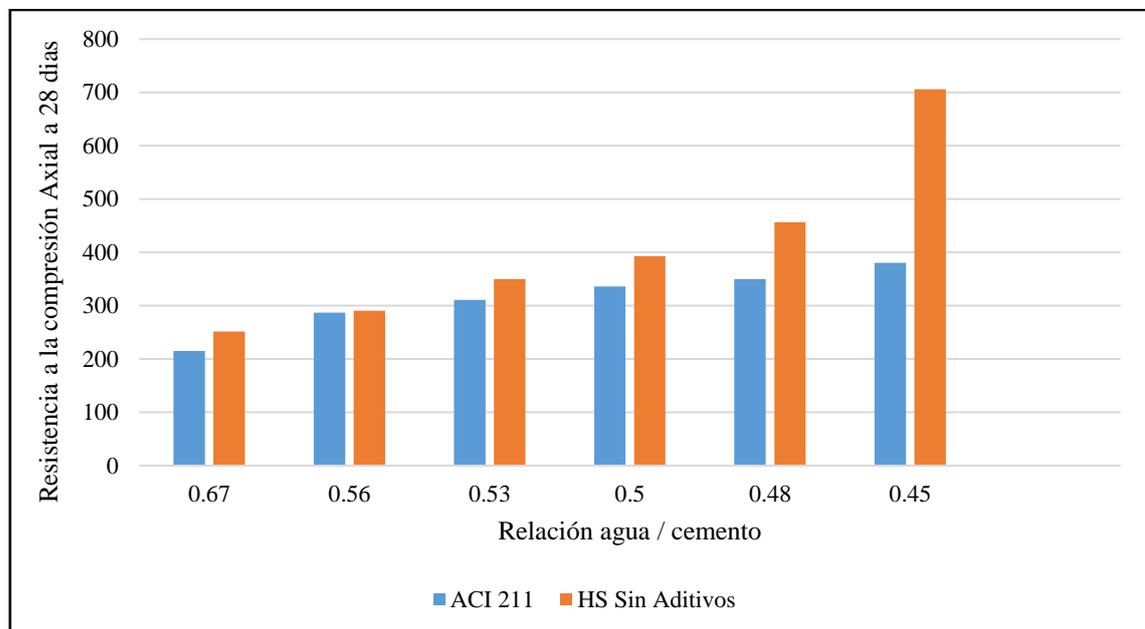


Figura N° 10: Comparativa entre la norma y los promedios hallados en resistencia a la compresión axial del concreto con cemento HS sin aditivo a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia. (Tabla 28).

Para el caso de los aditivos superplastificantes, también se evaluó los concretos con cementos HS más aditivos dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla N° 29: Promedios de las resistencias a la compresión axial para las diferentes relaciones agua / cemento con aditivos a diferentes edades.

Resistencia a la compresión con aditivos Superplastificantes (SP)		
Relación a/c	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
0.67	216	345
0.56	181	288
0.53	387	520

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos extraídos se obtuvieron de las Tablas 15, 17 y 19, los cuales fueron concretos con cemento Tipos HS pero que añadieron superplastificantes en el diseño.

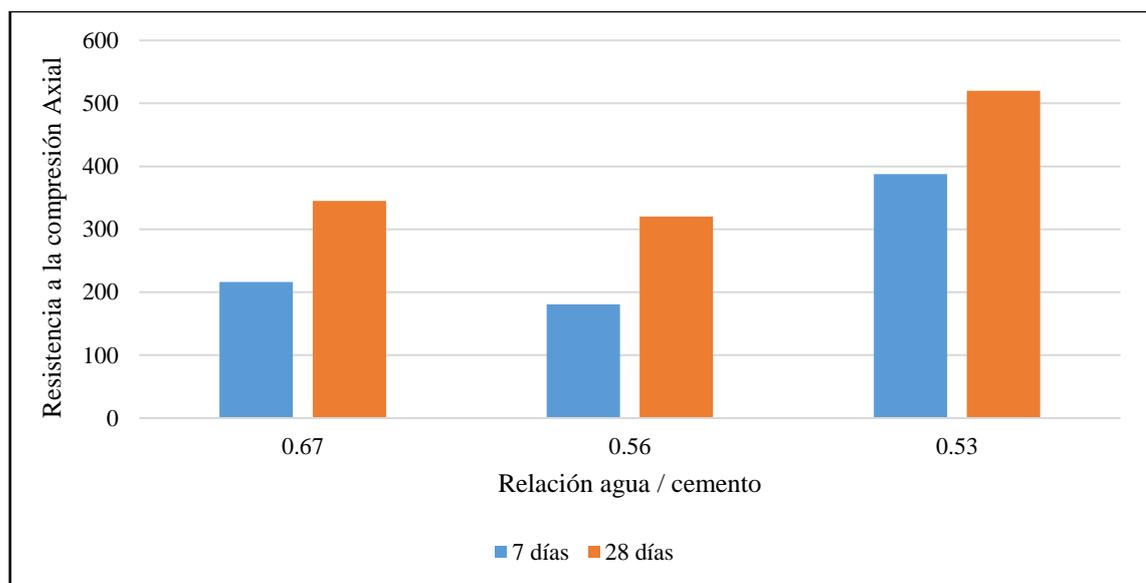


Figura N° 11: Relación agua/cemento vs Resistencia a la compresión axial del concreto con cemento HS sin aditivo a diferentes edades.

Fuente: Elaboración propia. (Tabla 29).

Finalmente, para consolidar, todos los resultados, se elaboró la siguiente figura, la cual muestra una comparativa entre la norma, el concreto con cemento HS sin adiciones y concreto HS con adiciones (Superplastificantes).

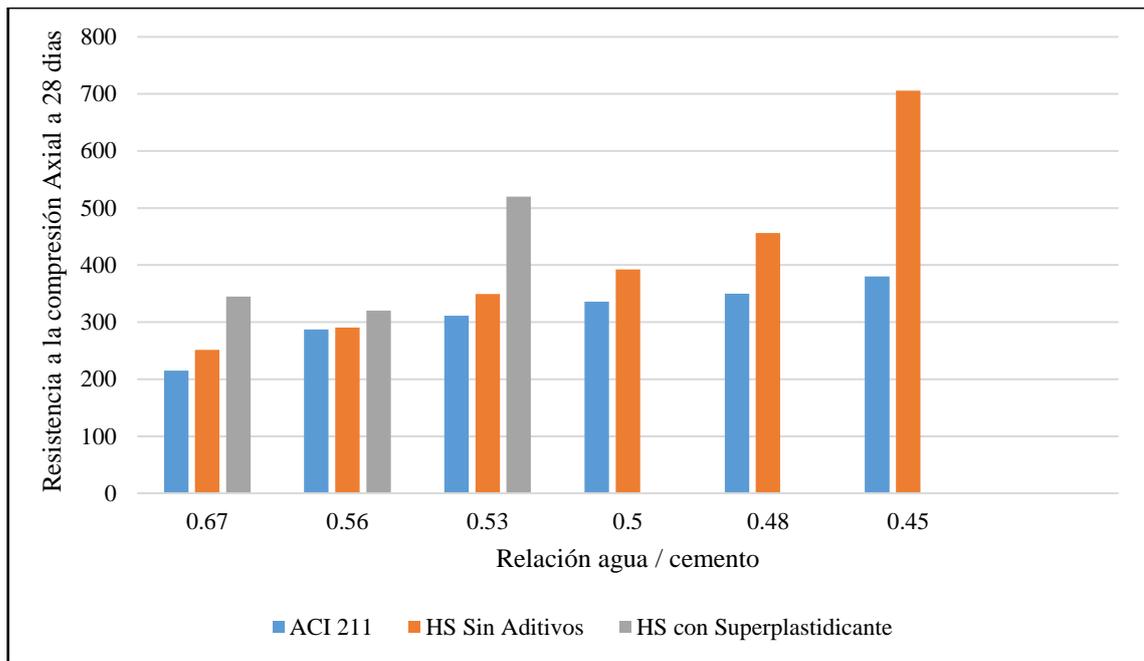


Figura N° 12: Comparativo de la evolución de la resistencia a la compresión axial a diferentes relaciones agua/cemento entre la norma, el concreto con cemento HS sin adiciones y concreto con cemento HS más Superplastificante.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Contrastación de resultados

Hipótesis 01: Al reducir la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS se incrementa el tiempo de fraguado del concreto.

Para verificar si el tiempo de fraguado del concreto con cemento Tipo HS se redujo, hemos comparado diferentes dosis de puzolana que contienen los cementos Tipo HS teniendo en cuenta los requerimientos de la norma. A su vez, hemos comparado al cemento Tipo HS con respecto al cemento Tipo V (otro tipo de cemento resistente a sulfatos) para determinar si puede ser una potencial alternativa de sustitución el cemento Tipo HS y para ello debe cumplir con los estándares de la norma técnica peruana 334.082 y ASTM C-1157.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al reducir la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS no se incrementó el tiempo de fraguado del concreto.

H1: Al reducir la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS sí se incrementó el tiempo de fraguado del concreto.

- Observación:

Según los autores Alfaro, T. y Laura, L. (2014), en la Tabla 9, al evaluar la dosificación del cemento Tipo HS más 20% de puzolana se logró un tiempo de fraguado inicial de 165 minutos y fraguado final de 203 minutos. Para el segundo caso se evaluó en la dosificación, con cemento Tipo HS más 23% de puzolana y se logró un tiempo de fraguado inicial de 155 minutos y un fraguado final de 190 minutos. Para el tercer caso, utilizando 26% de puzolana en la dosificación con cemento Tipo HS, se logró un tiempo de fraguado inicial de 172 minutos y un fraguado final de 213 minutos y para el último caso con 30% de puzolana en el cemento Tipo HS, se logró un tiempo de fraguado inicial de 173 minutos y un fraguado final de 207 minutos. Todas estas muestras se compararon con una dosificación del concreto con cemento Tipo V en donde se obtuvo un tiempo de fraguado de inicial de 120 minutos y un tiempo de fraguado final de 150 minutos.

Según el autor Bellido, F. (2019), en la Tabla 10, al evaluar la misma dosificación del cemento Tipo HS con 23% de puzolana, se logró un tiempo de fraguado inicial de 153 minutos y un tiempo de fraguado final de 215 minutos. Esto se comparó con una dosificación usando cemento Tipo V, en el cual el tiempo de fraguado inicial fue de 153 minutos y un tiempo de fraguado final de 215 minutos.

Según los autores Yoo, D., Park, J., Kim, S. y Yoon, Y. (2013), en la Tabla 11, al evaluar una dosificación de cemento Tipo HS con 20% de puzolana, se logró un tiempo de fraguado inicial de 130 minutos y un tiempo de fraguado final de 203 minutos. Para el segundo caso se utilizó 23% de puzolana en la dosificación del cemento Tipo HS, logrando un tiempo de fraguado inicial de 180 minutos y un tiempo de fraguado final de 240 minutos. Y finalmente se evaluó para 30% de puzolana en la dosificación del cemento Tipo HS, logrando un tiempo de fraguado inicial de 120 minutos y un tiempo de fraguado final de 182 minutos.

Según los autores Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J. (2018), en la Tabla 12, al evaluar una dosificación de cemento Tipo HS con 23% de puzolana, se logró un tiempo de fraguado inicial de 223 minutos y un tiempo de fraguado final de 278 minutos. Para el segundo caso, se evaluó la dosis con 30% de puzolana, logrando

un tiempo de fraguado inicial de 220 minutos y un tiempo de fraguado final de 287 minutos.

Al comparar los autores con las mismas dosificaciones de 20%, 23% y 30%, de puzolana en el cemento Tipo HS, obtenemos una media en tiempo de fraguado inicial de 148, 186 y 171 minutos respectivamente y a su vez, un fraguado final para cada dosis de 203, 236 y 225 minutos respectivamente como se observa en la Tabla 14 y Figura 9.

Entonces se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis (H_1) ya que como se muestra en las Tabla 14 y su Figura 9, al reducir la dosis de puzolana no necesariamente el tiempo de fraguado se reduce como es el caso entre la dosis de 20% y 23% de puzolana en el cemento Tipo HS.

Hipótesis 02: Al reducir la relación agua/cemento se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.

Para verificar si se reduce la relación agua/cemento para incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto, se requiere de los resultados de las resistencias a la compresión axial del concreto a diferentes relaciones agua/cemento.

- Hipótesis auxiliar

H_0 : Al reducir la relación agua/cemento no se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.

H_1 : Al reducir la relación agua/cemento sí se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.

- Observación:

Según la autora Cabrera, L. (2017), en la Tabla 15, para una relación agua/cemento = 0.67, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 257 kg/cm². A su vez, para la misma relación agua/cemento = 0.67. Los autores Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J. (2018), en la Tabla 16, obtuvieron una resistencia a la

compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 245.68 kg/cm².

Según los autores Fodil, D. y Mohamed, M. (2018), en la Tabla 18, para una relación agua/cemento = 0.56, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 290.45 kg/cm².

Según los autores Ra, A., Cardoso, F. y John, V. (2020), en la Tabla 19, para una relación agua/cemento = 0.53, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 316.11 kg/cm². A su vez, para la misma relación agua/cemento = 0.53. Los autores Caycho T. y Espinoza, D. (2019), en la Tabla 20, obtuvieron una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 383 kg/cm².

Según los autores González, A., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C. y González, M. (2020), en la Tabla 21, para una relación agua/cemento = 0.50, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 438.48 kg/cm². A su vez, para la misma relación agua/cemento = 0.50. Los autores Lizarazo, M., Salas, A. y Escobar, D. (2016), en la Tabla 22, obtuvieron una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 346.70 kg/cm².

Según los autores Bindiganavile, V., Ou, C., Chen, Z. y Boluk, Y. (2016), en la Tabla 23, para una relación agua/cemento = 0.48, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 458.87 kg/cm². A su vez, para la misma relación agua/cemento = 0.48. Los autores Lizarazo, M., Salas, A. y Escobar, D. (2016), en la Tabla 24, obtuvieron una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 453.77 kg/cm².

Según los autores Zhutovsky, S. y Hooton, R. (2017), en la Tabla 25, para una relación agua/cemento = 0.45, se obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 713.80 kg/cm². A su vez, para la misma relación agua/cemento = 0.45. Los autores Kim, J., McCarter, W. y Suryanto, B. (2018), en la Tabla 26, obtuvieron una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a los 28 días de edad de 689.63 kg/cm² y para finalizar con la misma relación agua/cemento = 0.45. El autor Bader, M. (2003), en la Tabla 27, obtuvo una resistencia a la compresión axial para un concreto con cemento HS sin adiciones a los 28 días de edad de 713.80 kg/cm².

Para el caso de los superplastificantes como aditivo, también se hallaron la resistencia a la compresión axial del concreto. En donde para una relación agua/cemento = 0.67, se obtuvo una resistencia de 345 kg/cm² a los 28 días de curado según la autora Cabrera, L. (2017).

Para el caso de relación agua/cemento = 0.56, se obtuvo una resistencia a la compresión axial del concreto de 320 kg/cm² según los autores Tello, J. y Tello, J. (2018).

Para el caso de relación agua/cemento = 0.53, se obtuvo una resistencia a la compresión axial del concreto de 520 kg/cm².

Y finalmente, se elaboró la Figura 12, en donde se aprecia y compara la norma ACI, el concreto con cemento Tipo HS sin adiciones y concreto con cemento Tipo HS con Superplastificantes para diferentes relaciones agua cemento.

Entonces para concluir, se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alterna (H₁) ya que de acuerdo a la Tabla 28 y Figura 10, la cual es una síntesis de los promedios de las resistencias a la compresión axial del concreto con cemento Tipo HS sin adiciones a diferentes relaciones agua/cemento hallados por los autores. Se nota que a relación agua/cemento más baja, las resistencias a la compresión van aumentando. Lo mismo ocurre para el caso de los concretos con cemento Tipo HS más aditivos superplastificantes, lo cual se aprecia en la Tabla 29 y Figura 11, en la cual la resistencia fue incrementándose de acuerdo se iba reduciendo la relación agua/cemento. Y para finalizar y tomando en cuenta la Tabla

8 de requisitos para concretos expuestos a soluciones sulfatos podemos deducir que en cuanto la relacion agua/cemento este mas cerca de 0.45 nuestro concreto sera mas durable en el tiempo.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Con la recolección de los artículos y trabajos de investigación a fines con el tema de la investigación de la presente tesis, se revisaron cada una de ellas y se seleccionaron 12 artículos y 5 tesis que quedaron por sobre los demás artículos porque presentaban los indicadores necesarios para el tema de análisis de esta tesis. Las cuales eran tiempo de fraguado, dosificación de la puzolana en el cemento Tipo HS, relación agua/cemento y resistencia a la compresión axial del concreto. Con estos grupos de datos se analizarán como alternativa de solución al concreto con cemento portland Tipo HS para estructuras afectadas por sulfato y cloruro.

6.1 Discusión

1. Según los resultados de tiempo de fraguado expresado por los autores Alfaro, Thatiana; Laura, Liliana; Bellido, Frank; Yoo, Doo-Yeol; Park, Jung-Jun; Kim, Sung-Wook; Yoon, Young-Soo; Osmanovic, Zherudin; Haračić, Nedžad y Zelić, Jelica en la Figura 9, se pudo contrastar el rechazo de la hipótesis 1, debido a que, al reducir la dosis de puzolana no necesariamente el tiempo de fraguado se incrementó como es el caso del cemento Tipo HS con 23% de puzolana donde el tiempo de fraguado fue menor con respecto al cemento Tipo HS con 30% de puzolana, pero a su vez, si comparamos cualquiera de las dosificaciones del cemento Tipo HS con respecto al cemento Tipo V en todos los casos el tiempo de fraguado es mayor a favor del cemento Tipo HS como se observa en la Tabla 14, debido a la ya mencionada dosis de puzolana, con lo cual incrementa la trabajabilidad y por consiguiente repercute en el tiempo de desmoldado. Esta idea se ve reforzada por el autor Muñoz, Ricardo; en la cual en su investigación afirma que debido a la elevada finura de la puzolana, esta provoca un retraso en el tiempo de fraguado permitiendo así una pérdida muy lenta del agua libre de mezclado.

Por otro lado, los ya mencionados autores Osmanovic, Zherudin; Haračić, Nedžad y Zelić, Jelica utilizaron en su investigación un cemento con 10% de puzolana natural en su comparación, de acuerdo al tema de su investigación. Lo cual difiere de nuestra investigación, ya que un cemento con una dosis de

10% de puzolana clasifica como un cemento Portland puzolanico modificado Tipo 1(PM), el cual en su composición química tiene un contenido de puzolana < 15% y esto lo lleva a ser un cemento adicionado mas no por performance.

2. De acuerdo a los resultados obtenidos de los artículos que tienen como autores Cabrera, Leslie; Osmanovic, Zherudin; Haračić, Nedžad; Zelić, Jelica; Tello, José Luis; Tello, José Antonio; Fodil, Dif; Mohamed, Mouli; RA, Pedro; Cardoso, Fábio; John, Vanderley; Caycho, Teresa; Espinoza, Diego; González, Álvaro; Parraguez, Araceli; Corvalán, Liliana; Correa, Néstor; Castro, Javier; Stuckrath, Claudia; González, Marcelo; Lizarazo, Juan; Salas, Andrés; Escobar, Diego; Bindiganavile, Vivek; Ou, Chi Qian; Chen, Zheng; Boluk, Yaman; Ahmad, Shamsad; Lawan, Adamu; Al-Osta, Mohammed; Zhutovsky, Semion; Hooton, Douglas; Kim, Jaehwan; McCarter, John; Suryanto, Benny y Bader, Maher según la Tabla 28 se pudo contrastar la ya aceptada hipótesis 2, la cual menciona que al reducir la relación agua/cemento la resistencia a la compresión axial del concreto aumenta. Esta premisa es producto de la evaluación de la relación agua/cemento entre 0.67 a 0.45, en las cuales, se obtuvieron resistencias a la compresión axial de 251.34 kg/cm² a 705.74 kg/cm² respectivamente. Los resultados llevaron a cumplir ampliamente los requisitos de la Tabla 6.3.4 del ACI 211 tomando en cuenta que es un concreto Tipo HS sin adiciones. Ahora, si se le agrega un aditivo superplastificante de cuarta generación, llamase un policarboxilato o naftaleno, la resistencia se vio afectada con un incremento de hasta un 30% como se observa en la Tabla 29. En síntesis, al tener una relación agua/ cemento baja se obtiene resistencias a la compresión axial ampliamente elevadas, con lo cual, será directamente proporcional en su resistencia por durabilidad y esto a su vez se ve reflejado en la Tabla 4.4 de la Norma Técnica de Edificaciones E060, donde se menciona que para una relación agua/cemento de 0.45, la resistencia a la compresión axial debe ser al menos de 316.11 kg/cm² la cual cumple sin ningún problema el concreto con cemento Tipo HS, ya que alcanza 705.74 kg/cm². Ahora, según los autores Tello, J. y Tello, J., afirman en su investigación que al utilizar un concreto con cemento Tipo HS sin aditivos y una relacion agua/cemento = 0.56 obtuvieron una resistencia a la compresión axial de 239 kg/cm² a los 28 días de curado según la Tabla 16. Lo cual difiere de nuestra

investigación, ya que como se aprecia en la Tablas 17 y 27, la resistencia a la compresión axial siguiendo el criterio de los autores para relaciones de 0.67 y 0.53, la resistencia a la compresión axial debería estar alrededor de 290 kg/cm². A su vez, para reforzar nuestra teoría hemos comparado con respecto a la Norma Técnica de Edificaciones E060, en la cual para una relación agua/cemento de 0.53 la resistencia mínima es de 287 kg/cm².

CONCLUSIONES

1. Como conclusión general, para la presente investigación se determinó que al reducir la dosis de puzolana del cemento Tipo HS el tiempo de fraguado no se incrementa, pero que, si le toma más tiempo con respecto al Tipo V. A su vez, al obtener relaciones a/c más bajas si se incrementó la resistencia a la compresión axial del concreto obteniendo mayores ventajas si trabaja en conjunto con algún aditivo superplastificante, el cual asciende al 30% en su resistencia a la compresión axial. Todo esto conlleva que el cemento Tipo HS será el perfecto sustituto frente al cemento Tipo V en zonas donde el sulfato y cloruro esté presente.
2. Al reducir la dosis de puzolana en el cemento Tipo HS no incrementó el tiempo de fraguado para todos los casos, pero si el tiempo de fraguado es mayor a cualquier dosis en el cemento HS con respecto al Tipo V. En particular el cemento Tipo HS con 23% de puzolana puede sustituir al cemento Tipo V, por la alta resistencia a sulfatos de 0.022, lo cual lo hace ideal para zonas donde los sulfatos y cloruros están presente. Cabe resaltar que las dosificaciones evaluadas cumplieron con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 334.082.
3. En los cuadros comparativos con respecto a la reducción de la relación agua/cemento, se incrementaron la resistencia a la compresión axial del concreto cumpliendo así ampliamente con las normas nacionales e internacionales alcanzando así para una relación a/c de 0.45 una resistencia de 705.74 kg/cm^2 con lo cual sería un concreto durable, y sus ventajas se incrementan con el uso de aditivos plastificantes en un 30% aproximadamente.

RECOMENDACIONES

1. Para edificaciones donde se desea alcanzar resistencias a la compresión axial mayores al 70% a tempranas edades, es recomendable utilizar aditivos superplastificantes en las mezclas de concreto, así se logra una rápida puesta en servicio.
2. Comparar el cemento Portland resistente a sulfatos Tipo HS con respecto a otros cementos por la Performance o cementos adicionados, con el fin de una mejor toma de decisiones al momento de optar por el material de mejores prestaciones para futuras edificaciones.
3. El cemento Tipo HS desde el punto de vista económico es recomendable debido a que su valor asciende al 75% del costo de un cemento Tipo V. Por lo tanto, sería un ahorro sustancial a tomar en cuenta al momento de la selección de materiales.
4. Debido a la gran demanda de edificaciones cercanas al litoral y con la mira de nuevos avances, se espera que este trabajo de investigación sea usado por nuevos tesis para nuevas líneas de investigación en futuros estudios y de esta manera lograr incrementar y complementar las conclusiones ya mencionadas en esta investigación. Las cuales podrían tratar, todas las propiedades mecánicas del concreto, tales como tracción y flexión. Análisis de absorción o estudio de módulo de elasticidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Lawan, A., & Al-Osta, M. (Diciembre de 2020). *Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements*. *Case Studies in Construction Materials*, 13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364>
- Alapour, F., & Hooton, R. D. (Junio de 2017). *Sulfate Resistance of Portland and Slag Cement Concretes Exposed to Sodium Sulfate for 38 Years*. *Engineering Civil Engineering, Building and Construction*, 114, 477-490. doi:<http://dx.doi.org/10.14359/51689678>
- Alfaro, A. T., & Laura, C. L. (2014). *Estudio comparativo para la sustitución de un cemento portland tipo v entre un cemento puzolánico con especificaciones de la performance tipo hs en la fábrica de cemento yura S.A. .* Obtenido de Universidad Nacional De San Agustín. Arequipa-Perú.: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3984>
- Almuwbber, O., Haldenwang, R., Mbasha, W., & Masalova, I. (30 de Enero de 2018). *The influence of variation in cement characteristics on workability and strength of SCC with fly ash and slag additions*. *Construction and Building Materials*, 160, 258-267. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.039>
- Alyami, M. H., Alrashidi, R. S., Mosavi, H., Almarshoud, M. A., & Riding, K. A. (30 de Diciembre de 2019). *Potential accelerated test methods for physical sulfate attack on concrete*. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116920>
- American Society for Testing and Materials. (2002). *ASTM-C-595-00 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*. West Conshohocken. doi:10.1520 / C0595-00AE01
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM C1157 Historical Standard: Especificación Normalizada de Desempeño para Cemento Hidráulico*. West Conshohocken.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM C-150 Standard Specification for Portland Cement*. West Conshohocken.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken.

- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM-C-99a Modulus of Rupture of Dimension Stone*. West Conshohocken.
- Azarijafari, H., Taheri, A. M., Ashrafian, A., Rasekhd, H., Javaheri, B. M., & Berenjian, J. (2019). *Ternary blended cement: An eco-friendly alternative to improve resistivity of high-performance self-consolidating concrete against elevated temperature*. *Journal of Cleaner Production*, 223, 575-586. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.054>
- Bader, M. A. (Julio de 2003). *Performance of concrete in a coastal environment*. *Cement and Concrete Composites*, 25, 539-548. doi:[https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00093-8](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00093-8)
- Baghabra, A.-A. O., Maslehuddin, M., Ibrahim, M., Shameem, M., & Al-Mehthel, M. (2011). *Performance of blended cement concretes prepared with constant workability*. *Cement and Concrete Composites*, 33, 90-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.004>
- Bellido, L. F. (2019). *Aplicación del cemento portland con alta resistencia a los sulfatos tipo HS para la construcción de reservorio en el proyecto de saneamiento del esquema Víctor Raúl Haya de la Torre en el distrito del Callao*. Obtenido de Universidad San Martín de Porres. Lima - Perú: http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6038/bellido_lf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bindiganavile, V., Ou, C. Q., Chen, Z., & Boluk, Y. (23 de Septiembre de 2016). *Evaluating Sulphate Resistance of Cement-Based Systems by Sulphate Content Determination after Exposure*. *Concrete under Severe Conditions - Environment and Loading*, 1037-1044. doi:DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.711.1037
- Biondi Shaw, A. (2017). *Los Cementos Adicionados*. *Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM)*, 52.
- Cabrera, H. L. (2017). *Evaluación del comportamiento del Concreto, elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS, modificados con aditivos Naftalenos y Policarboxilatos*. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú.: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/19938>
- Carlos, G. L. (2019). *Análisis Comparativo de las Características Físico - Mecánicas de los cementos comerciales tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa*. Obtenido de Universidad Católica de Santa María. Arequipa - Perú: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9777>

- Caycho, H. T., & Espinoza, R. D. (2019). *Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2726>
- Chacón, Q. M. (2018). *Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya Tipo I*. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú.: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25013/Chac%c3%b3n_QMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chavarry, V. C., Chavarría, R. L., Valencia, G. A., Pereyra, S. E., Arieta, P. J., & Rengifo, S. C. (2020). *Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica*. Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación, 4(31), 31-41. doi:10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41
- Chen, J., Jiang, M., & Zhu, J. (Septiembre de 2008). *Damage evolution in cement mortar due to erosion of sulphate*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X08002163>
- Chuquija, V. Z. (2017). *Evaluación de la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado en viviendas de la urbanización Chucuito - Callao*. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23108/Chuquija_VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cornejo, T. D. (2017). *Determinación del límite de contenido interno total de sulfatos en hormigones con diferentes grados de resistencia*. Obtenido de Universidad de Chile. Santiago de Chile - Chile.: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146727>
- Dongo, G. P. (2019). *Propuesta de incorporación del ensayo de permeabilidad al agua del concreto en la normativa técnica peruana y su implementación en el laboratorio de la UCSM*. Obtenido de Universidad Católica de Santa María. Arequipa - Perú: <https://1library.co/document/z1d1mn3z-propuesta-incorporacion-permeabilidad-concreto-normativa-implementacion-laboratorio-arequipa.html>
- Farina, S. B., Duffó, G. S., & Klein, N. (2019). *Efecto del ión sulfato sobre la corrosión de las armaduras de acero del hormigón armado*. LatinAm. Metal. Mat., S8, 38-42. Obtenido de Academic Search Complete:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=0fcf7a13-1fb3-48a6-8673-88fc9af6ab9e%40sessionmgr101&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=138241362>

- Flores, A. E. (2014). *Evaluación técnica del proceso de secado de puzolana y premolienda de Cemento en cia. Industrias Guapán S.A.* . Obtenido de Universidad de Cuenca. Cuenca - Ecuador: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20326>
- Fodil, D., & Mohamed, M. (10 de Agosto de 2018). *Compressive strength and corrosion evaluation of concretes containing pozzolana and perlite immersed in aggressive environments.* Construction and Building Materials, 179, 25-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.190>
- Franco, C. A., & Romero, G. F. (2019). *Diseño de mezcla de concreto con cemento HS y aditivos Viscocrete 1110 para estructuras afectadas por sulfato en Chorrillos.* Obtenido de Universidad Ricardo Palma. Lima-Perú.: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2580>
- Fu, Q., Wu, Y., Zhang, N., Hu, S., Yang, F., Lu, L., & Wang, J. (10 de Octubre de 2020). *Durability and mechanism of high-salt resistance concrete exposed to sewage-contaminated seawater.* Construction and Building Materials, 257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119534>
- Gayán, V. M., Chandra, P. S., Ying, K. S., Adewumi, J. B., Jihad, M. M., & Panda, B. (25 de Septiembre de 2020). *A study on strength and corrosion protection of cement mortar with the inclusion of nanomaterials.* Sustainable Materials and Technologies, 25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00192>
- Geetha, S., & Madhavan, S. (2017). *High Performance Concrete with Copper slag for Marine Environment.* Materialstoday: Proceedings, 4(2), 3525-3533. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.243>
- Ghous, S. M., Kahraman, R., Al, N. N., Gencturk, B., & Alnahhald, W. (2020). *Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes.* Journal of Building Engineering, 33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101669>
- Girón, V. H. (Octubre de 2018). *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.* Obtenido de <http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>
- González, Á., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C., & González, M. (10 de Octubre de 2020). *Evaluation of Portland and Pozzolanic*

- cement on the self-healing of mortars with calcium lactate and bacteria.* Construction and Building Materials, 257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119558>
- González-Ortega, M., Cavalaro, S., Rodríguez de Sensale, G., & Aguado, A. (30 de Agosto de 2019). *Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate.* Construction and Building Materials, 217, 543-556. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.082>
- Harbulakova, V. O., Estokova, A., & Kovalcikova, M. (Septiembre de 2017). *Correlation Analysis between Different Types of Corrosion of Concrete Containing Sulfate Resisting Cement.* MDPI, 4(3). Obtenido de ProQuest: <https://search.proquest.com/docview/2124633227/1B25E0ADE7FF4E64PQ/8?aaccountid=45097>
- Harmsen, T. E. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado* (Quinta ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
- Hasan, M. A., Foster, S. J., & Castel, A. (10 de Julio de 2020). *Development of high-density geopolymer concrete with steel furnace slag aggregate for coastal protection structures.* Construction and Building Materials, 248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118681>
- Herrera-Mesen, C., Salvador, R., Ikumi, T., Cavalaro, S., & Aguado, A. (Noviembre de 2020). *External sulphate attack of sprayed mortars with sulphate-resisting cement: Influence of accelerator and age of exposition.* Cement and Concrete Composites, 114. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103614>
- Huánuco, A. K. (2017). *Evaluación De La Trabajabilidad Y La Resistencia A La Compresión Del Concreto De 210° Reforzado Con Fibra De Lechuguilla.* Obtenido de Universidad de Huánuco - Huánuco - Perú: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672>
- INDECOPI. (2005). *NTP 334.009 Cementos Portland Requisitos.* Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INDECOPI. (2006). *NTP 339.088 Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.* Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INDECOPI. (2008). *NTP 334.082 Cementos. Cementos Portland. Especificaciones de la performance.* Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

- INDECOPI. (2008). *NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestra cilíndricas*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- James, A., Bazarchi, E., Chiniforush, A. A., Panjebashi, A. P., Hosseini, M. R., Akbarnezhad, A., . . . Ghodoosi, F. (10 de Noviembre de 2019). *Rebar corrosion detection, protection, and rehabilitation of reinforced concrete structures in coastal environments: A review*. *Construction and Building Materials*, 224, 1026-1039. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.250>
- Jiménez, V. K., & Lozano, O. H. (2018). *Análisis de la Influencia de sulfatos y cloruros en el deterioro de estructuras en concreto en zonas costeras del Atlántico Colombiano*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia. Bogotá-Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22815/1/Documento.pdf>
- Khan, H. A., Castel, A., Khan, M. S., & Mahmood, A. H. (Octubre de 2019). *Durability of calcium aluminate and sulphate resistant Portland cement based mortars in aggressive sewer environment and sulphuric acid*. *Cement and Concrete Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105852>
- Kim, J., McCarter, W. J., & Suryanto, B. (20 de Diciembre de 2018). *Performance assessment of reinforced concrete after long-term exposure to a marine environment*. *Construction and Building Materials*, 192, 569-583. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.151>
- Kosmatka, S. H., Koekhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2017). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois: Portland Cement Association.
- Lamus, B. F., & Andrade, P. S. (2015). *Concreto Reforzado: Fundamentos*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=PcS4DQAAQBAJ&pg=PP7&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Le, D.-H., Sheen, Y.-N., & Lam, M. N.-T. (10 de Octubre de 2018). *Fresh and hardened properties of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash–slag blended cement*. *Construction and Building Materials*, 185, 138-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.029>
- Li, Y., Wang, R., Li, S., Zhao, Y., & Qin, Y. (30 de Marzo de 2018). *Resistance of recycled aggregate concrete containing low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze–thaw cycles and sulfate attack*. *Construction and*

- Building Materials, 166, 23-34.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.084>
- Lizarazo, M. J., Salas, A., & Escobar, D. A. (Diciembre de 2016). *Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro*. Dpto. de Ingeniería Civil y Agrícola, Univ. Nacional de Colombia, 27, 163-174. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300729>
- Maes, M., & De Belie, N. (Octubre de 2014). *Resistance of concrete and mortar against combined attack of chloride and sodium sulphate*. Cement and Concrete Composites, 53, 59-72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.06.013>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento & Sensico. (Julio de 2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1VRokdwZWZkbtC-FN0iXcw4i5rDBo51W2/view>
- Muñoz, S. R. (2017). *Estudio comparativo del concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolanicos atlas en la ciudad de Huancayo*. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/4103/Mu%C3%B1oz%20Solano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- National Ready Mixed Concrete Association. (2017). *Resistencia a la tracción del concreto*. Obtenido de <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- Nwankwo, C. O., Bamigboye, G. O., Davies, I. E., & Michaels, T. A. (10 de Noviembre de 2020). *High volume Portland cement replacement: A review*. Construction and Building Materials, 260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120445>
- Ortega, G. J. (2014). *Diseño de estructuras de Concreto Armado: Tomo I*. Lima: Macro EIRL.
- Osmanovic, Z., Haračić, N., & Zelić, J. (Agosto de 2018). *Properties of blastfurnace cements (CEM III/A, B, C) based on Portland cement clinker, blastfurnace slag and cement kiln dusts*. Cement and Concrete Composites, 91, 189-197. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.05.006>
- Otieno, M., Ikotun, J., & Ballim, Y. (20 de Junio de 2020). *Experimental investigations on the effect of concrete quality, exposure conditions and duration of initial moist curing on carbonation rate in concretes exposed to urban, inland environment*.

- Construction and Building Materials, 246.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118443>
- Özbay, E., Erdemir, M., & İbrahim, D. H. (15 de Febrero de 2016). *Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815308254>
- Paiva, H., Velosab, A., Cachim, P., & Ferreira, V. M. (12 de Abril de 2016). *Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on concrete properties*. Materiales de Construcción, 66.
doi:<http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.01815>
- Párraga, R. C., & Torres, T. J. (18 de Febrero de 2020). *Propuesta de concretos de alto desempeño con cementos puzolanicos para la construccion de pavimentos CRCP en ambientes agresivos*. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC: <http://hdl.handle.net/10757/650372>
- Perú Construye. (2019). *Concreto en Obra: Material fundamental para la Construcción*. Perú Construye, <https://peruconstruye.net/2019/11/15/concreto-en-obra-material-fundamental-para-la-construccion/>.
- Pfingsten, J., Rickert, J., & Lipus, K. (2018). *Estimation of the content of ground granulated blast furnace slag and different pozzolanas in hardened concrete*. Construction and Building Materials, 165, 931-938.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.065>
- RA, A. P., Cardoso, F. A., & John, V. M. (30 de Junio de 2020). *Efficiency of Portland-pozzolana cements: Water demand, chemical reactivity and environmental impact*. Construction and Building Materials, 247.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118546>
- Reyes, O. J. (Junio de 2018). *Análisis del desgaste de las estructuras de concreto expuestas a cloruro de sodio*. Obtenido de Universidad Autonoma de Querétaro: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1243>
- Rivva, L. E. (2014). *Materiales para el Concreto*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rodríguez, B. L. (2019). *Evaluación de la tecnología de curado interno mejorado en concretos expuestos al ataque de sulfatos y/o cloruros*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León - Mexico: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/14375>

- Rozière, E., Loukili, A., El Hachem, R., & Grondin, F. (2009). *Durability of Concrete Exposed to Leaching and External Sulphate Attacks*.
- Santhanam, M., & Otieno, M. (2016). *Deterioration of concrete in the marine environment*. *Marine Concrete Structures*, 137-149. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100081-6.00005-2>
- Saraswathy, V., & Song, H.-W. (15 de Agosto de 2007). *Evaluation of corrosion resistance of Portland pozzolana cement and fly ash blended cements in pre-cracked reinforced concrete slabs under accelerated testing conditions*. *Materials Chemistry and Physics*, 104, 356-361. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2007.03.033>
- Sharifi, E., Jafar, S. S., M.RM, A., & Moniri, A. (10 de Marzo de 2020). *Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method*. *Construction and Building Materials*, 236. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117547>
- Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Wang, D., Huang, Z., & Fang, Z. (2015). *A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design*. *Construction and Building Materials*, 101, 741-751. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.088>
- Tello, M. J., & Tello, M. J. (5 de Abril de 2018). *Influencia del Uso de Agua del Pozo IRHS-42 del Balneario Los Palos en la Resistencia a la Compresión del Concreto Utilizado en el Distrito de la Yarada – Los Palos de la Provincia de Tacna*. Obtenido de Universidad Privada de Tacna. Tacna - Perú: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/557>
- Tiburzi, N. B., Garcia, J., Drimalas, T., & Folliard, K. J. (30 de Julio de 2020). *Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems: Linking laboratory and field performances*. *Construction and Building Materials*, 250. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118750>
- Unacem. (23 de Octubre de 2017). *Unión Andina de Cementos*. Obtenido de <https://www.facebook.com/notes/unacem-ecuador/conoce-la-historia-del-cemento-en-este-interesante-art%C3%ADculo/1259337620839620/>
- Vega, G. M. (2019). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos-Ancón, 2019*. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47181>

- Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., & Fang, Z. (15 de Octubre de 2015). *A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties*. *Construction and Building Materials*, 96, 368-377. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095>
- Wang, K., Guo, J., Wu, H., & Yang, L. (10 de Diciembre de 2020). *Influence of dry-wet ratio on properties and microstructure of concrete under sulfate attack*. *Construction and Building Materials*, 263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120635>
- Wang, Y., Shui, Z., Gao, X., Yu, R., Huang, Y., & Cheng, S. (20 de Febrero de 2019). *Understanding the chloride binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolans*. *Construction and Building Materials*, 198, 207-217. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.270>
- Yan, X., Jiang, L., Guo, M., Chen, Y., Song, Z., & Bian, R. (20 de Enero de 2019). *Evaluation of sulfate resistance of slag contained concrete under steam curing*. *Construction and Building Materials*, 195, 231-237. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.073>
- Yang, Y., Zhan, B., Wang, J., Zhangb, Y., & Duan, W. (30 de Junio de 2020). *Damage evolution of cement mortar with high volume slag exposed to sulfate attack*. *Construction and Building Materials*, 247. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118626>
- Yeon, T. M., Soon, W. K., Ekhlatur, R. M., & Selowara, J. M. (10 de Septiembre de 2020). *Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820312009>
- Yi, C., Chen, Z., & Bindiganavile, V. (20 de Octubre de 2019). *Crack growth prediction of cement-based systems subjected to two-dimensional sulphate attack*. *Construction and Building Materials*, 222, 814-828. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.187>
- Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z., & Shi, C. (Octubre de 2020). *A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment*. *Cement and Concrete Composites*, 113. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103695>

- Yoo, D.-Y., Park, J.-J., Kim, S.-W., & Yoon, Y.-S. (13 de Abril de 2013). *Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete*. *Construction and Building Materials*, 41, 427-438. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.015>
- Zhi, Y. T., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M., & Joo, M. S. (1 de Enero de 2020). *Deterioration of marine concrete exposed to wetting-drying action*. *Journal of Cleaner Production*, 278. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123383>
- Zhutovsky, S., & Hooton, R. D. (Febrero de 2017). *Experimental study on physical sulfate salt attack*. *Materials and Structures*, 50, 1-10. doi:[10.1617/s11527-016-0936-z](https://doi.org/10.1617/s11527-016-0936-z)
- Zhutovsky, S., & Kovler, K. (30 de Julio de 2017). *Influence of water to cement ratio on the efficiency of internal curing of high-performance concrete*. *Building And Construction*, 144, 311-316. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.203>
- Zuquan, J., Wei, S., Yunsheng, Z., Jinyang, J., & Jianzhong, L. (2007). *Interaction between sulfate and chloride solution attack of concretes with and without fly ash*. Obtenido de Elsevier: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.02.016>

ANEXOS

ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA: CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SULFATO Y CLORURO

Problema principal	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente		
¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto con cemento portland Tipo HS influye en las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfato y cloruro?	Determinar el diseño de mezcla de concreto con cemento portland Tipo HS para mejorar las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfato y cloruro	Al determinar el diseño de mezcla de concreto con cemento portland Tipo HS se mejora las propiedades del concreto en estructuras afectadas por sulfato y cloruro	Diseño de mezcla de concreto con cemento portland Tipo HS	Dosificación del cemento portland Tipo HS	El método de la investigación es deductivo con orientación aplicada y con enfoque mixto. Cualitativo porque mejoró el concreto y cuantitativo porque se usó cálculos, gráficos y cuadros. El instrumento de recolección retrolectivo porque se usó formatos ya establecidos.
				Relación agua/cemento	El tipo es Descriptivo, correlacional explicativo porque describe el problema, explica las variaciones entre concreto convencional y tipo HS y correlacional porque relaciona la resistencia como consecuencia. El nivel de la investigación es descriptivo.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente		
¿En qué medida la dosificación de la puzolana del cemento portland Tipo HS influye en el tiempo de fraguado del concreto?	Reducir la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS para incrementar el tiempo de fraguado del concreto.	Al reducir la dosificación de la puzolana en el cemento portland Tipo HS se incrementa el tiempo de fraguado del concreto	Propiedades del concreto	Tiempo del fraguado del concreto	El diseño de la investigación es experimental, longitudinal, retrospectivo con diseño de cohortes. Experimental porque los datos hallados fueron de la forma experimental, longitudinal porque se compara los datos a diferentes edades. Retrospectivo porque somos la segunda fuente en utilizar los datos y diseño de cohortes porque a causa de la manipulación de los aditivos tendrán consecuente sobre la resistencia mecánica del concreto.
¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la resistencia a la compresión axial del concreto?	Reducir la relación agua/cemento para incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS.	Al reducir la relación agua/cemento se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto usando cemento Tipo HS		Resistencia a la compresión axial del concreto	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2 – REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Maes, M. y De Belie, N.	Resistance of concrete and mortar against combined attack of chloride and sodium sulphate	Maes, M., & De Belie, N. (Octubre de 2014). Resistance of concrete and mortar against combined attack of chloride and sodium sulphate. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 53, 59-72. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.06.013
González-Ortega, M., Cavalaro, S., Rodríguez de Sensale, G. y Aguado, A.	Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate	González-Ortega, M., Cavalaro, S., Rodríguez de Sensale, G., & Aguado, A. (30 de Agosto de 2019). Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate. <i>Construction and Building Materials</i> , 217, 543-556. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.082
González, Á., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C. y González, M.	Evaluation of Portland and Pozzolanic cement on the self-healing of mortars with calcium lactate and bacteria	González, Á., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C., & González, M. (10 de Octubre de 2020). Evaluation of Portland and Pozzolanic cement on the self-healing of mortars with calcium lactate and bacteria. <i>Construction and Building Materials</i> , 257. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119558
Osmanovic, Z., Haračić, N. y Zelić, J.	Properties of blastfurnace cements (CEM III/A, B, C) based on Portland cement clinker, blastfurnace slag and cement kiln dusts	Osmanovic, Z., Haračić, N., & Zelić, J. (Agosto de 2018). Properties of blastfurnace cements (CEM III/A, B, C) based on Portland cement clinker, blastfurnace slag and cement kiln dusts. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 91, 189-197. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.05.006
Paiva, H., Velosab, A., Cachim, P. y Ferreira, V.	Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on concrete properties	Paiva, H., Velosab, A., Cachim, P., & Ferreira, V. M. (12 de Abril de 2016). Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on concrete properties. <i>Materiales de Construcción</i> , 66. doi: http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.01815

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Almuwbber, O., Haldenwang, R., Mbasha, W. y Masalova, I.	The influence of variation in cement characteristics on workability and strength of SCC with fly ash and slag additions	Almuwbber, O., Haldenwang, R., Mbasha, W., & Masalova, I. (30 de Enero de 2018). The influence of variation in cement characteristics on workability and strength of SCC with fly ash and slag additions. <i>Construction and Building Materials</i> , 160, 258-267. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.039
Ahmad, S., Lawan, A. y Al-Osta, M.	Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements	Ahmad, S., Lawan, A., & Al-Osta, M. (Diciembre de 2020). Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements. <i>Case Studies in Construction Materials</i> , 13. doi: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364
Kim, J., McCarter, W. J. y Suryanto, B.	Performance assessment of reinforced concrete after long-term exposure to a marine environment	Kim, J., McCarter, W. J., & Suryanto, B. (20 de Diciembre de 2018). Performance assessment of reinforced concrete after long-term exposure to a marine environment. <i>Construction and Building Materials</i> , 192, 569-583. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.151
Geetha, S. y Madhavan, S.	High Performance Concrete with Copper slag for Marine Environment	Geetha, S., & Madhavan, S. (2017). High Performance Concrete with Copper slag for Marine Environment. <i>Materialstoday: Proceedings</i> , 4(2), 3525-3533. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.243
Pfungsten, J., Rickert, J. y Lipus, K.	Estimation of the content of ground granulated blast furnace slag and different pozzolanas in hardened concrete	Pfungsten, J., Rickert, J., & Lipus, K. (2018). Estimation of the content of ground granulated blast furnace slag and different pozzolanas in hardened concrete. <i>Construction and Building Materials</i> , 165, 931-938. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.065

Fuente: Elaboración propia,

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Yan, X., Jiang, L., Guo, M., Chen, Y. Song, Z., y Bian, R.	Evaluation of sulfate resistance of slag contained concrete under steam curing	Yan, X., Jiang, L., Guo, M., Chen, Y., Song, Z., & Bian, R. (20 de Enero de 2019). Evaluation of sulfate resistance of slag contained concrete under steam curing. <i>Construction and Building Materials</i> , 195, 231-237. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.073
Farina, S. B., Duffó, G. S. y Klein, N.	Efecto del ión sulfato sobre la corrosión de las armaduras de acero del hormigón armado	Farina, S. B., Duffó, G. S., & Klein, N. (2019). Efecto del ión sulfato sobre la corrosión de las armaduras de acero del hormigón armado. <i>LatinAm. Metal. Mat.</i> , S8, 38-42. Obtenido de Academic Search Complete: http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=0fcf7a13-1fb3-48a6-8673-88fc9af6ab9e%40sessionmgr101&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc210ZT11aG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=138241362
Herrera-Mesen, C., Salvador, R., Ikumi, T., Cavalaro, S. y Aguado, A.	External sulphate attack of sprayed mortars with sulphate-resisting cement: Influence of accelerator and age of exposition	Herrera-Mesen, C., Salvador, R., Ikumi, T., Cavalaro, S., & Aguado, A. (Noviembre de 2020). External sulphate attack of sprayed mortars with sulphate-resisting cement: Influence of accelerator and age of exposition. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 114. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103614
Le, D.-H., Sheen, Y.-N. y Lam, M. N.-T.	Fresh and hardened properties of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash–slag blended cement	Le, D.-H., Sheen, Y.-N., & Lam, M. N.-T. (10 de Octubre de 2018). Fresh and hardened properties of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash–slag blended cement. <i>Construction and Building Materials</i> , 185, 138-147. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.029
Li, Y., Wang, R., Li, S., Zhao, Y. y Qin, Y.	Resistance of recycled aggregate concrete containing low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze–thaw cycles and sulfate attack	Li, Y., Wang, R., Li, S., Zhao, Y., & Qin, Y. (30 de Marzo de 2018). Resistance of recycled aggregate concrete containing low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze–thaw cycles and sulfate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 166, 23-34. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.084

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Fodil, D. y Mohamed, M.	Compressive strength and corrosion evaluation of concretes containing pozzolana and perlite immersed in aggressive environments	Fodil, D., & Mohamed, M. (10 de Agosto de 2018). Compressive strength and corrosion evaluation of concretes containing pozzolana and perlite immersed in aggressive environments. <i>Construction and Building Materials</i> , 179, 25-34. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.190
RA, A. P., Cardoso, F. A. y John, V. M.	Efficiency of Portland-pozzolana cements: Water demand, chemical reactivity and environmental impact	RA, A. P., Cardoso, F. A., & John, V. M. (30 de Junio de 2020). Efficiency of Portland-pozzolana cements: Water demand, chemical reactivity and environmental impact. <i>Construction and Building Materials</i> , 247. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118546
Saraswathy, V. y Song, H.-W.	Evaluation of corrosion resistance of Portland pozzolana cement and fly ash blended cements in pre-cracked reinforced concrete slabs under accelerated testing conditions	Saraswathy, V., & Song, H.-W. (15 de Agosto de 2007). Evaluation of corrosion resistance of Portland pozzolana cement and fly ash blended cements in pre-cracked reinforced concrete slabs under accelerated testing conditions. <i>Materials Chemistry and Physics</i> , 104, 356-361. doi: https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2007.03.033
Yeon, T. M., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M. y Selowara, J. M.	Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate	Yeon, T. M., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M., & Selowara, J. M. (10 de Septiembre de 2020). Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820312009
Wang, Y., Shui, Z., Gao, X., Yu, R., Huang, Y. y Cheng, S.	Understanding the chloride binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolans	Wang, Y., Shui, Z., Gao, X., Yu, R., Huang, Y., & Cheng, S. (20 de Febrero de 2019). Understanding the chloride binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolans. <i>Construction and Building Materials</i> , 198, 207-217. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.270

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Harbulakova, V. O., Estokova, A. y Kovalcikova, M.	Correlation Analysis between Different Types of Corrosion of Concrete Containing Sulfate Resisting Cement	Harbulakova, V. O., Estokova, A., & Kovalcikova, M. (Septiembre de 2017). Correlation Analysis between Different Types of Corrosion of Concrete Containing Sulfate Resisting Cement. MDPI, 4(3). Obtenido de ProQuest: https://search.proquest.com/docview/2124633227/1B25E0ADE7FF4E64PQ/8?accountid=45097
Bindiganavile, V., Ou, C. Q., Chen, Z. y Boluk, Y.	Evaluating Sulphate Resistance of Cement-Based Systems by Sulphate Content Determination after Exposure	Bindiganavile, V., Ou, C. Q., Chen, Z., & Boluk, Y. (23 de Septiembre de 2016). Evaluating Sulphate Resistance of Cement-Based Systems by Sulphate Content Determination after Exposure. Concrete under Severe Conditions - Environment and Loading, 1037-1044. doi:DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.711.1037
Alapour, F. y Hooton, R. D.	Sulfate Resistance of Portland and Slag Cement Concretes Exposed to Sodium Sulfate for 38 Years	Alapour, F., & Hooton, R. D. (Junio de 2017). Sulfate Resistance of Portland and Slag Cement Concretes Exposed to Sodium Sulfate for 38 Years. Engineering Civil Engineering, Building and Construction, 114, 477-490. doi: http://dx.doi.org/10.14359/51689678
Zhutovsky, S. y Hooton, R. D.	Experimental study on physical sulfate salt attack	Zhutovsky, S., & Hooton, R. D. (Febrero de 2017). Experimental study on physical sulfate salt attack. Materials and Structures, 50, 1-10. doi:10.1617/s11527-016-0936-z
Lizarazo, M. J., Salas, A. y Escobar, D. A.	Efectos del curado en las propiedades de mezclas de concreto con altos contenidos de escoria de hierro	Lizarazo, M. J., Salas, A., & Escobar, D. A. (Diciembre de 2016). Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro. Dpto. de Ingeniería Civil y Agrícola, Univ. Nacional de Colombia, 27, 163-174. Obtenido de Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300729
Santhanam, M. y Otieno, M.	Deterioration of concrete in the marine environment	Santhanam, M., & Otieno, M. (2016). Deterioration of concrete in the marine environment. Marine Concrete Structures, 137-149. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100081-6.00005-2
Fu, Q., Wu, Y., Zhang, N., Hu, S., Yang, F., Lu, L., y Wang, J.	Durability and mechanism of high-salt resistance concrete exposed to sewage-contaminated seawater	Fu, Q., Wu, Y., Zhang, N., Hu, S., Yang, F., Lu, L., & Wang, J. (10 de Octubre de 2020). Durability and mechanism of high-salt resistance concrete exposed to sewage-contaminated seawater. Construction and Building Materials, 257. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119534

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Otieno, M., Ikotun, J. y Ballim, Y.	Experimental investigations on the effect of concrete quality, exposure conditions and duration of initial moist curing on carbonation rate in concretes exposed to urban, inland environment	Otieno, M., Ikotun, J., & Ballim, Y. (20 de Junio de 2020). Experimental investigations on the effect of concrete quality, exposure conditions and duration of initial moist curing on carbonation rate in concretes exposed to urban, inland environment. <i>Construction and Building Materials</i> , 246. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118443
Gayan, V. M., Chandra, P. S., Ying, K. S., Adewumi, J. B., Jihad, M. M. y Panda, B.	A study on strength and corrosion protection of cement mortar with the inclusion of nanomaterials	Gayan, V. M., Chandra, P. S., Ying, K. S., Adewumi, J. B., Jihad, M. M., & Panda, B. (25 de Septiembre de 2020). A study on strength and corrosion protection of cement mortar with the inclusion of nanomaterials. <i>Sustainable Materials and Technologies</i> , 25. doi: https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00192
Hasan, M. A., Foster, S. J. y Castel, A.	Development of high-density geopolymer concrete with steel furnace slag aggregate for coastal protection structures	Hasan, M. A., Foster, S. J., & Castel, A. (10 de Julio de 2020). Development of high-density geopolymer concrete with steel furnace slag aggregate for coastal protection structures. <i>Construction and Building Materials</i> , 248. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118681
Wang, K., Guo, J., Wu, H. y Yang, L.	Influence of dry-wet ratio on properties and microstructure of concrete under sulfate attack	Wang, K., Guo, J., Wu, H., & Yang, L. (10 de Diciembre de 2020). Influence of dry-wet ratio on properties and microstructure of concrete under sulfate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 263. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120635
Azarijafari, H., Taheri, A. M., Ashrafian, A., Rasekhd, H., Javaheri, B. M. y Berenjian, J.	Ternary blended cement: An eco-friendly alternative to improve resistivity of high-performance self-consolidating concrete against elevated temperature	Azarijafari, H., Taheri, A. M., Ashrafian, A., Rasekhd, H., Javaheri, B. M., & Berenjian, J. (2019). Ternary blended cement: An eco-friendly alternative to improve resistivity of high-performance self-consolidating concrete against elevated temperature. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 223, 575-586. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.054

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Sharifi, E., Jafar, S. S., M.RM, A. y Moniri, A.	Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method	Sharifi, E., Jafar, S. S., M.RM, A., & Moniri, A. (10 de Marzo de 2020). Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method. <i>Construction and Building Materials</i> , 236. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117547
Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Wang, D., Huang, Z. y Fang, Z.	A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design	Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Wang, D., Huang, Z., & Fang, Z. (2015). A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design. <i>Construction and Building Materials</i> , 101, 741-751. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.088
Özbay, E., Erdemir, M. y İbrahim, D. H.	Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review	Özbay, E., Erdemir, M., & İbrahim, D. H. (15 de Febrero de 2016). Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815308254
Yang, Y., Zhan, B., Wang, J., Zhangb, Y. y Duan, W.	Damage evolution of cement mortar with high volume slag exposed to sulfate attack	Yang, Y., Zhan, B., Wang, J., Zhangb, Y., & Duan, W. (30 de Junio de 2020). Damage evolution of cement mortar with high volume slag exposed to sulfate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 247. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118626
Baghabra, A.-A. O., Maslehuddin, M., Ibrahim, M., Shameem, M. y Al-Mehthel, M.	Performance of blended cement concretes prepared with constant workability	Baghabra, A.-A. O., Maslehuddin, M., Ibrahim, M., Shameem, M., & Al-Mehthel, M. (2011). Performance of blended cement concretes prepared with constant workability. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 33, 90-102. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.004
Zhi, Y. T., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M. y Joo, M. S.	Deterioration of marine concrete exposed to wetting-drying action	Zhi, Y. T., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M., & Joo, M. S. (1 de Enero de 2021). Deterioration of marine concrete exposed to wetting-drying action. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 278. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123383

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
James, A., Bazarchi, E., Chiniforush, A., Panjebashi, P., Reza, M., Akbarnezhad, A., Martek, I. y Ghodoosi, F.	Rebar corrosion detection, protection, and rehabilitation of reinforced concrete structures in coastal environments: A review	James, A., Bazarchi, E., Chiniforush, A. A., Panjebashi, A. P., Hosseini, M. R., Akbarnezhad, A., . . . Ghodoosi, F. (10 de Noviembre de 2019). Rebar corrosion detection, protection, and rehabilitation of reinforced concrete structures in coastal environments: A review. <i>Construction and Building Materials</i> , 224, 1026-1039. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.250
Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z. y Fang, Z	A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties	Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., & Fang, Z. (15 de Octubre de 2015). A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties. <i>Construction and Building Materials</i> , 96, 368-377. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095
Nwankwo, C. O., Bamigboye, G. O., Davies, I. E. y Michaels, T. A.	High volume Portland cement replacement: A review	Nwankwo, C. O., Bamigboye, G. O., Davies, I. E., & Michaels, T. A. (10 de Noviembre de 2020). High volume Portland cement replacement: A review. <i>Construction and Building Materials</i> , 260. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120445
Zhutovsky, S. y Kovler, K.	Influence of water to cement ratio on the efficiency of internal curing of high-performance concrete	Zhutovsky, S., & Kovler, K. (30 de Julio de 2017). Influence of water to cement ratio on the efficiency of internal curing of high-performance concrete. <i>Building And Construction</i> , 144, 311-316. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.203
Tiburzi, N. B., Garcia, J., Drimalas, T. y Folliard, K. J.	Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems: Linking laboratory and field performances	Tiburzi, N. B., Garcia, J., Drimalas, T., & Folliard, K. J. (30 de Julio de 2020). Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems: Linking laboratory and field performances. <i>Construction and Building Materials</i> , 250. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118750
Yi, C., Chen, Z. y Bindiganavile, V.	Crack growth prediction of cement-based systems subjected to two-dimensional sulphate attack	Yi, C., Chen, Z., & Bindiganavile, V. (20 de Octubre de 2019). Crack growth prediction of cement-based systems subjected to two-dimensional sulphate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 222, 814-828. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.187

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Khan, H. A., Castel, A., Khan, M. S. y Mahmood, A. H.	Durability of calcium aluminate and sulphate resistant Portland cement based mortars in aggressive sewer environment and sulphuric acid	Khan, H. A., Castel, A., Khan, M. S., & Mahmood, A. H. (Octubre de 2019). Durability of calcium aluminate and sulphate resistant Portland cement based mortars in aggressive sewer environment and sulphuric acid. <i>Cement and Concrete Research</i> . doi:https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105852
Alyami, M. H., Alrashidi, R. S., Mosavi, H., Almarshoud, M. A. y Riding, K. A.	Potential accelerated test methods for physical sulfate attack on concrete	Alyami, M. H., Alrashidi, R. S., Mosavi, H., Almarshoud, M. A., & Riding, K. A. (30 de Diciembre de 2019). Potential accelerated test methods for physical sulfate attack on concrete. <i>Construction and Building Materials</i> . doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116920
Bader, M. A.	Performance of concrete in a coastal environment	Bader, M. A. (Julio de 2003). Performance of concrete in a coastal environment. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 25, 539-548. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00093-8
Ghous, S. M., Kahraman, R., Al Nuaimi, N., Gencturk, B. y Alnahhal, W.	Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes	Ghous, S. M., Kahraman, R., Al Nuaimi, N., Gencturk, B., & Alnahhal, W. (2021). Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes. <i>Journal of Building Engineering</i> , 33. doi:https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101669
Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z. y Shi, C	A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment	Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z., & Shi, C. (2020). A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 113. doi:https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103695
Yoo, D.-Y., Park, J.-J., Kim, S.-W. y Yoon, Y.-S.	Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete	Yoo, D.-Y., Park, J.-J., Kim, S.-W., & Yoon, Y.-S. (13 de Abril de 2013). Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete. <i>Construction and Building Materials</i> , 41, 427-438. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.015

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Carlos, L.	Análisis Comparativo de las Características Físico - Mecánicas de los cementos comerciales tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa	Carlos, G. L. (2019). Análisis Comparativo de las Características Físico - Mecánicas de los cementos comerciales tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa. Obtenido de Universidad Católica de Santa María. Arequipa - Perú: http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9777
Alfaro, T. y Laura, L.	Estudio comparativo para la sustitución de un cemento portland tipo v entre un cemento puzolánico con especificaciones de la performance tipo hs en la fábrica de cemento yura S.A.	Alfaro, A. T., & Laura, C. L. (2014). Estudio comparativo para la sustitución de un cemento portland tipo v entre un cemento puzolánico con especificaciones de la performance tipo hs en la fábrica de cemento yura S.A. . Obtenido de Universidad Nacional De San Agustín. Arequipa-Perú.: http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3984
Franco, A. y Romero, F.	Diseño de mezcla de concreto con cemento HS y aditivos Viscocrete 1110 para estructuras afectadas por sulfato en Chorrillos	Franco, C. A., & Romero, G. F. (2019). Diseño de mezcla de concreto con cemento HS y aditivos Viscocrete 1110 para estructuras afectadas por sulfato en Chorrillos. Obtenido de Universidad Ricardo Palma. Lima-Perú.: http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2580
Cabrera, L.	Evaluación del comportamiento del Concreto, elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS, modificados con aditivos Naftalenos y Policarboxilatos	Cabrera, H. L. (2017). Evaluación del comportamiento del Concreto, elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS, modificados con aditivos Naftalenos y Policarboxilatos. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú.: https://hdl.handle.net/20.500.12692/19938
Bellido, F.	Aplicación del cemento Portland con alta resistencia a los sulfatos Tipo HS para la construcción en el proyecto de saneamiento del esquema Víctor Raúl Haya de la Torre en el distrito del Callao	Bellido, L. F. (2019). Aplicación del cemento portland con alta resistencia a los sulfatos tipo HS para la construcción de reservorio en el proyecto de saneamiento del esquema Víctor Raúl Haya de la Torre en el distrito del Callao. Obtenido de Universidad San Martín de Porres. Lima - Perú: http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6038/bellido_lf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Cita Bibliográfica
Caycho, T. y Espinoza, D.	Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina, año-2019	Caycho, H. T., & Espinoza, R. D. (2019). Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito La Molina. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2726
Vega, M.	Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos-Ancón, 2019	Vega, G. M. (2019). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos-Ancón, 2019. Obtenido de Universidad César Vallejo. Lima - Perú: https://hdl.handle.net/20.500.12692/47181
Tello, J. y Tello, J.	Influencia del Uso de Agua del Pozo IRHS-42 del Balneario Los Palos en la Resistencia a la Compresión del Concreto Utilizado en el Distrito de la Yarada – Los Palos de la Provincia de Tacna	Tello, M. J., & Tello, M. J. (5 de abril de 2018). Influencia del Uso de Agua del Pozo IRHS-42 del Balneario Los Palos en la Resistencia a la Compresión del Concreto Utilizado en el Distrito de la Yarada – Los Palos de la Provincia de Tacna. Obtenido de Universidad Privada de Tacna. Tacna - Perú: http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/557

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3 – SELECCIÓN DOCUMENTAL: REFERENCIAS – RESÚMENES – SUBTEMAS IDENTIFICADOS

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	R E V I S T A	A Ñ O
Resistencia de concreto y mortero contra el ataque combinado de cloruro y sulfato de sodio	Maes, M., & De Belie, N. (Octubre de 2014). Resistance of concrete and mortar against combined attack of chloride and sodium sulphate. <i>Cement and Concrete Composites</i> , 53, 59-72. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.06.013	Los entornos marinos suelen ser agresivos para las estructuras de hormigón, ya que el agua de mar contiene altas concentraciones de cloruros y sulfatos. Para mejorar las predicciones de la durabilidad del hormigón en dichos entornos, es importante comprender los mecanismos de ataque de estos iones en combinación. Se investigó la influencia recíproca de Cl ⁻ y SO ₄ ²⁻ para cuatro mezclas, a saber, con cemento Portland ordinario, cemento altamente resistente al sulfato y con escoria de alto horno (50% y 70% de reemplazo de cemento).	*Conocer los mecanismos de ataque en detalle para predecir la vida útil del hormigón con la mayor precisión posible.	*Resistencia a la penetración de cloruros *Profundidad de penetración de cloruros *Mecanismo, longitud y masa del concreto *Resistencia Mecánica		*La Penetración libre del cloruro en el concreto con cemento portland ordinario aumenta cuando el contenido de sulfato y cloruro en el ambiente de alta resistencia a sulfatos, la penetración de cloruros permanece estable o disminuye cuando se encuentra presente. * En general, la sustitución del cemento Portland ordinario por escoria de horno o cemento de alta resistencia a sulfatos mejora la resistencia del concreto contra penetración de cloruro y ataque de sulfato de sodio	*Evalúa un concreto de alta resistencia a sulfatos sometidos al ataque de cloruros y sulfatos por resistencia mecánica y emite un juicio de valor respecto a este resultado. También se utilizó una relación a/c = 0.45	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946514001115	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.06.013		2014

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIP.	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANC	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate	González-Ortega, M., Cavalaro, S., Rodríguez de Sensale, G., & Aguado, A. (30 de Agosto de 2019). Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate. Construction and Building Materials, 217, 543-556. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.082	Estudia la durabilidad de las mezclas de hormigón con escoria EAF como agregado (HS); Se utilizaron mezclas con agregados de piedra caliza (HC) y barita (HAB) como referencia para aplicaciones estructurales y de gran peso, respectivamente. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, módulo elástico, penetración de agua a presión, ciclos húmedo-seco, ciclos de congelación-descongelación, influencia de las condiciones ambientales y lixiviación.	Estudiar la durabilidad de las mezclas de hormigón con escoria EAF como agregado (HS)	*Durabilidad de los hormigones EAF bajo diferentes condiciones de exposición hasta 3 años. *Se compararon hormigones con escoria EAF y mezclas equivalentes con piedra caliza o barita. *Se examinaron la investigación experimental y la microestructura de las propiedades a largo plazo. *El uso de EAF como agregado para la producción de concreto debe monitorearse cuidadosamente.	Experimentación	*El intercambio de agua con el entorno simulado a través de los ciclos húmedo-seco revela que el agua moviliza los productos de los nódulos de hierro corroídos presentes en las partículas de escoria EAF, transportándolos y depositándolos en la superficie de las muestras de HS. En consecuencia, se observa un número creciente de puntos de tinción durante los ciclos húmedo-seco mientras que no se producen alteraciones en las muestras de referencia (HC y HAB). Esto debe tenerse en cuenta en elementos con alta exigencia estética, sometidos a lluvias o variaciones importantes de humedad.	*Se observa cómo actúa los sulfatos en el concreto con escoria del alto horno y HS. Utiliza la resistencia a la compresión en la literatura. Información relevante para esta tesis	ScienceDirect - Scopus	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819312516	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.082	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	RE V I S T A	A Ñ O
Evaluation of Portland and Pozzolanic cement on the self-healing of mortars with calcium lactate and bacteria	González, Á., Parraguez, A., Corvalán, L., Correa, N., Castro, J., Stuckrath, C., & González, M. (10 de Octubre de 2020). Evaluation of Portland and Pozzolanic cement on the self-healing of mortars with calcium lactate and bacteria. Construction and Building Materials, 257. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119558	Este artículo estudia el efecto del cemento Portland y puzolánico en la cicatrización de grietas de morteros preparados con bacterias Bacillus pseudofirmus y lactato de calcio como nutriente. Se prepararon mezclas con el mismo contenido de cemento, agua, arena y Agregado Ligero. Los resultados mostraron una relación inversa entre el ancho de la grieta y el área de autocuración, ocurriendo la mayor parte de la curación entre 0 y 21 días de acondicionamiento de la muestra	*Estudiar el efecto del cemento Portland y puzolánico en la cicatrización de grietas de morteros preparados con bacterias Bacillus pseudofirmus y lactato de calcio como nutriente	*Se estudió la autocuración de morteros de cemento Portland y puzolánico con bacterias. *La autocuración en el mortero de cemento Portland es más alta que en el mortero de cemento puzolánico. *Se observó autocuración en morteros con lactato únicamente. *1 relleno de grietas por autocuración muestra la presencia de calcita.	E x p e r i m e n t a l	Después de 28 días de curado, el agente curativo no modifica el resistencia a la compresión de los morteros preparados con Portland cemento. Muestras de mortero de control, lactato y lactato + bacterias mostró una fuerza similar después de 28 días de curado.	*Resistencia mecánica de un concreto puzolánico y relación a/c	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820315634	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119558	S c i e n c e D i r e c t o r y S c o p u s	2 0 2 0

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	ARTÍCULO
Properties of blastfurnace cements (CEM III/A, B, C) based on Portland cement clinker, blastfurnace slag and cement kiln dusts	Osmanovic, Z., Haračić, N., & Zelić, J. (Agosto de 2018). Properties of blastfurnace cements (CEM III/A, B, C) based on Portland cement clinker, blastfurnace slag and cement kiln dusts. Cement and Concrete Composites, 91, 189-197. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.05.006	Examinar la eficacia de polvos de horno de cemento (CKD) característicamente diferentes como un reemplazo parcial de la escoria de alto horno granulada molida (GGBFS) en el desarrollo y producción de tres tipos de cementos de alto horno (CEM III / A, B, C) según la norma EN 197-1.27	Examinar la eficacia de polvos de horno de cemento (CKD) característicamente diferentes como un reemplazo parcial de la escoria de alto horno granulada molida (GGBFS) en el desarrollo y producción de tres tipos de cementos de alto horno	*Resistencia mecánica del concreto. Tiempo de fraguado	Experiments	La producción de cementos para altos hornos CEM III / A, B, C Clase de resistencia estándar 42.5N de acuerdo con los requisitos de EN 197-1 es posible para 16 de 27 mezclas preparado. Las 9 mezclas CEM III / A y las 7 mezclas CEM III / B cumplen los requisitos, y ninguna muestra de CEM III / C cumple con los requisitos EN 197-1 para la norma Resistencia a la compresión Clase 42,5N.	*Resistencia mecánica de un concreto. *Tiempo de fraguado del concreto con escoria del alto horno (Componente del concreto HS). Evaluación de la resistencia a 7 y 28 días	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946516306084	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.05.006	2018

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	ARTÍCULO	AÑO
Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on concrete properties	Paiva, H., Velosab, A., Cachim, P., & Ferreira, V. M. (12 de Abril de 2016). Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on concrete properties. <i>Materiales de Construcción</i> , 66. doi: http://dx.doi.org/10.3999/mc.2016.01815	Este estudio evaluó el efecto de la introducción de metacaolín y diatomita, 2 puzolanas química y físicamente diferentes, sobre la resistencia del concreto a la penetración de cloruros y también otras propiedades como porosidad y resistencia a la compresión. Los efectos de las cenizas volantes y la escoria en las propiedades frescas y endurecidas del concreto autocompactante (SCC) utilizando cuatro cementos CEM I 52.5 N producidos en diferentes fábricas de acuerdo con ASTM C150, dos superplastificantes a base de policarboxilato-ácido, dos cenizas volantes de clase F y una escoria.	*Evaluar la resistencia del hormigón con puzolanas a la penetración de cloruros.	*Evaluar la distribución de la porosidad. *Evaluar la resistencia a la compresión.	Experimental	*Las características fisicoquímicas de las puzolanas tienen una fuerte influencia en el comportamiento y por consecuencia en las propiedades del hormigón. *El uso de puzolanas mejora la resistencia a la penetración de cloruros promoviendo un hormigón con mayor durabilidad y esto también refleja los cambios en la microestructura y propiedades mecánicas medidas. *Está claro que las propiedades del SCC dependen en gran medida de la	*Mostrar los resultados de resistencia a la compresión utilizando puzolanas. *El uso de puzolanas aumenta la resistencia a la penetración de cloruros	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5498287	http://dx.doi.org/10.3999/mc.2016.01815	2016	20
The influence of variation in cement characteristics on workability and strength of SCC with fly ash and slag additions	Almubwber, O., Haldenwang, R., Mbasha, W., & Masalova, I. (30 de Enero de 2018). The influence of variation in cement characteristics on workability and strength of SCC with fly ash and slag additions. <i>Construction and Building Materials</i> , 160, 258-267. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.039	Investigar los efectos de las cenizas volantes y la escoria en las propiedades frescas y endurecidas del concreto autocompactante	Investigar los efectos de las cenizas volantes y la escoria en las propiedades frescas y endurecidas del concreto autocompactante	*Evaluar la interacción de aditivos minerales y químicos con diferentes cementos para concreto autocompactante. *Demostrar la sensibilidad de las propiedades del hormigón autocompactante sobre las características del cemento.	Experimental	Las características de los cementos y aditivos utilizados y pequeñas variaciones en estos pueden afectar significativamente estas propiedades. *La resistencia a la compresión de las mezclas de hormigón disminuyó con el aumento en la concentración de FA y no se obtuvieron mejoras cuando los cementos se extendieron con escoria independientemente de la concentración y para ambos SP.	*Evaluar la resistencia del concreto con el uso de escorias de alto horno, las cuales son un componente del concreto con cemento HS.	https://www.sciencedirect.com/science/abs/pii/S095006181732250X	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.039	2018	208

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	REVISTA	AÑO
Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements	Ahmad, S., Lawan, A., & Al-Osta, M. (Diciembre de 2020). Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements. Case Studies in Construction Materials, 13. doi:https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364	Estudiar la influencia de la dosificación de azúcar en el tiempo de fraguado y la resistencia de dos tipos de cementos Portland (Tipo I y Tipo V), lo que lleva a la selección de una dosis óptima de azúcar como un retardador de fraguado alternativo. Se prepararon muestras de pasta y mortero con diferentes dosis de azúcar y se analizaron los tiempos de fraguado inicial y final, la resistencia a la compresión y el examen microestructural de los cementos fragmentados.	Estudiar la influencia de la dosificación de azúcar en el tiempo de fraguado y la resistencia de dos tipos de cementos Portland (Tipo I y Tipo V)	Analizar los tiempos de fraguado inicial y final, la resistencia a la compresión y el examen microestructural de los cementos fragmentados	Experimental	Como se esperaba, inicial y final Los tiempos de fraguado final de los cementos fueron significativamente afectados por la mezcla de azúcar. Para los cementos de Tipo I y Tipo V utilizados en el presente estudio de caso, los tiempos de fraguado aumentaron considerablemente con la adición de una cantidad muy pequeña de azúcar. Para ambos tipos de cementos, tanto el inicial como el final el tiempo de fraguado final alcanzó su punto máximo con un contenido de azúcar de aproximadamente 0,05%. Sin embargo, se notó una disminución en los tiempos de fraguado con contenidos de azúcar superiores al 0,05%.	*Resistencia a la compresión de un concreto resistente al ataque de sulfatos y cloruros. *Visualizar el tiempo de fraguado	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S21452952030036X	https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364	Scientific Data	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Performance assessment of reinforced concrete after long-term exposure to a marine environment	Kim, J., McCarter, W. J., & Suryanto, B. (20 de Diciembre de 2018). Performance assessment of reinforced concrete after long-term exposure to a marine environment. Construction and Building Materials, 192, 569-583. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.151	Se presenta el comportamiento de las losas de hormigón armado CEM I, CEM III / A y CEM II / BV expuestas al medio marino durante 18 años. El rendimiento se evalúa en términos de porosidad, grado de saturación, concentración de cloruro y gradientes de resistividad eléctrica evaluados a través de la superficie ~150 mm; Se evaluó el estado del acero incrustado mediante técnicas electroquímicas. También se presenta un sistema de monitoreo que permite la interrogación remota de aquellas losas ubicadas en el sitio de exposición marina.	Evaluar el concreto expuesto al medio marino y ver cual fue su rendimiento	*Evaluar el comportamiento del concreto tras una exposición prolongada. *Presentar medidas físicas y electroquímicas	Experiencia	El grado de saturación y coeficiente de difusión en el hormigón CEM I tuvo la mayor, pero la porosidad del hormigón CEM I fue la más baja. Aunque la concentración de cloruro a la profundidad del acero fue de 0.8% por peso del aglomerante para hormigón CEM I, la corrosión del acero no fue detectado. Los potenciales de corrosión para todos los hormigones fueron > 140 mV vs CSE correspondiente a <10% en probabilidad de corrosión como especificado en ASTM C876.	*Mostrar el estado del acero después de la exposición al medio marino	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818325625	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.151	2018
High Performance Concrete with Copper slag for Marine Environment	Geetha, S., & Madhavan, S. (2017). High Performance Concrete with Copper slag for Marine Environment. Materialstoday: Proceedings, 4(2), 3525-3533. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.243	Las estructuras de hormigón marino están sujetas a condiciones de exposición muy severas y su durabilidad está directamente relacionada con la calidad del hormigón utilizado. Dado que el hormigón de alta resistencia es de baja permeabilidad, se necesita un grado de hormigón de este tipo para lograr un alto rendimiento en el medio marino.	Propiedades del hormigón con escoria de cobre como reemplazo del agregado fino para hormigón que se puede utilizar en aplicaciones marinas.	*Resistencia a la compresión. *Resistencia a la flexión. *Sorptividad. *Optimización.	Experiencia	*La escoria de cobre aumento en resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y reducción de valores de sorptividad y penetrabilidad del ión cloruro. *La durabilidad del concreto probado a través de pruebas de sorptividad muestra que este concreto tiene una amplia aplicación en estructuras construidas en medio marino.	*El concreto con escorias tiene una buena resistencia y tienen una amplia aplicación en estructuras construidas en medio marino.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785317304534	https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.243	2017

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIP.	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEV.	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Estimation of the content of ground granulated blast furnace slag and different pozzolanas in hardened concrete	Pfingsten, J., Rickert, J., & Lipus, K. (2018). Estimation of the content of ground granulated blast furnace slag and different pozzolanas in hardened concrete. Construction and Building Materials, 165, 931-938. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.065	Se investigaron métodos para estimar el contenido de escoria de alto horno granulada molida (GGBFS), cenizas volantes y otras puzolanas en concreto endurecido, incluido un procedimiento de disolución selectiva, un método basado en microscopía electrónica de barrido (SEM) combinado con análisis de imágenes y un método XRF. Los resultados revelan que el contenido de GGBFS en concreto se puede estimar con todos los métodos. La precisión del método de disolución selectiva puede aumentarse considerando el comportamiento de disolución del agregado respectivo.	Investigar métodos para estimar el contenido de escoria de alto horno granulada molida (GGBFS), cenizas volantes y otras puzolanas en concreto endurecido	*Estimación del contenido de GGBFS en hormigón endurecido. *Estimación del contenido de puzolanas en hormigón endurecido. *Recopilación de métodos para análisis de hormigón.	Experiencia	Se han introducido diferentes métodos para la estimación del contenido de GGBFS y puzolanas como cenizas volantes, tras o arcilla calcinada. El método de disolución selectiva es capaz de estimar aproximadamente el contenido de GGBFS originalmente contenido en un cemento. La	*relación a/c. *Resistencia Mecánica del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818300655	ScienceDirect	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.065	2018

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIP.	SUBTEMAS (Indicados)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Evaluación de la resistencia al sulfato del concreto con escoria bajo curado al vapor.	Yan, X., Jiang, L., Guo, M., Chen, Y., Song, Z., & Bian, R. (20 de Enero de 2019). Evaluation of sulfate resistance of slag contained concrete under steam curing. Construction and Building Materials, 195, 231-237. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.073	Este artículo investigó principalmente la resistencia a los sulfatos del hormigón incorporado a la escoria bajo curado al vapor. Muestras de concreto con diferentes proporciones de reemplazo (0%, 20%, 50% y 70%) de escoria bajo curado con vapor fueron expuestas al 5% de Na ₂ SO ₄ solución hasta por 540 días. Los cambios de masa, la porosidad abierta y el contenido de iones sulfato del hormigón se determinaron por separado. Además, se realizaron XRD, TGA, SEM y MIP en las muestras de pasta de cemento para investigar el paisaje de sus microestructuras.	*Evaluar la resistencia a los sulfatos del hormigón incorporado a la escoria bajo curado al vapor.	*Cambio de masa. *Dosificación del diseño de mezcla. *relación a/c	Experimentos	*El 70% de la escoria mejoró la resistencia a los sulfatos del hormigón curado al vapor. *50% de escoria aceleró el daño por sulfato del concreto curado al vapor. *El curado con vapor aumentó el deterioro del hormigón de escoria. *La variación del cambio de masa se quedó atrás que la de la porosidad abierta.	*Dosificación del concreto. *relación Agua/cemento	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818327387	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.073	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	RE V I S T A	DOI	A Ñ O
Efecto del ion sulfato sobre la corrosión de las armaduras de acero del hormigón armado	Farina, S. B., Duffó, G. S., & Klein, N. (2019). Efecto del ion sulfato sobre la corrosión de las armaduras de acero del hormigón armado. LatinAm. Metal. Mat., S8, 38-42. Obtenido de Academic Search Complete: http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=0fcf7a13-1fb3-48a6-8673-88fc9af6ab9e%40sessionmgr101&bdata=Jmxhbm9ZXMmc210ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=138241362	La degradación por la corrosión de las barras de refuerzo en presencia de sulfatos, así como el ataque en conjunto, son fenómenos de se tiene poca información, Entonces el objetivo es determinar el efecto que tiene el ion sulfato sobre la degradación de las barras de refuerzo en diferentes ambientes de exposición	*Determinar el efecto que tiene el ion sulfato sobre la degradación de las barras de refuerzo en las estructuras de hormigón armado, y su eventual interacción con el ion cloruro.	*Exposición a sulfatos y cloruros *Resistencia del concreto. *Resistividad eléctrica. *Potencial de corrosión. Densidad de corriente de corrosión.	Experiencia en el laboratorio	*Los morteros fabricados con cemento resistente al sulfato son más susceptibles al ataque corrosivo producido por los sulfatos y cloruros que los fabricados con cemento Portland normal. Esto es debido al menor contenido en aluminato tricálcico (C3A) de los cementos resistente al sulfato, lo que conlleva a una mayor concentración de cloruros y sulfatos libres en la solución de poros del hormigón. *Existe un compromiso entre la buena resistencia del hormigón al ataque por sulfatos (dado por el uso de cementos resistente al sulfato) y la susceptibilidad a la corrosión de las barras de acero, punto que debe ser especialmente tenido en cuenta a la hora de diseñar la mezcla con la que se fabricarán las celdas y contenedores del repositorio.	*Resistencia de concreto con cemento resistente al sulfato bajo el ataque corrosivo del sulfato y cloruro	http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=feb246a9-4a1f-48cb-bc83-f901b724f2d6%40sdc-v-sessmgr01	EBSCO O h o s t	ISSN: 0255-6952	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
External sulphate attack of sprayed mortars with sulphate-resisting cement: Influence of accelerator and age of exposition	Herrera-Mesen, C., Salvador, R., Ikumi, T., Cavalaro, S., & Aguado, A. (Noviembre de 2020). External sulphate attack of sprayed mortars with sulphate-resisting cement: Influence of accelerator and age of exposition. Cement and Concrete Composites, 114. doi:https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103614	Este trabajo evalúa la influencia del tipo de acelerador, el tipo de cemento y la edad de exposición sobre el mecanismo de degradación. Se extrajeron núcleos y prismas de paneles rociados con 8 composiciones de mortero y luego se expusieron a una solución de sulfato a edades diferentes durante 400 días. La evolución del ESA se dio mediante resistencia a la compresión, variación dimensional, entre otros. Los resultados muestran que los aceleradores alcalinos aumentan drásticamente la vulnerabilidad de la matriz al ESA.	*Evaluar la influencia del tipo de acelerador, el tipo de cemento y la edad de exposición sobre el mecanismo de degradación.	*Resistencia eléctrica a de la matriz. *Potencial de corrosión. *densidad de corriente de corrosión.	Experimentación	*Los resultados sugieren que la edad de exposición al sulfato juega un papel importante en la durabilidad de las muestras rociadas a la ESA. Muestras expuestas a los 7 días desde la producción tuvieron un deterioro y expansión significativamente mayor que los expuestos a los 28 días desde producción. Como la mayoría de las estructuras pulverizadas están inmediatamente después de la pulverización, El ESA acelerado en muestras debe realizarse a edades más tempranas para obtener resultados más realistas para tales aplicaciones.	*Resistencia a la compresión del concreto a la exposición de sulfatos	https://www.sciencedirect.com/science/abstract/S0958946520301062	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103614	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIP ALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEV ANCIA	LINK (enlace)	RE V I S T A	DOI	A Ñ O
Fresh and hardened properties of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash-slag blended cement	Le, D.-H., Sheen, Y.-N., & Lam, M. N.-T. (10 de Octubre de 2018). Fresh and hardened properties of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash-slag blended cement. <i>Construction and Building Materials</i> , 185, 138-147. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.029	El estudio se centra en el uso combinado de residuos agrícolas e industriales en el desarrollo de hormigón ecológico. Las características frescas y endurecidas del hormigón autocompactante (SCC) hecho de cemento mezclado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (SBA, un residuo agrícola generado durante la fabricación de azúcar), escoria granulada de alto horno (BFS) y cemento Portland ordinario se examinaron mediante un programa experimental.	Uso combinado de residuos agrícolas e industriales en el desarrollo de hormigón ecológico	*Examinar las características frescas y endurecidas del hormigón autocompactante hecho con cemento mezclado con bagazo y caña e azúcar	Experiencial	El 30% de SBA y el 30% de BFS en sustitución de OPC fueron comparables a los del control. Sin embargo, a un nivel dado de SBA, el reemplazo adicional de OPC por BFS resultó en una reducción de la resistencia a la compresión. Además, al igual que el hormigón convencional, una curva de mejor ajuste con forma exponencial puede realizar bien la correlación entre la resistencia a la compresión y la UPV, evidentemente.	*Dosificación del concreto. *Resistencia mecánica del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095061831700817008	Scientific Data	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.029	2018

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISIÓN	DOI	AÑO
Resistencia de reciclado agregado de concreto conteniendo low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze-thaw cycles and sulfate attack	Li, Y., Wang, R., Li, S., Zhao, Y., & Qin, Y. (30 de Marzo de 2018). Resistance of recycled aggregate concrete containing low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze-thaw cycles and sulfate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 166, 23-34. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.084	El presente estudio investigó el efecto de la acción combinada de los ciclos de congelación-descongelación (F-T) y el ataque de sulfatos sobre la resistencia del concreto que contiene cenizas volantes de bajo volumen (LVFA) y cenizas volantes de alto volumen (HVFA) hechas con material reciclado grueso. agregados de hormigón (CRCA). Los hormigones con una relación agua-aglutinante de 0,50 que contienen cenizas volantes (FA; LVFA y HVFA) y CRCA (es decir, 0%, 20%, 50% y 100% también en peso) como reemplazo de agregados naturales gruesos (CNA) fueron expuestos a agua, solución de sulfato de sodio al 5% y solución de sulfato de magnesio al 5% en ciclos F – T. El rendimiento, incluida la resistencia a la compresión residual, el módulo de elasticidad dinámico relativo y la microestructura del hormigón, se evaluó después de haber sido sometido a ciertos ciclos F – T en soluciones de sulfato.	Investigar el efecto de la acción combinada de los ciclos de congelación-descongelación (F-T) y el ataque de sulfatos sobre la resistencia del concreto que contiene cenizas volantes de bajo volumen (LVFA) y cenizas volantes de alto volumen (HVFA) hechas con material reciclado grueso. agregados de hormigón (CRCA).	*Hormigón con agregado reciclado. *Cenizas volantes. *Resistencia mecánica. *relación agua/cemento		Las resistencias a la compresión de los componentes basados en LVFA y HVFA Las mezclas de Creta disminuyeron con el aumento de la tasa de reemplazo de CRCA. Las dos mezclas de concreto con tasas de reemplazo de 20% y 50% de CNA con CRCA mostraron la mayor resistencia mecánica residual sometida a ciclos F – T en soluciones de agua y sulfato entre todas las mezclas de concreto. (4) La resistencia de las mezclas de hormigón a base de LVFA y HVFA	*relación agua/cemento. *Resistencia mecánica *Dosis del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/abs/pii/S0950061818300928	Scientific Data	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.084	2018

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISIÓN	DOI	AÑO
Compressive strength and corrosion evaluation of concrete containing pozzolana and perlite immersed in aggressive environments	Fodil, D., & Mohamed, M. (10 de Agosto de 2018). Compressive strength and corrosion evaluation of concretes containing pozzolana and perlite immersed in aggressive environments. <i>Construction and Building Materials</i> , 179, 25-34. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.190	Aquí se han desarrollado y anotado una serie de propiedades importantes del hormigón como la resistencia a la compresión, la resistencia a la corrosión, la penetración de cloruros y la resistencia a los sulfatos. Los resultados obtenidos muestran que el 10% y el 20% de la puzolana natural mejora las propiedades mecánicas, y se observa que el 10% de la sustitución del cemento por puzolana y el 10% de la perlitina condujo a una reducción de la velocidad de Corrosión por NaCl.	*Contribuir con el desarrollo para limitar y perjudicar los efectos ambientales, así como la desintegración de estructuras de hormigón.	*El estudio del agua de mezcla. *La puzolana natural. *Formulación de hormigón	Experimental	*La adición del 10% al 20% de puzolana natural finamente molida y su posterior reacción con los hidratos de cemento proporcionan un efecto de llenado de poros efectivo (propiedad mecánica). *Un reemplazo de cemento del 10% con puzolana y 10% de perlitina condujo a un aumento en el tiempo de inducción y reducción de la tasa de corrosión (disminución de la tasa de corrosión) en un ambiente que contiene un 5% de Na durante un año	*La introducción de puzolanas mejora la resistencia a la corrosión conduciendo a la idea de HS como alternativa de solución.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818312753	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.190		2018

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFER. (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Efficiency of Portland-pozzolana cements: Water demand, chemical reactivity and environmental impact	RA, A. P., Cardoso, F. A., & John, V. M. (30 de Junio de 2020). Efficiency of Portland-pozzolana cements: Water demand, chemical reactivity and environmental impact. Construction and Building Materials, 247. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118546	Una estrategia principal para reducir las emisiones de CO2 de la industria del cemento es el reemplazo del clínker por SCM. Este trabajo evalúa la eficiencia de un OPC y seis cementos Portland-puzolana. La fracción de agua combinada (químicamente combinada / agua de mezcla), cwf, se propone como un índice de eficiencia del ligante que presenta una fuerte correlación con la resistencia mecánica de los morteros.	*Evaluar la eficiencia de un OPC y seis cementos Portland-puzolana.	*La clasificación de cementos basada en a/c fijo es limitada y puede no funcionar para todos los tipos. *El enfoque de trabajabilidad constante es más relevante para aplicaciones prácticas. *Cwf presentó una fuerte correlación con la resistencia a la compresión de los morteros estándar.	Experimento	*El agua químicamente combinada contribuye a reducir la porosidad y mejorar la resistencia mecánica, mientras que el exceso de agua necesaria para lograr una trabajabilidad específica aumenta la porosidad. Por lo tanto, cwf mostró una fuerte correlación con la resistencia a la compresión y porosidad capilar de los morteros.	*Trabajabilidad y resistencia mecánica de un concreto con puzolana, componente esencial de un cemento tipo HS.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820305511	ScienceDirect	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118546	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMA S (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONE S	RELEVANCIA	LINK (enlace)	R E V I S T A	DOI	A Ñ O
Evaluation of corrosion resistance of Portland cement and fly ash blended cements in pre-cracked reinforced concrete slabs under accelerated testing conditions	Saraswathy, V., & Song, H.-W. (15 de Agosto de 2007). Evaluation of corrosion resistance of Portland cement and fly ash blended cements in pre-cracked reinforced concrete slabs under accelerated testing conditions. <i>Materials Chemistry and Physics</i> , 104, 356-361. doi: https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2007.03.033	En este artículo, se ha intentado analizar las características de corrosión de tres tipos de cementos, a saber, cemento Portland ordinario (OPC), cemento puzolana (PPC) y 25% de cenizas volantes reemplazadas en cemento Portland ordinario (FA) mediante el diseño de dos grados. de hormigón, mezclas M20 y M40 en condiciones de exposición acelerada.	*Analizar las características de la corrosión.	*Resistencia a la corrosión. *Alcalinidad *Pérdida de peso.	E x p e r i m e n t a l	*El cemento Portland Puzolánico y las cenizas volantes sustituyeron al hormigón. Esto mostró mejores propiedades de resistencia a la corrosión que Hormigón ordinario de cemento Portland.	*Resistencia a la corrosión del cemento puzolánico que es un elemento del cemento tipo HS.	https://www.sciencedirect.com/science/abs/pii/S0254058407001903	S c i e n c e D i r e c t o r y S c o p u s	https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2007.03.033	2 0 0 7

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate	Yeon, T. M., Soon, W. K., Ekhlaur, R. M., & Selowara, J. M. (10 de Septiembre de 2020). Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820312009	Esta investigación experimental ha validado la viabilidad de utilizar escoria de silicomanganeso (SiMn), arena marina y agua de mar en la producción de hormigón. Se evaluaron las resistencias a la tracción del hormigón a la compresión ya la rotura. También se evaluó la durabilidad del hormigón, que incluyó la absorción de agua, la sorptividad, la penetración de cloruros y la resistencia a los sulfatos.	*Evaluar la resistencia mecánica del hormigón y durabilidad.	*Evaluar la resistencia a la compresión, tracción y rotura. *Evaluar la durabilidad del hormigón por absorción de agua, sorptividad, penetración de cloruros y resistencia a los sulfatos	Evaluación de la resistencia a la compresión y tracción del hormigón en un agregado deficiente de tamaño. *Con incorporación de escoria de SiMn, tanto a compresión como a tracción la resistencia del hormigón se había reducido hasta en un 9,2% y 17,5% respectivamente como característica escamosa del agregado había resultado en una unión más débil con la pasta de cemento.	*Incorporación de escoria de SiMn como agregado grueso para hormigón había reducido la trabajabilidad del hormigón en un 36% debido a un agregado deficiente de tamaño. *Con incorporación de escoria de SiMn, tanto a compresión como a tracción la resistencia del hormigón se había reducido hasta en un 9,2% y 17,5% respectivamente como característica escamosa del agregado había resultado en una unión más débil con la pasta de cemento.	*Resistencia mecánica del concreto con escoria (elemento del cemento HS).	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820312009	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119195	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Understanding the chloride binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolans	Wang, Y., Shui, Z., Gao, X., Yu, R., Huang, Y., & Cheng, S. (2019). Understanding the chloride binding and diffusion behaviors of marine concrete based on Portland limestone cement-alumina enriched pozzolans. <i>Construction and Building Materials</i> , 198, 207-217. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.270	Este trabajo estudia la unión y difusión de cloruros del hormigón marino producido con cemento de piedra caliza Portland y puzolanas enriquecidas con alúmina. Se investigan la capacidad de unión de cloruros, el efecto de la composición química del aglutinante sobre la unión de cloruros y el papel de la unión de cloruros en la difusión de cloruros. Los resultados muestran que la adición de puzolanas enriquecidas con alúmina beneficia la formación de hemicarboaluminato que tiene baja densidad y alta eficiencia de llenado, lo que ayuda a densificar la matriz.	*Estudiar la unión y difusión de cloruros del hormigón marino producido con cemento de piedra caliza Portland y puzolanas enriquecidas con alúmina.	*Capacidad de unión de cloruros, el efecto de la composición química del aglutinante sobre la unión de cloruros y el papel de la unión de cloruros en la difusión de cloruros	E	*Se requiere menos hidróxido de calcio para la reacción de alúmina amorfa en presencia de calcita. *Existe un valor crítico de la relación de CaO a Al ₂ O ₃ para maximizar la capacidad de unión de cloruros. *El contenido de agua evaporable puede indicar la permeabilidad del hormigón al cloruro. *La unión de cloruro puede reducir significativamente el coeficiente de difusión de cloruro aparente teórico.	*Dosificación del concreto con puzolanas	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818329623	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.270	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCI A	LINK (enlace)	R E V I S T A	DOI	A Ñ O
Correlati on Analysis between Different Types of Corrosio n of Concrete Containi ng Sulfate Resistin g Cement	Harbulakova, V. O., Estokova, A., & Kovalcikova, M. (Septiembre de 2017). Correlation Analysis between Different Types of Corrosion of Concrete Containing Sulfate Resisting Cement. MDPI, 4(3). Obtenido de ProQuest: https://search.proquest.com/docview/2124633227/1B25E0ADE7FF4E64PQ/8?accountid=45097	La utilización de materiales puzolánicos (cenizas volantes, escoria, zeolita, metacaolin, microsíllice y más) en la fabricación de cemento y hormigón ha aumentado considerablemente en las últimas décadas. Otra opción es usar concreto que contenga cemento resistente al sulfato. Esto podría ayudar a minimizar los impactos nocivos sobre el hormigón expuesto a un ambiente agresivo.	* Presentar la cuestión del impacto deteriorado de los tres tipos de corrosión del hormigón (ácido, sulfato y lixiviación) investigados mediante análisis de correlación.	*Tipos de concreto. *Análisis de corrosión. *Corrosión por sulfatos. *Lixiviación	E x p e r i m e n t a l	*El análisis de correlación confirmó un comportamiento diferente del hormigón con el cemento resistente al sulfato cuando afectados por diversos medios agresivos. Como se supuso, la aplicación de cemento resistente al sulfato en los compuestos de hormigón demostró ser beneficiosos para mejorar la resistencia de los compuestos de hormigón a ataque de sulfato. Sin embargo, la resistencia mejorada del hormigón cuando se expone a la influencia de sulfúrico no se confirmó la lixiviación ácida o acuosa.	*Como actua la corrosión en un concreto resistente a sulfatos.	https://search.proquest.com/docview/2124633227/1B25E0ADE7FF4E64PQ/8?accountid=45097	P r o Q u e s t	10.3390/envir4030044	2 0 1 7

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Evaluating Sulphate Resistance of Cement-Based Systems by Sulphate Content Determination after Exposure	Bindiganavile, V., Ou, C. Q., Chen, Z., & Boluk, Y. (23 de Septiembre de 2016). Evaluating Sulphate Resistance of Cement-Based Systems by Sulphate Content Determination after Exposure. Concrete under Severe Conditions - Environment and Loading, 1037-1044. doi:DOI:10.4028/www.scientific.net/KE.M.711.1037	Describe enfoques para evaluar la resistencia de compuestos a base de cemento. al ataque de sulfatos. El enfoque convencional de evaluación mediante la medición de la expansión es discutido en comparación con la difusión de sulfato, que se cuantificó en función de la profundidad. Además de CSA Tipos GU y HS, también se examinó una mezcla 30:70 de cenizas volantes y cemento Tipo GU.	Evalúa los tipos de cementos presentados a diferentes edades hasta las 12 semanas	*Resistencia a la tracción a la compresión y a la rotura. *Medidas de cambio de longitud. *Determinación del contenido de trióxido de azufre	Experimental	El efecto de la exposición al sulfato sobre la respuesta de compresión y tracción de los sistemas a base de cemento es no refleja el daño como es evidente en las medidas de cambio de longitud. Como se esperaba el Tipo HS mostró un cambio mínimo en la longitud tras la exposición, mientras que la mosca El aglutinante IC mezclado con cenizas exhibió el mayor cambio de longitud.	*Se evaluó al cemento HS por resistencia mecánica. También sus dimensiones	https://search.proquest.com/docview/1822514260/4EC751A135E04B58PQ/1?accountid=45097	ProQuest	10.4028/www.scientific.net/KE.M.711.1037	2016

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Sulfate Resistance of Portland and Slag Cement Concrete Exposed to Sodium Sulfate for 38 Years	Alapour, F., & Hooton, R. D. (Junio de 2017). Sulfate Resistance of Portland and Slag Cement Concretes Exposed to Sodium Sulfate for 38 Years. Engineering Civil Building and Construction, 114, 477-490. doi:http://dx.doi.org/10.14359/51689678	Se comenzó en 1977 a estudiar los efectos de este cemento de escoria sobre el sulfato (HS), resistencia del hormigón. Para ello, cilindros de hormigón se moldearon a partir de ocho lotes utilizando también tipos de cemento Portland normal, moderadamente resistente a los sulfatos y altamente resistente a los sulfatos como mezclas de cemento Portland con alto contenido de C3A más escoria en una proporción de materiales cemento-agua (p / cm) de 0,45 o 0,50. En el presente estudio, se cortaron muestras de cilindros de hormigón después de 38 años de exposición a soluciones de sulfato de sodio y secciones delgadas fueron preparadas para el análisis mediante microscopía electrónica de barrido.	*Evalúa los efectos de la corrosión de sulfato y cloruro después de 38 años	*Resistencia mecánica del concreto. *Resistencia al sulfato *Escaneo microscópico	Experiencia	*Las profundidades a las que se formó la etringita variaron de 9 a 21 mm (0,35 a 0,83 pulg.). Se observó etringita en grietas, huecos, y en pasta porosidad hasta el centro en todas las muestras no que contienen escoria, independientemente del tipo de cemento Portland. *Para muestras sumergidas en 3000 mg / L (ppm) de sulfato de sodio solución, independientemente de las características de diseño de la mezcla de hormigón, se encontró etringita en todos ellos.	*Se evalúa por resistencia al cemento tipo HS	https://search.proquest.com/docview/1903330283/abstract/2D5EEA0C7B69453BPQ/1?accountid=45097	http://dx.doi.org/10.14359/51689678	2017

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	RE V I S T A	DOI	A Ñ O
Experimental study on physical sulfate salt attack	Zhutovsky, S., & Hooton, R. D. (Febrero de 2017). Experimental study on physical sulfate salt attack. <i>Materials and Structures</i> , 50, 1-10. doi:10.1617/s11527-016-0936-z	El ataque de sulfato puede causar graves daños a estructuras de hormigón. La mitigación más común estrategia contra el ataque de sulfatos químicos en el hormigón es reducción de la proporción de agua a materiales cementosos, uso de cementos Portland con bajo contenido de C3A y / o uso de materiales cementantes suplementarios. Sin embargo, físico El ataque de sal por exposición al sulfato de sodio aún puede causar daño al concreto con una baja proporción de agua a materiales cementosos, y se ha informado que los materiales cementantes suplementarios incluso reducen la resistencia al ataque físico de la sal.	*Estudiar el efecto del agua para proporción de materiales cementosos y suplementarios sobre la capacidad del mortero para resistir el ataque físico de la sal.	*Pérdida de masa. *Estructura de poros. *Propiedades de transporte. *Resistencia	Experimental	* Los resultados muestran una buena correlación entre radio de poro umbral usando MIP y la resistencia al ataque físico de la sal, así como entre los coeficientes de migración de cloruro y la tasa de deterioro en el ataque físico de la sal. *La resistencia de los materiales cementosos al PSA se puede controlar mediante la reducción de w / cm proporción. Se puede obtener una resistencia mejorada al PSA reduciendo la relación a / cm a 0,40 o menos, aunque cierto deterioro debido al PSA todavía es evidente en la exposición utilizada.	*Resistencia a sulfatos y cloruros en un concreto con cemento HS	https://search.proquest.com/docview/1811906208/abstract/4AF1D7B1BFCF46D1PQ/1?accountid=45097	http://dx.doi.org/10.1617/s11527-016-0936-z	2017	

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Efectos del curado en las propiedades de mezclas de concreto con altos contenidos de escoria de hierro	Lizarazo, M. J., Salas, A., & Escobar, D. A. (Diciembre de 2016). Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro. Dpto. de Ingeniería Civil y Agrícola, Univ. Nacional de Colombia, 27, 163-174. Obtenido de Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300729	Se determinaron las propiedades de resistencia a la compresión, resistencia a la carbonatación y resistencia a la penetración de ion cloruro en mezclas de concreto adicionadas con altos volúmenes de escoria granulada de alto horno (GGBS, por sus siglas en inglés) con relaciones agua cemento de 0.4 y 0.5. Adicionalmente, en el estudio se investigó el efecto del curado en las propiedades mencionadas. Se evaluaron dos métodos de curado: (1) curado al aire y (2) curado húmedo.	*Determinar las propiedades de resistencia a la compresión, resistencia a la carbonatación y resistencia a la penetración de ion cloruro en mezclas de concreto adicionadas con altos volúmenes de escoria granulada de alto horno	*Composición Química *Diseños de Mezcla *Resistencia a la Carbonatación.	Experimental	*Todas las mezclas de escoria presentaron una evolución similar en la resistencia a la compresión que las mezclas de referencia CPO: el envejecimiento produce un aumento; el curado al aire produjo una reducción; y un incremento en la relación agua-cementante también produjo una disminución en la resistencia a la compresión. *La reducción en la resistencia a la compresión debido a los Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto Lizarazo Información Tecnológica – Vol. 27 N° 6 2016 173 deficiencias de curado fue más significativa para mezclas que contenían CPO-GGBS. De la misma manera, las muestras CPO-GGBS curadas adecuadamente presentaron mejores resistencias que las de referencia CPO a 90 días	*Resistencia mecánica del concreto	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300729	10716-8756	2016

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Deterioration of concrete in the marine environment	Santhanam, M., & Otieno, M. (2016). Deterioration of concrete in the marine environment. Marine Concrete Structures, 137-149. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100081-6.00005-2	Una compleja interacción de factores físicos y químicos afecta el desempeño del hormigón en las estructuras marinas. Este capítulo presenta revisiones de los mecanismos de deterioro del hormigón en el medio marino. En primer lugar, se describen las condiciones de exposición marina, seguidas de una revisión crítica de los mecanismos de transporte y los procesos de deterioro en este entorno	* Presentar revisiones de los mecanismos de deterioro del hormigón en el medio marino.	*Describir las condiciones de exposición marina. *Revisión crítica de los mecanismos de transporte y los procesos de deterioro en este entorno	Experimental	*La predicción del deterioro de las estructuras marinas de hormigón es un desafío importante que todavía requerirá mucho aporte de investigaciones.	*Mostrar las condiciones de exposición {en de los concretos a ambientes marinos.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820315397	Scientific Data	https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100081-6.00005-2	2016
Durability and mechanism of high-salt resistance concrete exposed to sewage-contaminated seawater	Fu, Q., Wu, Y., Zhang, N., Hu, S., Yang, F., Lu, L., & Wang, J. (10 de Octubre de 2020). Durability and mechanism of high-salt resistance concrete exposed to sewage-contaminated seawater. Construction and Building Materials, 257. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119534	. Se investigó el efecto de las aguas residuales artificiales con alto contenido de sal, "aguas residuales" simuladas sobre las propiedades del HSRC y se propuso el mecanismo de resistencia a la sal. Los resultados muestran que la corrosión coeficiente de resistencia (K F) de hormigones curados en aguas residuales disminuyó y su permeabilidad relativa de cloruros	. La porosidad de las pastas HSRC en agua dulce fue menor que la de otras muestras, lo que contribuyó a la capacidad de las pastas para resistir la permeación de iones corrosivos . Los resultados de este estudio tienen importancia de ingeniería práctica para la seguridad de las estructuras de hormigón utilizadas en los entornos de alta salinidad de las STP en alta mar.	. Resistencia a la corrosión . Durabilidad.	Experimental	. La resistencia a la compresión de los hormigones curados en agua dulce aumentó a medida que aumentaba el tiempo de curado, mientras que la de los hormigones curados en aguas residuales aumentó primero y luego disminuyó . El coeficiente de resistencia a la corrosión (K F) de hormigones disminuido rápidamente y luego disminuyó lentamente a medida que aumentaba la edad de curación.	*Resistencia a la compresión	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820315397	Scientific Data	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119534	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Experimental investigations on the effect of concrete quality, exposure conditions and duration of initial moist curing on carbonation rate in concretes exposed to urban, inland environment	Otieno, M., Ikotun, J., & Ballim, Y. (20 de Junio de 2020). Experimental investigations on the effect of concrete quality, exposure conditions and duration of initial moist curing on carbonation rate in concretes exposed to urban, inland environment. Construction and Building Materials, 246. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118443	. Este artículo presenta una investigación sobre la influencia de las condiciones de exposición tierra adentro, la calidad del concreto y la profundidad de cobertura en la iniciación de la corrosión inducida por carbonatación del acero en hormigones expuestos al ambiente urbano interior. Se prepararon muestras de cubos de hormigón de 100 mm utilizando cinco tipos de aglutinante, a saber, cemento Portland simple, cenizas volantes, escoria de alto horno, humo de sílice, en tres relaciones a / b de 0,40, 0,60 y 0,95.	. Se propone un modelo empírico de predicción de la tasa de carbonatación que incorpora tanto la permeabilidad del gas como la sorptividad del agua como parámetros de entrada . Los especímenes expuestos en interiores exhibieron tasas de carbonatación más altas que los correspondientes hormigones expuestos al aire libre . Los hormigones de cemento mezclado mostraron una tasa de carbonatación más alta que los hormigones de PC simple.	. Tiempo de fraguado . Relación a/c. (agua cemento).	Experimental	. extender la duración del curado húmedo inicial de 7 días a 28 días reduce la tasa de carbonatación . se propone un modelo empírico de predicción de la tasa de carbonatación . La tasa de carbonatación fue más sensible al cambio en la calidad del concreto debido a un cambio en la relación a / b que debido a un cambio en el tipo de aglutinante o al extender la duración del curado.	*Tiempo de fraguado Relación a/c compresión	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820304487	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118443	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	A Ñ O
A study on strength and corrosion protection of cement mortar with the inclusion of nanomaterials	Gayán, V. M., Chandra, P. S., Ying, K. S., Adewumi, J. B., Jihad, M. M., & Panda, B. (25 de Septiembre de 2020). A study on strength and corrosion protection of cement mortar with the inclusion of nanomaterials. Sustainable Materials and Technologies, 25. doi:https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e0192	. Este estudio investiga el efecto de tres dosis diferentes (1%, 3% y 5%) de nano-SiO ₂ y nano-TiO ₂ 2 Trabajabilidad, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión de los morteros de cemento a base de cenizas volantes. Se encontró que la trabajabilidad del mortero disminuye con el aumento de porcentaje de nanopartículas. Asimismo, se observó una mayor resistencia a la compresión para el mortero elaborado con ambos nano-SiO ₂ y nano-TiO ₂ en comparación con el mortero de control.	. La vida útil de las estructuras de hormigón armado continúa disminuyendo y, por lo tanto, aumenta la frecuencia de mantenimiento necesaria . Se estimó que el costo de la corrosión constituía el 10% del producto interno bruto de EE. UU.	. Resistencia a la compresión . Durabilidad . Relación a/c. . Tiempo de fraguado.	E x p e r i m e n t a l	. El asentamiento se reduce a medida que aumenta el porcentaje de nano-SiO ₂ y nano-TiO ₂ hasta un 5% en el mortero se mezcla. . El porcentaje de mejora varía según aumenta la concentración de nanopartículas . La incorporación de nano-SiO ₂ y nano-TiO ₂ mejora la resistencia a la tracción a la flexión a los 7 días . La longitud de la grieta más corta se observó en las mezclas de mortero con nano-SiO ₂ y nano-TiO ₂ .	*Tiempo de fraguado	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S214993720302840	https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00192	20 20

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	A Ñ O
Development of high-density geopolymer concrete with steel furnace slag aggregate for coastal protection structure	Hasan, M. A., Foster, S. J., & Castel, A. (10 de Julio de 2020). Development of high-density geopolymer concrete with steel furnace slag aggregate for coastal protection structures. Construction and Building Materials, 248. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118681	. Los cambios anticipados en las condiciones de las olas costeras debido a varios escenarios de impacto del cambio climático a lo largo de las costas pueden exponer las estructuras de protección costera a mayores energías de las olas y mayores tasas de daño que las diseñadas, especialmente durante tormentas episódicas. Esta investigación proporciona un camino tanto para la mejora de los rompeolas existentes como para la construcción de nuevas estructuras con una reducción de la huella de carbono en la construcción de rompeolas.	. El uso de agregado SFS ofrece una mayor densidad aparente al concreto y las mezclas fueron proporcionadas para lograr una buena trabajabilidad y tiempo de fraguado . El aglutinante mezclado con escoria de alto horno de cenizas volantes utilizado en este estudio conduce a una ganancia de resistencia adecuada en el curado ambiental.		Experimental		Relación agua/cemento	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820306863	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118681	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	A Ñ O
Influencia de dry-wet ratio on properties and microstructure of concrete under sulfate attack	Wang, K., Guo, J., Wu, H., & Yang, L. (10 de Diciembre de 2020). Influence of dry-wet ratio on properties and microstructure of concrete under sulfate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 263. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120635	. Este estudio experimental tiene como objetivo determinar el efecto de la relación seco-húmedo sobre las propiedades y microestructura del hormigón bajo ataque de sulfato. Bajo la condición de secado en horno, se diseñaron cuatro diferentes relaciones de tiempo seco-húmedo: 1: 1, 3: 1, 5: 1 y 7: 1. En este artículo, se investigó la ley de deterioro del hormigón bajo ataque de sulfato a través de la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por división y el módulo elástico dinámico relativo.	. El tiempo de humectación afecta la resistencia al ataque químico del sulfato y la capacidad del concreto para adaptarse a la fase de expansión . El proceso de secado solo deteriora el hormigón en las etapas media y tardía de la erosión . El método del ciclo de secado-humectación se ha convertido en el factor más importante que afecta el ataque de los sulfatos al concreto.	. Resistencia a la compresión . Resistencia a la corrosión . Durabilidad . Tiempo de fraguado.	E x p e r i m e n t a l	. La degradación del hormigón causada por los ciclos de secado-humectación con sulfato es causada por daño por fatiga . La generación y relleno de microgrietas y micro-huecos del hormigón son la principal razón de la evolución del comportamiento del hormigón . En este proceso, el hormigón ha experimentado daños cíclicos de "estado estacionario-estado inestable-nuevo estado estacionario" . La porosidad del hormigón con diferentes relaciones seco-húmedo mostró una tendencia a la baja.	*Resistencia mecánica del concreto en entornos de sulfatos y cloruros	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820326404	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120635	2 0 2 0

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	REVISTA	AÑO
Ternary blended cement: An eco-friendly alternative to improve resistivity of high-performance self-consolidating concrete against elevated temperature	Azarijafari, H., Taheri, A. M., Ashrafian, A., Rasekhd, H., Javaheri, B. M., & Berenjian, J. (2019). Ternary blended cement: An eco-friendly alternative to improve resistivity of high-performance self-consolidating concrete against elevated temperature. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 223, 575-586. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.054	. En este artículo, la resistividad a temperatura elevada de 19 mezclas de HPSCC que incorporan mezclas binarias y ternarias de fl Se investigó ceniza, humo de sílice, zeolita natural y metacaolin. Los cambios en la masa, la resistencia a la compresión y la velocidad del pulso ultrasónico (UPV) de las mezclas se midieron a diferentes temperaturas (20, 300, 500 y 700 C).	. Las resistencias a la compresión residual de fl La mezcla incorporada ceniza-humo de sílice era similar a la de las mezclas binarias . Los resultados ambientales indican que la sustitución de materiales puzolánicos por cemento Portland no siempre puede ser beneficiosa.	. Resistencia a la compresión . Durabilidad . Tiempo de fraguado.	Experimental	. Se observó una reducción de más del 50% en todos los resultados de las pruebas de la UPV al pasar de 500 C. . La mayor pérdida de masa de las mezclas de HPSCC, independientemente del tipo de aglutinante, se produjo cuando las muestras se expusieron a 500 mi 700 C.	Resistencia mecánica del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619307437	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.054	Scientific Data	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method	Sharifi, E., Jafar, S. S., M.R.M, A., & Moniri, A. (10 de Marzo de 2020). Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method. Construction and Building Materials, 236. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117547	. En esta investigación, el método de optimización de Taguchi se mejora para modelar el diseño de mezcla óptimo del concreto autocompactante de alta resistencia (HSSCC). Para ello, en un primer momento se definieron diferentes criterios de calidad y los parámetros que influyen en ellos con base en la literatura disponible. A continuación, se utilizó el enfoque de Taguchi para generar una matriz ortogonal de los parámetros.	. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo de acuerdo con la matriz de diseño sugerida para obtener los datos experimentales para todos y cada uno de los escenarios . Se encontró que el método propuesto fue eficiente para obtener el diseño de mezcla óptimo del proceso de fabricación de acuerdo con las preferencias de los tomadores de decisiones.	. Resistencia a la compresión . Durabilidad . Relación a/c . Tiempo de fraguado.	. Se determinaron los factores significativos con mayor influencia en la calidad total del concreto como tiempo de mezclado, cantidad de cemento y agua para cementar, respectivamente . La optimización de varios procedimientos de fabricación y compuestos químicos se puede investigar utilizando el método Taguchi basado en BWM como un estudio futuro para esta investigación.		*Resistencia Mecánica del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181932999X	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117547	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design	Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Wang, D., Huang, Z., & Fang, Z. (2015). A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design. Construction and Building Materials, 101, 741-751. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.088	Este artículo revisa los principios teóricos, materias primas, métodos de diseño de mezclas y técnicas de preparación para UHPC. Las materias primas, la técnica de preparación y los regímenes de curado tienen una influencia significativa en las propiedades del UHPC.	*La reducción de la porosidad, la mejora de la microestructura, la mejora de la homogeneidad y el aumento de la tenacidad son cuatro principios básicos para el diseño de UHPC. *El uso de materiales cementosos suplementarios podría reducir significativamente el costo de los materiales sin sacrificar la resistencia.	*Resistencia a la compresión. *Ductilidad. *Durabilidad.	Experimental	*El curado a alta temperatura es beneficioso para la puzolánica. *UHPC con la cantidad adecuada de los cementosos suplementarios los materiales podrían alcanzar una resistencia a la compresión de 150–200 MPa después del régimen de curado normal.	*Resistencia a la compresión alta en concreto de alto rendimiento	https://www.science-direct.com/science/article/abs/pii/S0950061815305092	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.088	2015

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review	Özbay, E., Erdemir, M., & İbrahim, D. H. (15 de Febrero de 2016). Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815308254	*En primer lugar, se presenta información general sobre la producción de GGBFS, el mecanismo de reacción y el calor de hidratación. Luego, trabajabilidad, tiempo de fraguado, sangrado, propiedades reológicas, pérdida de asentamiento, resistencia a la segregación y edad temprana.	*Revisa la literatura relacionada a la utilización y eficiencia de GGBFS sobre las propiedades del mortero / hormigón	*Se discute y revisa la utilización y la eficiencia de GGBFS en las propiedades del mortero/concreto. *Se presenta el proceso de producción y el mecanismo de reacción de GGBFS.	Experimental	*Mejor trabajabilidad y propiedades reológicas. *Modificó positivamente la resistencia a la segregación y la pérdida por asentamiento. *Mejora de la resistencia a la compresión a largo plazo, especialmente más tarde 40 días. *Aumento de la resistencia a la flexión en edades tempranas y tardías. *Módulo elástico estático igual o ligeramente superior debido a PC.	*Resistencia a la compresión	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815308254	ScienceDirect	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.153	2016
Damage evolution of cement mortar with high volume slag exposed to sulfate attack	Yang, Y., Zhan, B., Wang, J., Zhang, Y., & Duan, W. (30 de Junio de 2020). Damage evolution of cement mortar with high volume slag exposed to sulfate attack. Construction and Building Materials, 247. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118626	El ataque de sulfato es una de las razones importantes del fallo prematuro de los materiales a base de cemento. En esta investigación, se investigó la ley de deterioro del mortero por ataque de sulfato mediante expansión, masa cambio, módulo elástico dinámico relativo (Erd) y la distribución del contenido de iones sulfato.	*Encontrar la ley del deterioro del mortero por ataque de sulfato.	*Se realizó cuantitativamente la distribución de grietas 3D del mortero por ataque de sulfatos. Se investigó la ley de deterioro del mortero por ataque de sulfatos. *Se realizó cuantitativamente la distribución de grietas 3D del mortero por ataque de sulfatos. *Se investigó la ley de deterioro del mortero por ataque de sulfatos. *Se revela el proceso de deterioro del mortero con escoria de alto volumen.	Experimental	*Reducir la proporción de agua a cemento puede reducir el contenido de ion sulfato en el mortero, mejorando así la resistencia a los sulfatos del mortero. *La adición de escoria puede mejorar significativamente la distribución del tamaño de los poros del mortero. Además, el contenido de iones sulfato del mortero con escoria es mucho menor que la del mortero sin escoria.	*Relación a/c.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820306310	ScienceDirect	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118626	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBT. (Ind)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Performance of blended cement concretes prepared with constant workability	Baghabra, A.-A. O., Maslehuddin, M., Ibrahim, M., Shameem, M., & Al-Mehthel, M. (2011). Performance of blended cement concretes prepared with constant workability. Cement and Concrete Composites, 33, 90-102. doi:https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.004	. El uso de materiales cementantes suplementarios, tales como humo de sílice, cenizas volantes, escoria de altos hornos y puzolanas naturales, ha sido promovido por sus ventajas técnicas y económicas. Sin embargo, en ciertas partes del mundo, donde estos materiales no están disponibles localmente, su utilización se basa únicamente en su superioridad técnica.	. La permeabilidad al cloruro de los hormigones de cemento SF, FA y VFFA fue menor que la del hormigón OPC . La resistencia a la compresión de los hormigones de cemento OPC, SF, FA y VFFA aumentó con el período inicial de curado con agua.	. Resistencia a la compresión . Durabilidad . Relación a/c . Tiempo de fraguado.	Experimental	. La resistencia a la compresión de los hormigones de cemento SF, FA y VFFA fue mayor que la del hormigón OPC. En particular, la resistencia a la compresión más alta se observó en los hormigones de cemento VFFA y FA desde el período inicial de curado . El requerimiento de agua de los hormigones de cemento FA y VFFA fue menor que el de los hormigones SF y OPC. Esto ha resultado en mejores propiedades mecánicas y una mayor durabilidad de los cementos anteriores.	*Resistencia a la compresión. *Relación a/c	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946510001630	ScienceDirect Scopus	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.004	2010
Deterioration of marine concrete exposed to wetting-drying action	Zhi, Y. T., Soon, W. K., Ekhlasur, R. M., & Joo, M. S. (1 de Enero de 2021). Deterioration of marine concrete exposed to wetting-drying action. Journal of Cleaner Production, 278. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123383	Los efectos adversos del entorno marino hostil sobre la estructura de hormigón han provocado inevitablemente enormes pérdidas económicas y pueden contribuir a una falla catastrófica. El hormigón es susceptible a la intemperie, aunque su estado actual de la técnica está bien establecido. Se identifican mecanismos concretos de deterioro en el medio marino. Se discuten las propiedades físicas y mecánicas y la resistencia a la corrosión del concreto.	*Identificar mecanismos concretos de deterioro en el medio marino con respecto a la WDA. *La WDA agrava el deterioro del hormigón al acelerar la intrusión de compuestos nocivos como cloruro, sulfato y dióxido de carbono. *El daño físico del hormigón comienza con la tinción por eflorescencia, seguida de la delaminación del mortero, desprendimiento de agregados, lo que lleva a la pérdida de propiedades mecánicas.	*Propiedades físicas del concreto. *Resistencia a la corrosión del concreto. *Propiedades mecánicas del concreto.	Experimental	*Esta investigación proporciona una visión más profunda del efecto de la WDA en el estado físico y propiedades mecánicas así como sobre la resistencia a la corrosión del hormigón. *La WDA agrava los deterioros químicos del hormigón como el ataque de cloruros, ataque de sulfatos y carbonatación. *El deterioro físico del hormigón incluye cristalización de la sal, acción de congelación-descongelación y erosión de las olas.	*Propiedades mecánicas del concreto.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620334284	ScienceDirect Scopus	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123383	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Rebar corrosion detection, protection, and rehabilitation of reinforced concrete structures in coastal environments: A review	James, A., Bazarchi, E., Chiniforush, A. A., Panjebashi, A. P., Hosseini, M. R., Akbarnezhad, A., . . . Ghodoosi, F. (10 de Noviembre de 2019). Rebar corrosion detection, protection, and rehabilitation of reinforced concrete structures in coastal environments: A review. <i>Construction and Building Materials</i> , 224, 1026-1039. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.250	El deterioro debido a la corrosión es un problema clave que afecta la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de edificios y estructuras. La mayoría de las ciudades están ubicadas en áreas costeras y muchas estructuras de concreto reforzado en estas áreas están expuestas a ambientes marinos agresivos. Este artículo de revisión identifica las pruebas para determinar el nivel de deterioro, con especial atención a los problemas de carbonatación y los ataques de iones de cloruro.	*Identificar las pruebas para determinar el nivel de deterioro, con especial atención a los problemas de carbonatación y los ataques de iones de cloruro. *Proporcionar una categorización de los métodos de solución de protección, mantenimiento y reparación, basados en estándares y códigos seleccionados de todo el mundo.	*Durabilidad. *Resistencia del concreto	Experimental	*La probabilidad de que estos compuestos reaccionen con iones cloruro presente en concreto, debe determinarse para determinar si su reacción causaría más daño. *Los métodos de solución probados recopilados de códigos estándar y los estudios ofrecen una variedad de opciones a los ingenieros para rehabilitar hormigón, de entre estos, se puede utilizar cualquier opción, dependiendo sobre los síntomas del hormigón dañado, la importancia de estructura y presupuesto.	*Resistencia mecánica del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819319208	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.250	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	R E V I S T A	DOI	A Ñ O
A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties	Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., & Fang, Z. (15 de Octubre de 2015). A review on ultra high performance concrete: Part II. Hydration, microstructure and properties. Construction and Building Materials, 96, 368-377. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095	Esta parte II revisó la hidratación, microestructura, propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y durabilidad del UHPC. Finalmente, se sugieren algunas necesidades para futuros estudios de UHPC. El curado con calor podría promover la hidratación secundaria entre las mezclas minerales y Ca (OH) 2, y se formó xonolita cuando la temperatura superaba los 250 ° C. El UHPC tiene una porosidad muy baja, especialmente bajo curado por calor. UHPC tiene un carácter de alta resistencia, rigidez y durabilidad superior, etc.	*El UHPC tiene una porosidad muy baja, especialmente bajo curado por calor. *La portlandita de UHPC es mucho más baja que la del hormigón normal. *El UHPC tiene un carácter de alta resistencia, rigidez y durabilidad superior, etc.	*Propiedades mecánicas del concreto. *Durabilidad. *Estabilidad dimensional. *Resistencia a la compresión.	E x p e r i m e n t a l	*UHPC tiene una muy baja porosidad, especialmente después del curado por calor. *A baja dinámica las presiones de vapor de equilibrio podrían suprimir totalmente la formación de productos de hidratación cristalinos. *Cuando el UHPC se cura por debajo de 90 C, el promedio C – S – H, aumenta la longitud de la cadena debido a la hidratación de los materiales aglutinantes.	*Propiedades mecánicas del concreto. Cemento HS.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095061815303147	S c i e n c e D i r e c t o r y P u b l i c a t i o n	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095	2 0 1 5

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	REVISTA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
High volume Portland cement replacement: A review	Nwankwo, C. O., Bamigboye, G. O., Davies, I. E., & Michaels, T. A. (10 de Noviembre de 2020). High volume Portland cement replacement: A review. <i>Construction and Building Materials</i> , 260. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120445	El desarrollo sostenible alimenta la necesidad de encontrar alternativos en la producción de hormigón que reduzcan la cantidad de emisiones de dióxido de carbono y utilicen materiales de desecho como cenizas volantes y escoria de alto horno granulada triturada), entre otros, se han utilizado como sustituto del cemento Portland (PC) debido a sus propiedades puzolánicas. Este artículo analiza el reemplazo de alto volumen de PC en el concreto con estos materiales de desecho en términos del desarrollo de resistencia del concreto, su efecto sobre el mecanismo de hidratación, el impacto ambiental de su uso y su relación con el cemento alcalino.	*Se han utilizado como sustituto del cemento portland ciertos desechos industriales como cenizas volantes y escoria de alto horno. *Analizar el reemplazo de alto volumen de PC en el concreto. *La necesidad de encontrar aglutinantes alternativos es alta, con un sostenible desarrollo y consideraciones para una economía circular.	*Resistencia del concreto. *Durabilidad	Experimental	*Resistencia del concreto. *Durabilidad	ScienceDirect - Scopus	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820324508	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120445	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTAS	DOI	AÑO
Influence of water to cement ratio on the efficiency of internal curing of high-performance concrete	Zhutovsky, S., & Kovler, K. (30 de Julio de 2017). Influence of water to cement ratio on the efficiency of internal curing of high-performance concrete. Building And Construction , 144, 311-316. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.203	La tecnología de curado interno se ha desarrollado como un método para la reducción del agrietamiento en hormigones de alto desempeño. En esta investigación se estudió el curado internamente mediante agregado ligero saturado de agua. También se ensayaron la resistencia, la contracción por secado libre y la pérdida de masa de estos hormigones. Los resultados experimentales demuestran que la relación agua / cemento tiene un impacto considerable en el potencial de fisuración del hormigón curado internamente.	*Se ensayaron la resistencia, la contracción por secado libre. *La tecnología de curado interno se ha desarrollado como un método para la reducción del potencial autógeno de contracción y agrietamiento en hormigones de alto desempeño.	*Resistencia a la contraccion. *Pérdida de masa.	Experimento	*La aplicación de curado interno en hormigones fabricados con baja proporción de agua a/c, especialmente por debajo de 0.30, resultó en reducción de la sensibilidad al agrietamiento y reducción de la contracción por secado. *El curado interno tiene un efecto adverso sobre la resistencia a la compresión en edades tempranas, pero este efecto disminuye con la edad.	*Resistencia a la compresion del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817305871	Science Direct	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.203	2017

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMA S (Indicadores)	M É T O D O	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	RE V I S T A	DOI	A Ñ O
Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems: Linking laboratory and field performances	Tiburzi, N. B., Garcia, J., Drimalas, T., & Folliard, K. J. (30 de Julio de 2020). Sulfate resistance of portland-limestone cement concrete systems: Linking laboratory and field performances. Construction and Building Materials, 250. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118750	El trabajo presentado en este documento comprende un extenso programa de pruebas sobre la resistencia de los sistemas de hormigón de cemento portland-caliza (PLC) al ataque externo de sulfatos. Se evaluaron varios parámetros de la mezcla, a saber, el contenido de piedra caliza entre molidos, y el nivel de reemplazo, en una amplia gama de condiciones experimentales diseñadas para vincular, replicar y predecir el rendimiento de laboratorio y de campo. Los resultados presentados han resaltado el papel que juegan los parámetros experimentales en el proceso de degradación.	*Los resultados presentados han resaltado el papel que juegan los parámetros experimentales en el proceso de degradación. *Desarrollar un procedimiento que proporcione una mejor correlación con el desempeño real en el campo de las estructuras de concreto.	*Resistencia a la corrosión. *Resistencia del concreto. *Durabilidad	Experiencial	*Se han completado los sistemas de hormigón para el ataque externo de sulfatos. *Se evaluaron varios parámetros de la mezcla, a saber, el contenido de piedra caliza entre el suelo, el contenido de C3A y el tipo de SCM y el nivel de reemplazo.	*Resistencia a la compresión y corrosión.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820307558	Scientific	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118750	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	REVISTA	AÑO
Crack growth prediction of cement-based systems subjected to two-dimensional sulphate attack	Yi, C., Chen, Z., & Bindiganavile, V. (20 de Octubre de 2019). Crack growth prediction of cement-based systems subjected to two-dimensional sulphate attack. <i>Construction and Building Materials</i> , 222, 814-828. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.187	Este artículo investiga numéricamente el comportamiento de difusión-reacción bidimensional de iones sulfato en materiales a base de cemento. Además, se propone un modelo predictivo para pronosticar el crecimiento de grietas en estructuras hechas con materiales cementosos expuestos a un ambiente adverso de sulfato. El análisis estocástico confirma que el cemento Portland resistente al sulfato otorga una alta confiabilidad incluso después de una exposición prolongada, mientras que un cemento Portland ordinario o mezclado con cenizas volantes presenta un riesgo de falla a su debido tiempo.	*Se propone una función de estado límite basada en la durabilidad y un modelo predictivo para pronosticar el crecimiento de grietas en estructuras. *El análisis estocástico confirma que el cemento Portland resistente al sulfato otorga una alta confiabilidad.	*Durabilidad. *Resistencia a la corrosión.	Experimental	*La fase de reacción y la fase de difusión, parecen influir más significativamente en la formación y crecimiento de grietas inducidas por sulfatos en el hormigón. *Se comprueba también que, una vez iniciado el agrietamiento se vio que la porosidad tiene un papel limitado en el crecimiento adicional de grietas inducidas por sulfatos.*Basado en el análisis estocástico, la probabilidad de falla es la más alta para el cemento Portland Tipo GU, seguido por el de el Blend IC.	*Muestra la resistencia a la corrosión de sulfatos y cloruros	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819316162	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.187	Construction Materials	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Durability of calcium aluminate and sulphate resistant Portland cement based mortars in aggressive sewer environment and sulphuric acid	Khan, H. A., Castel, A., Khan, M. S., & Mahmood, A. H. (Octubre de 2019). Durability of calcium aluminate and sulphate resistant Portland cement based mortars in aggressive sewer environment and sulphuric acid. Cement and Concrete Research. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105852	Este estudio tiene como objetivo comparar el rendimiento del mortero de cemento Portland (SRm) resistente al sulfato (SR) y los morteros de cemento de aluminato de calcio (CACm) tanto en un entorno de alcantarillado natural como en ácido sulfúrico. Las muestras se extrajeron después de 12 y 24 meses de exposición en el campo. Los resultados mostraron que el CACm general se desempeñó significativamente mejor que el SRm en el ambiente de alcantarillado en el sitio.	*Las muestras se extrajeron después de 12 y 24 meses de exposición en el campo. *El pH de la superficie se estimó después de 12 y 24 meses de exposición en el campo. *La cristalización del yeso dentro de la matriz de ambas mezclas fue el factor principal detrás del deterioro.	*Pérdida de masa. *Resistencia a la compresión. *Expansión lineal.	Experimental	*CACm tuvo un rendimiento significativamente mejor que SRm tanto en ambiente de alcantarillado y solución de ácido sulfúrico en términos de deterioro visible, pérdida de masa, reducción de la resistencia a la compresión y profundidad de neutralización. *Se pueden informar diferencias significativas en los procesos de degradación involucrados en la exposición al ácido sulfúrico y natural.	*Resistencia a la compresión de concreto y pérdida de masa por el ataque de agentes corrosivos	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S008884619301784	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105852	20 19

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Potential accelerated test methods for physical sulfate attack on concrete	Alyami, M. H., Alrashidi, R. S., Mosavi, H., Almarshoud, M. A., & Riding, K. A. (30 de Diciembre de 2019). Potential accelerated test methods for physical sulfate attack on concrete. Construction and Building Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116920	En este estudio, se evaluaron varios métodos de prueba acelerados para PSA. Esto se logró probando mezclas de concreto en inmersión parcial y total en soluciones de sulfato de sodio, temperatura y ciclos de humedad relativa. Se utilizaron un total de nueve mezclas de concreto hechas de tres tipos de cemento Portland en tres proporciones diferentes de agua a cemento (a / c). La prueba de muestras completamente sumergidas en una solución de sulfato de sodio al 30% dio la mayor pérdida de masa, pero el daño se localizó en el tercio inferior de las muestras.	*Se utilizó un total de nueve mezclas de concreto hechas de tres tipos de cemento Portland en tres proporciones diferentes de agua a cemento (a/c). *Los resultados mostraron que una solución de sulfato de sodio al 5% estaba demasiado diluida, mientras que aumentar la concentración al 10% mostró mejores resultados.	*Resistencia a los cloruros. *Durabilidad.	Experimental	*Se recomienda el uso de una solución de Na2SO4 al 10% para Prueba de PSA parcialmente sumergido para acelerar el daño, durante 8 h, esta prueba mostró patrones de daño similares a lo que sería esperado en el campo. *Las pruebas de PSA deben tener un período de tiempo más largo a temperaturas más bajas y humedades relativas más altas que a altas temperaturas y menor humedad relativa para acelerar el daño.	*Resistencia del concreto al ataque de cloruros	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819323621	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116920	2019

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	DOI	AÑO
Performance of concrete in a coastal environment	Bader, M. A. (Julio de 2003). Performance of concrete in a coastal environment. Cement and Concrete Composites, 25, 539-548. doi: https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00093-8	El desempeño de las probetas de concreto expuestas al ambiente de cloruro y sulfato altamente concentrado se evaluó midiendo la difusión de cloruro y la reducción en la resistencia a la compresión debido al ataque de sulfato. Los resultados indicaron que los parámetros de diseño de la mezcla, como la relación agua / cemento y el contenido de cemento, afectaron significativamente tanto la difusión de cloruro como la resistencia a los sulfatos del hormigón.	*Evaluar probetas de concreto expuestas al ambiente de cloruro y sulfato altamente concentrado, midiendo la difusión de cloruro y la reducción en la resistencia a la compresión debido al ataque de sulfato. *La resistencia a los sulfatos del hormigón se ve afectada significativamente por los parámetros de diseño de la mezcla como la relación a/c.	*Resistencia a la compresión. *Durabilidad *Resistencia a la corrosión.	Experimentales	*Se observó una marcada disminución en la difusión de cloruro en las probetas de hormigón modificadas con látex y epoxi en comparación con el hormigón acrílico modificado. *La resistencia a la compresión de las probetas de hormigón enterrado en el suelo en una zona costera era más que los curado en laboratorio. Esto se atribuye a la acelerada hidratación del cemento.	*Resistencia del concreto en un ambiente costero	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946512001163	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.05.006	2012

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Durabilidad y características de alto y ultra-alto rendimiento de concreto	Ghous, S. M., Kahraman, R., Al Nuaimi, N., Gencturk, B., & Alnahhal, W. (2021). Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes. Journal of Building Engineering, 33. doi: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101669	En esta investigación se evaluaron la resistividad del concreto, la permeabilidad rápida al cloruro, la porosidad y la resistencia a la migración de cloruro, entre otros, de estos tres tipos de concreto. Los resultados indicaron que se podría retrasar el inicio de la corrosión del refuerzo de acero. Con estos atributos positivos, se espera que estos hormigones encuentren una aplicación más generalizada en estructuras de hormigón en condiciones climáticas adversas.	Se encontró que el coeficiente de difusión de cloruro era al menos tres órdenes de magnitud más bajo en UHPC en comparación con NSC. La mejora potencial en la vida útil de las estructuras de concreto reforzado se predice utilizando el modelo de tiempo hasta la corrosión.	*Resistencia a la compresión. *Durabilidad. *Resistencia a la corrosión. *Carbonatación	Experimental	*El HPC y UHPC tienen una resistividad eléctrica muy alta, es decir, 343 kOhm.cm y 480 578 kOhm.cm, respectivamente, lo que significa que el acero tiene un riesgo de corrosión muy bajo barras de refuerzo colocadas en estos materiales. *La capacidad de absorción de HPC y UPHC estaba entre la mitad y un tercio de la de NSC. Esto podría ayudar a reducir la absorción de agua, que transporta los cloruros y otros agentes nocivos.	*Resistencia a la compresión del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710220311797	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101669	2 0 2 1

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment	Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z., & Shi, C. (2020). A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment. Cement and Concrete Composites, 113. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103695	Presenta una revisión del deterioro del hormigón bajo el ataque del agua de mar con intereses particulares en exposición de campo. La investigación reportada en la literatura ha demostrado que la salinidad del agua de mar en diferentes áreas varía considerablemente, pero el tipo de iones y su proporción son similares. *Propone un concepto de diseño de un sistema de recubrimiento de hormigón más duradero mediante la mejora de la estabilidad química de los hidratos de cemento, la autocuración rápida y el control inteligente de la alcalinidad.	*Se revisa el concreto marino como material cementante frente al deterioro de cloruros y sulfatos	*Agua de mar y posibles ataques. *Penetración de cloruro *Pérdida de fuerza. *Técnicas y enfoques para mejorar la durabilidad.	Experimental	*Las profundidades de penetración de los iones cloruro, magnesio y sulfato varían debido a las diferentes interacciones con los componentes del hormigón, que conducen a la formación de tres capas con los respectivos acumulaciones de los tres elementos: una capa delgada de capa rica en magnesio (generalmente menos de 1 mm) en la superficie del hormigón, una capa rica en sulfato (varios milímetros de espesor) en el capa externa y una capa relativamente ancha rica en cloruro que se extiende a el interior del hormigón	*Ataque de cloruros en el concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095894652030202X	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103695	2020

Fuente: Elaboración propia.

TÍTULO	REFERENCIA (cita)	RESUMEN	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODOS	CONCLUSIONES	RELEVANCIA	LINK (enlace)	REVISTA	DOI	AÑO
Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete	Yoo, D.-Y., Park, J.-J., Kim, S.-W., & Yoon, Y.-S. (13 de Abril de 2013). Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete. <i>Construction and Building Materials</i> , 41, 427-438. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.015	*Mide al HPC por diferentes pruebas para utilizarlo en concreto estructural	*Evaluar al concreto de alto rendimiento por diferentes tipos de pruebas para ser utilizado en concreto estructural	*Proponer un método adecuado para prevenir el secado de la superficie del mortero UHPFRC cuando se realiza la prueba de resistencia a la penetración. *Determinar el tiempo cero de la medición de la contracción autógena de UHPFRC. *Estimación la resistencia a la tracción y el módulo elástico de UHPFRC a una edad muy temprana y se propusieron modelos de predicción. *Se identificaron velocidades de pulso ultrasónico (UPV) en puntos característicos de hidratación del cemento. *Predicción la evolución de la resistencia y el módulo de elasticidad a una edad muy temprana utilizando la UPV.	Expérimental	*La tasa de evaporación del agua de la mezcla UHPFRC en la superficie es más grande que la del sangrado. Por tanto, la superficie del mortero UHPFRC se secó rápidamente cuando se expuso a la atmósfera. Esto resultó en que la resistencia a la penetración está sobreestimado.	*Tiempo de fraguado del concreto	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812009713	ScienceDirect - Scopus	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.015	2013

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4 – SUBTEMAS – JUSTIFICACIÓN – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

SUBTEMAS (Indicadores)	Definición / Justificación del subtema/ delimitación temporal (si aplica)	Objetivo
Dosificación del cemento HS en entornos de sulfatos y cloruros	La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, en entornos donde está presente la degradación y la corrosión es usual usar cemento Tipo V, pero para brindar un mejor rendimiento reemplazaremos el cemento Tipo V por un cemento HS que tiene puzolanas naturales en su composición química.	Reducir la dosificación de la puzolana del cemento portland Tipo HS para incrementar el tiempo de fraguado del concreto.
Relación Agua / Cemento con cemento HS en entornos de sulfatos y cloruros	La relación a/c expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el peso del cemento con lo cual tiene estrecha incidencia con la resistencia del concreto, por ello necesario su determinación utilizando un cemento HS.	Reducir la relación agua/cemento para incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto
Tiempo de fraguado del concreto con cemento HS en entornos de sulfatos y cloruros	El tiempo de fraguado es un periodo en el cual el concreto pasa de un estado fresco a un estado endurecido. Este es necesario para determinar las resistencias tempranas alcanzadas por el concreto con cemento HS.	
Resistencia a la compresión axial del concreto con cemento HS en entornos donde se presenta sulfatos y cloruros	La resistencia a la compresión axial del concreto se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, en entornos de sulfatos y cloruros la resistencia a la compresión axial del concreto se ve afectada gravemente, es por ello el uso de un cemento de performance para contrarrestar los efectos de los agentes corrosivos.	

Fuente: Elaboración propia.