

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS ADITIVOS
PARA EL CONCRETO DE ACUERDO A LA NTC 1299: 2008.



LUCAS ANDRES SEPULVEDA ACOSTA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA CIVIL
VILLAVICENCIO

2023

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS ADITIVOS
PARA EL CONCRETO DE ACUERDO A LA NTC 1299: 2008.

LUCAS ANDRES SEPULVEDA ACOSTA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Profesional en Ingeniería
Civil.

Asesor

EMIRO ANDRES LOZANO PEREZ

Ingeniería civil especialista en estructuras

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
VILLAVICENCIO

2023

Autoridades Académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. Eduardo GONZALEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCIA JARA, O. P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Mg. Luis Fernando DIAZ CRUZ

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil

Dedicatoria

A Dios por no dejarme desfallecer y siempre guiarme por el camino correcto para cumplir mis metas, siendo un fiel refugio y nunca desampararme.

A mis padres Angélica Acosta y Mauricio Sepúlveda, por haberme brindado su amor, apoyo incondicional y sacrificios constantes a lo largo de estos años, ya que debido a su dedicación han sido fundamentales para mi desarrollo personal. Su presencia constante y respaldo emocional me dieron fuerza para superar desafíos, mantenerme enfocado a pesar de los problemas y alcanzar mis metas, haciendo creer en mis habilidades.

A mi abuela Mercedes Vega por ser como mi segunda madre y siempre estar para mí, dándome su apoyo y amor. A mi abuelo Martiniano Acosta por apoyarme hasta donde más pudo, a él debo muchas de las cosas que soy hoy en día y sé que donde quiera que este, estará alegre con este nuevo logro personal. A estas dos personas hago honor por ser el pilar fundamental de la vida, sin ellos ninguno de mis logros sería posible, son sinónimo de esfuerzo, dedicación y sabiduría.

A mi novia Sofia Ortega por brindarme su amor y apoyo incondicional, siendo de gran ayuda con sus palabras de aliento y acciones animándome a cumplir cada una de mis metas.

A mis amigos, Felipe Camargo, Freddy Cruz y Luis Silva, por darme su apoyo y alentarme a cumplir mis metas, ya que han sido testigos de mis altibajos, esfuerzos y desafíos. Gracias a ellos por jugar un papel importante de igual forma.

Agradecimientos

A la Universidad Santo tomas, por formarme como profesional en Ingeniería Civil, teniendo un enfoque humanista.

A mi director de tesis Emiro Lozano, por estar pendiente de mi proceso como profesional, acompañándome en la dirección de mi trabajo de grado.

A la ingeniera Jessica Ramírez, por acompañarme en mi proceso de grado, siendo de gran ayuda su orientación y apoyo a lo largo de este proceso. Aprecio enormemente su disposición.

Contenido

	Pág.
Resumen	9
Abstract.....	10
Glosario	11
Introducción.....	12
1. Objetivos	16
1.1. Objetivo General	16
1.1.1 Objetivos específicos	16
2. Introducción.....	17
3. Estado del arte	18
3.1. Relleno fluido	18
3.2. Concreto Autocompactable	19
3.3. Concreto de baja contracción	20
3.4. Concreto Ligero.....	20
3.5. Concreto Antibacteriana.....	21
4. Metodología.....	22
4.1. Revisión bibliográfica	22
5. Desarrollo	24
5.1. Historia de los aditivos	24
5.2. Aditivos	26
6. Clasificación de los aditivos.....	27
6.1. Clasificación según la ASTM-C494	27
6.2. Clasificación según la NTC 1299.....	28
6.3. Aditivos Tipo A: Plastificante.....	29
6.4. Aditivos Tipo B: Retardante	29
6.5. Aditivos Tipo C: Acelerante	30
6.6. Aditivos Tipo D: Plastificante Retardante	31
6.7. Aditivos Tipo E: Plastificante Acelerante	31

6.8. Aditivos Tipo F: Superplastificante	32
6.9. Aditivos Tipo G: Superplastificante retarsante	33
6.10. Aditivos Tipo H: Superplastificante Acelerante.....	34
6.11. Aditivos no regulados por la Normativa Técnica Colombiana 1299:2008	35
7. Resultados	39
Conclusiones.....	41
Referencias bibliográficas	42

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	41
Tabla 2	42

Resumen

La presente monografía está principalmente enfocada en describir la clasificación reglamentaria de los aditivos, la cual se estipula en la Norma Técnica Colombiana – NTC 1299, precisando la historia y descripción de cada una de estas, de acuerdo a la normatividad vigente y establecida para los aditivos en Colombia. Por lo cual, se realizó una investigación de tipo documental con el fin de recopilar información suficiente que permita describir el antes y el ahora de los aditivos comerciales usados en el país y como se ha reglamentado su uso, además de sus propiedades fisicoquímicas en la estructura interna de la mezcla del concreto.

Palabras Clave: Aditivos, Agua, Agregados Pétreos, Cemento, Dosificación.

Abstract

This monograph is mainly focused on describing the regulatory classification of additives, which is stipulated in the Colombian Technical Standard - NTC 1299, specifying the history and description of each of these, according to the regulations in force and established for additives in Colombia. Therefore, documentary research was carried out in order to gather enough information to describe the before and now of the commercial admixtures used in the country and how their use has been regulated, in addition to their physicochemical properties in the internal structure of the concrete mix.

Keywords: Additives, Cement, Dosage, Stone Aggregates, Water.

Glosario

- **Aditivo acelerante:** Acelera el fraguado y el desarrollo de resistencia temprana del concreto.
- **Aditivo retardante:** Retarda el fraguado del concreto.
- **Aditivo reductor de agua:** Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de una consistencia dada.
- **Aditivo reductor de agua, de alto rango:** Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada en un 12% o más.
- **Aditivo reductor de agua y acelerante:** Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y acelera el fraguado y el desarrollo de resistencia temprana del concreto.
- **Aditivo reductor de agua y retardante:** Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y retarda el fraguado del concreto.
- **Aditivo reductor de agua, de alto rango y retardante:** Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada en un 12% o más y retarda el fraguado del concreto.

Introducción

Los aditivos son todos aquellos elementos o productos destinados comercialmente por sus fabricantes para el mejoramiento o potenciamiento de una o varias cualidades naturales de la mezcla de concreto o en el comportamiento ya sea en su estado fresco de fraguado o endurecido, en todas y cada una de las condiciones de servicio que permitan un control técnico sobre el estado de la mezcla. Estos productos se diseñan para ser adicionados en proporciones menores que conformen entre el 0.1% a 5% de la composición del concreto con el fin de no alterar en gran medida sus propiedades, favoreciendo los procesos constructivos en los que se involucre, haciendo que se obtengan los resultados a los que se destinan tanto industrial y comercialmente. (Cecep, Norma Técnica Colombiana, 2008).

Actualmente los aditivos son herramientas que permiten a todas las obras civiles la adquisición de concretos distintos a los tradicionales con el objetivo de favorecer los procesos constructivos, la economía del proyecto y los tiempos de construcción con un factor de desempeño mejorado en alguna o varias propiedades físicas de la infraestructura, logrando incluso que ya existan obras que exijan concretos alterados para su construcción en lugar de uno tradicional. (Sapacayo Pelaez, Rony. (2017). Aplicación del aditivo acelerante de fragua marca Per Rapid 10 y nivel de efectividad en concretos aplicables a zonas de la región Madre de Dios [Trabajo de pregrado]. Escuela de Ingeniería Universidad Alas Peruanas, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/6607>).

En el mercado de la construcción los aditivos se encuentran en estados sólidos o líquidos como pastas, polvos o partículas. De acuerdo con la normativa deben exponer sus dosificaciones, ventajas, desventajas y proceso de adición, pero aun así verificar estas cualidades a través de procesos previos pues sus cualidades deben definirse. (Cemex. Aditivos para concreto. (2020), Recuperado de <https://www.cemexcolombia.com/productos/aditivos>)

Esta monografía pretende que a partir de la descripción de los aditivos propuestos por la NTC 1299, los estudiantes tengan conocimiento, para la utilización de estos en la modificación del concreto.

Dando un punto de partida para futuras investigaciones en cuanto al ámbito académico y también abriendo la posibilidad de ser aplicados en la vida cotidiana.

Formulación del problema

El sustento teórico para toda investigación es el pilar fundamental con el que el autor o autores especifican el campo académico que van a tratar y las teorías que defienden en un principio ya que los argumentos que se disponen a tratar tienen un antecedente científico suficiente para ser tomados en cuenta sin que su veracidad sea puesta a prueba.

Al presentar a través de un marco teórico todo el conglomerado de teorías que demuestran que el autor domina el tema que va a tratar a lo largo del desarrollo de la investigación es importante por parte de este mismo la redacción y la construcción completa para que no pierda la credibilidad de su persona y de esta manera su trabajo sea completamente aceptado sin duda alguna por parte de la academia que evalúa su proyecto y se garantice su puesta en escena en los anaqueles físicos y/o virtuales de las bibliotecas académicas propias de la organización o revista que sirve como jurado de la misma.

La facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás de Aquino tiene un espacio único en el repositorio institucional online que habilita la organización académica para todo aquel que requiera adquirir conocimiento teórico a través de esta biblioteca. 741 tesis y trabajos de grado se encuentran disponibles en el apartado de pregrado de ingeniería civil donde entre el 2020 y lo corrido del 2021 se han subido 267 trabajos de grado que exponen como temática central al concreto.

Las investigaciones que se observan tienen como común denominador que presentan un sustento teórico muy limitado para una temática tan antigua y compleja como lo es la alteración a través de aditivos de la mezcla heterogénea del concreto.

Esta problemática radica en el repositorio institucional anteriormente mencionado ya que en este no se encuentra una diversidad de investigaciones limitando así que los estudiantes que se buscan desenvolver en esta rama investigativa de la materia prima de toda obra civil no pueda formular un sustento teórico lo suficientemente confiable como para tomar el riesgo de ser el primero en hacerlo, dirigiéndose así a través de la zona de confort que las teorías ya publicadas le puedan

ofrecer, dejando así un vacío académico lo suficientemente grande como para que en la percepción científica de los estudiantes los aditivos siempre giran alrededor de los cuatro o cinco que encuentran habilitados en sus fuentes bibliográficas más cercanas.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Realizar la caracterización de los aditivos para el concreto según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1299:2008, definiendo su influencia físico-química y ventajas.

1.1.1 *Objetivos específicos*

- Describir la funcionalidad de los distintos tipos de aditivos por tipo y/o normatividad.
- Exponer las cualidades físicas de los tipos de aditivos y su interacción con la mezcla de concreto.
- Especificar las condiciones más adecuadas para el uso de los aditivos según su tipo y su acción.

2. Introducción

De acuerdo con García, 2017, el concreto se define como una mezcla de cemento Portland, agregado fino, grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. García Chambilla. (2017), Recuperado de <https://es.slideshare.net/NaydiChingaGarcia/propiedades-del-concreto-53937506>

La importancia del concreto la describen muchos autores como Pérez a través de la resistencia, versatilidad, maleabilidad, durabilidad y economía, produciendo así que sea el material alrededor del globo más utilizado cuando a la creación de obras civiles se refiere. Pérez, p. (2017) Catálogo de cualificaciones sector construcción. Recuperado de https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-08/caracterizacion-sector-construccion.pdf.

Por lo dicho, el motivo de llevar este estudio documental, es el concreto y el conjunto de elementos naturales que a través de una mezcla heterogénea logra obtener unas características precisas que se fundamentan en las obras civiles que nos rodean en la época industrial avanzada desde su inicio en los 1700, en esta monografía se trató específicamente el conocimiento teórico existente reglamentado por El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (NTC) y Certificación para la temática sobre los aditivos dirigidos al concreto, su historia, clasificación, dosificación y uso, todo esto con el fin de ser un documento clave para futuras investigaciones en donde se tenga en cuenta y así de esta manera los estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomas de Aquino en el momento de desarrollo de un proyecto de investigación cuya temática principal sea la alteración de la mezcla tradicional de concreto a través de la adición de un componente en búsqueda de la optimización de una cualidad natural de la mezcla o la adición de una nueva natural del aditivo lo tengan en cuenta.

Todo lo incluido en este documento se expresa bajo los lineamientos de la NTC 1299 del 16 de diciembre de 2008 en su cuarta actualización.

3. Estado del arte

De acuerdo con Marco Vitrubio, uno de los antecedentes mejor documentados sobre los aditivos es en la estructura del Opus Caementicium Romano, se nombra un polvo que se encontraba en las áreas circundantes del monte Vesubio, que permitía que la estructura lograra aumentar la velocidad en la que la mezcla llegara a su fase endurecida incluso bajo el agua, ya que en estos tiempos (alrededor del 27 a.C.), el endurecimiento de los materiales se veía retrasado por la reacción de los compuestos de calcio con el dióxido de carbono, esta estructura fue uno de los mayores avances tecnológicos en materia de soportes estructurales masivos, clasificado junto al coliseo, el panteón o el puente de la Guardia. Sika (2020), Recuperado de <https://col.sika.com>.

Este fue un avance que se difundió en todo el alcance de la influencia romana que dio nacimiento a acueductos, fortalezas, puertos, puentes y muchas estructuras que en aquel entonces eran el avance que dieron pie al desarrollo de la civilización moderna.

Desde este primer registro son innumerables los concretos que tomaron historia en el desarrollo de las mezclas alteradas, para esta monografía se enuncian como antecedentes documentales los siguientes:

3.1. Relleno fluido

Este tipo de concreto es un material autocompactable de resistencia baja pero controlada, usada como relleno cementante compactado, dosificado en masa y entregado a obra en estado de mezcla fresca con fluidez que permite asentamientos mayores a 20 cm; Es un Sustituto del suelo, con características mejoradas comparándose con un relleno tradicional en comportamiento de estado endurecido, para alcanzar estas características modifica sus propiedades valiéndose de aditivos tales como súper plastificantes, reductores de agua y acelerantes de fraguado, con el fin de que se tenga una mayor fluidez y trabajabilidad, asimismo de acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento, como de reducir la cantidad necesaria de agua en la mezcla del concreto. Las ventajas propias de este tipo de concreto son las siguientes:

- Fácil excavación.
- Sin necesidad de compactación.
- Sin necesidad de curado.
- Relleno absoluto en cepas y cavidades.
- Secciones menores de excavación.
- Reducción de costos y tiempos de trabajo.

3.2. Concreto Autocompactable

Este tipo de concreto es aquel que se diseña con el objetivo de prescindir en totalidad o en gran medida del uso de vibradores en el vaciado de elementos estructurales, haciendo uso de aditivos que ayudan a reducir la dosificación de agua y la viscosidad, con el fin de que el concreto tenga una mayor fluidez y evitar la segregación de los componentes, teniendo condiciones óptimas tales como que la cimbra se estanque y calafateada (evitar pérdidas) se puede colocar este tipo de concreto en pisos industriales, losas de entrepiso, elementos densamente armados, entre otros.

Las ventajas propias del uso de este concreto son las siguientes:

- Se elimina el curado a vapor en relaciones de agua cemento bajas.
- Se pueden adquirir resistencias altas en cortos periodos de tiempo en relaciones de agua cemento bajas.
- Posibilidad de ser vario color.
- Prescindir del resanado en superficies.
- Compactación en cimbras por propio peso.
- Reducción en costos y tiempos de trabajo al anular el uso de vibradores.
- Distribución correcta sin necesidad de personal activo aún en armados densos.

3.3. Concreto de baja contracción

Concreto endurecido que mantiene una estructura volumétrica estable cuyas deformaciones pueden ser predichas en cualquiera de sus edades de servicio y una adherencia superior al concreto tradicional.

Este tipo de concreto se diseña para usos en la construcción de elementos pretensados, postensados, hangares, losas postensadas, pisos postensados, pavimentos de tráfico intenso, edificios de altura considerable y patios de maniobras; Estos se pueden mezclar con aditivos reductores de contracción cuyo objetivo es lograr lo que su nombre dice, la mínima contracción del concreto en el proceso de curado, por otro lado se da uso de aditivos expansivo y fibras, que se utilizan para mejorar la resistencia y reducir la fisuración, con el fin de aumentar la durabilidad del concreto.

Las ventajas del uso de este tipo de concretos para este tipo de construcciones son:

- Fraguado uniforme.
- Reducción en costos de reparaciones prematuras.
- Acabado simple en superficies.
- Reducción en agrietamiento y alabeo.
- Se puede delimitar por parte del diseñador la máxima tolerancia posible en contracción.
- Espaciamiento de juntas mayor.
- Permite ser vario color.
- Es opcional la aplicación de endurecedores superficiales.

3.4. Concreto Ligero

Este tipo de concreto es diseñado para la creación de elementos estructurales secundarios en obras civiles que requieran reducir la cantidad de cargas muertas o en la construcción de viviendas con aislante térmico; Debido a sus condiciones se utilizan aditivos espumantes, plastificantes y reductores de agua, estos crean un efecto en el concreto de aislamiento tanto acústico como térmico, además de dar una mejor trabajabilidad y facilitar la colocación del material y por último

reduciendo la cantidad necesaria de agua en la mezcla del concreto, con el fin de mejorar su resistencia.

Este tipo de concreto puede ser usado en la construcción de elementos como losas, muros, muros divisorios, aislantes, relleno o capa de nivelación.

Las ventajas del uso de este concreto son:

- Disminuir el peso total de la estructura.
- Disminuir las cargas muertas.
- Disminuir las cargas dirigidas a la cimentación.

3.5. Concreto Antibacteriana

Concreto tradicional que en su estado fresco se le adiciona una combinación de químicos (sólidos y/o líquidos) fungicidas y/o biosidas, que inhibe el crecimiento de nidos o colonias de bacterias u hongos tanto en la estructura interna del mismo como en su superficie, capacidad óptima para la construcción de estructuras como:

- Abrevaderos para ganado.
- Canales de agua.
- Bodegas de almacenamiento alimenticio.
- Establos.
- Granjas.
- Piscinas.
- Tanques (Albercas).
- Gimnasios, hospitales.
- Cocinas, restaurantes.

4. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de esta monografía responde a las necesidades de esta, a través de una investigación de tipo descriptiva (Reseñar los rasgos, cualidades o atributos del objeto de estudio) y documental (analizar la información escrita disponible sobre el objeto de estudio) de esta manera se construyeron dos fases de estudio que se denominaron según la etapa del proyecto que se planteó ejecutar:

4.1. Revisión bibliográfica

En la primera fase del desarrollo de la monografía se delimitó y definió el estado del arte o antecedentes de la investigación, para ello, se consultó inicialmente con el concepto de un estado del arte o antecedentes en el que se expone es el siguiente:

De acuerdo con Nancy Molina, el estado del arte es “Una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado (escrito en textos) dentro de un área específica”, por consiguiente, se realizó una recolección de documentación escrita que funcionara como conocimiento acumulado sobre la actualidad teórica de los aditivos en el concreto.

Para cumplir con esto se compuso el estado del arte de esta monografía sobre los tipos de concreto producto del uso de aditivos de acuerdo con los documentos académicos de Fabián Sierra “Estado del arte uso de polímeros en la reducción de patologías de origen químico en estructuras de concreto” y Diego Guzmán “tecnología del concreto Tomo 2: Manejo y Colocación en Obra”.

Para la segunda fase se consultó inicialmente a través de la plataforma digital del CRAI USTA en las bases de datos de acceso libre, la documentación académica más reciente correspondiente a la temática del uso y regulación de aditivos para concreto en obra civil.

Los documentos principales determinados para el desarrollo de la monografía fueron los siguientes:

- Norma Técnica Colombiana 1299 de 2008: Utiliza una clasificación específica para los aditivos en el concreto, los cuales brindan versatilidad en obra y así mitigar problemas presentados. Con el uso de cualquier aditivo se puede llegar a obtener más durabilidad, resistencia, evitar más fisuramiento, entre otras.
- Comité 212 del American Concrete Institute: Documento de producción americana que expone las clasificaciones según los materiales constituyentes, usos, reglamentaciones y dosificaciones.
- ASTM C494/C494M-05a Historical Standard: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto.
- ASTM C497 Standard Test Methods for Concrete Pipe, Concrete Box Sections, Manhole Sections, or Tile.
- ASTM C260 Specifications for Air Entraining Admixtures for Concrete.
- Diferentes tipos de aditivos para el concreto por Elgueth Ramos Cabeza.
- Generalidades y Tipos de aditivos para el concreto según la NTC 1299 de Omar Javier Silva.
- Aditivos para el concreto por Cemex Colombia.
- Aditivos para el concreto por Euclid Group Toxement.
- Concreto: Aditivos para concreto por Sika Group Colombia.
- Evaluación del uso de aditivos sobre la mezcla convencional de concreto en morteros de cemento para el aumento de su resistencia por María Carvajal y Gabriela Cortés.
- Estudio de hormigones impermeables según el origen local de materiales y la adición de aditivo impermeabilizante por Santiago Rodríguez.
- Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto por Luis Samaniego.
- Aditivos para el hormigón: Una historia de éxito por Hormigón al Día.
- Fabrico e propiedades do betão por Sousa Coutinho.

A través de la información documental y académica previamente enunciada se pudo construir todo el desarrollo de la monografía sobre aditivos que supone exponer la ejecución de este proyecto de grado con el objetivo de enunciar claramente toda la historia, descripción, usos y empleo de los aditivos según la normativa líder que rige en nuestro país.

5. Desarrollo

5.1. Historia de los aditivos

De acuerdo con la información existente los primeros indicios de uso de aditivos se remontan igualmente a los inicios del uso del concreto en la civilización romana donde se adicionaban a la mezcla de concreto de cal y puzolana ingredientes como clara de huevo, manteca de cerdo, leche y sangre de toro con el fin de mejorar la trabajabilidad del material en su uso de concreto o mortero. La aparición del cemento tipo Portland y el desarrollo del hormigón armado a mediados del siglo XIX trajo consigo los procesos de fraguado con cloruro de calcio, proceso por primera vez mencionado en 1873 y patentado en 1885. A finales de siglo fueron Candlot y Dyckerhoff que a raíz de la problemática de la duración del fraguado y la poca permeabilidad causada por la inexistencia del vibrador y lo rudimentario de los procesos constructivos de colocación en obra, lograron desarrollar la cal grasa como aditivo del concreto para el mejoramiento de la plasticidad de este.

El desarrollo de las patentes se desencadena en el transcurso del siglo XX con la primera patente del lignosulfonato como plastificante en Inglaterra, continuando con los aditivos a base de naftaleno sulfonato usados como superplastificantes en 1938 en Estados Unidos. La aparición del primer aditivo cuya estructura era la química sintética se remonta al año 1930 en Estados Unidos con la aparición del dispersante para pavimento de concreto de pigmentación negra uniforme de humo.

Las necesidades de desarrollo de aditivos para el concreto se vieron incrementadas tras los problemas de durabilidad que presentaban las carreteras en este material tras los procesos de congelación y deshielo que se presentaban en los ciclos de invierno en Estados Unidos, donde la ciencia respondió con la aparición de los aditivos incorporadores de aire tras el uso de un agente de molienda que en su estructura física interna contenía surfactantes que producían pequeñas cantidades de burbujas de aire en el concreto reduciendo así los daños por los procesos de deshielo en el pavimento.

Los primeros aditivos reductores de agua nacieron en la década de los 60 gracias a los procesos de producción de celulosa, puesto que en los residuos industriales de esta práctica se hallaron los lignosulfonatos que gracias a la gran cantidad de azúcar en su estructura lograban en la mezcla retardo en el fraguado y adición de aire. Alemania y Japón ayudan a construir la realidad de los aditivos tras el desarrollo de los superplastificantes que ofrecían hasta en un 40% la reducción del agua en el concreto y la incorporación de cualidades como la baja tensión de fluencia y la baja viscosidad plástica. Es en 1964 que Japón logra los aditivos NSFC (base de Naftaleno Sulfonato Formaldehído Condensado) que incorporan a la mezcla una increíble reducción del agua, por lo tanto, un concreto con mayor resistencia.

Nuevamente la nación nipona es quien adecua, a finales de la década de los 80, una nueva formulación aditiva en el mercado con la aparición de los superplastificantes PCE (policarboxilato poliésteres) que a diferencia de la estructura de los NSFC y MSFC (Melamina) su estructura permite variaciones internas dependiendo la aplicación que disponía la mezcla a través de parámetros moleculares tales como su cadena molecular, la frecuencia, tamaño y composición de los anexos propios de las cadenas laterales con la cadena principal.

Es en el siglo XXI que toma puesta en escena después de años de estudio los aditivos de poli carboxilato con efecto de alterador de viscosidad que permiten que la mezcla de concreto tradicional evolucione a la nueva tecnología denominada concretos fluidos o Concreto de Fluidéz Controlada, una tecnología que reduce los costos de construcción al permitir el uso de agregados pétreos de mayor tamaño reduciendo la cantidad de finos. De igual manera se desarrolla la familia de aditivos lubricantes para agregados, que son polímeros que se adhieren a las capas externas de los agregados pétreos tradicionales de la mezcla de concreto recubriendo sus paredes reduciendo la fricción interna entre estos en la fase del bombeo, reduciendo la presión y permitiendo que la viscosidad del agua no se vea alterada.

Así mismo, es en los últimos tiempos que en el desarrollo de aditivos se han incorporado los materiales plásticos y tecnologías que permiten aditivos más sofisticados que se desarrollan con el objetivo de ayudar a los fines medioambientales que se definen por las organizaciones gubernamentales, pero al mismo tiempo bajo las necesidades de la construcción moderna.

5.2. Aditivos

Los aditivos son todas aquellos productos o sustancias comerciales avaladas normativamente ya sean orgánicas o inorgánicas, fabricadas con el fin de ser incorporadas en una tasa porcentual no superior al 5% de la masa total de la mezcla tradicional del concreto (agua, cemento y agregados pétreos) para lograr la modificación de una o varias cualidades del concreto o en su defecto la adición de una cualidad propia de las características del aditivo. (Escuela Ingeniería en Construcción, s.f.)

Los fabricantes permiten que los procesos constructivos posean información detallada de la estructura del aditivo, así como el comportamiento objetivo de la mezcla de concreto y la proporción de empleo en la misma, pero, todo uso de aditivos debe ser controlado a través de mezclas prueba para no alterar el fin estructural de la obra civil con imprevistos no moderados.

Los aditivos y su uso permiten el control adecuado de algunas propiedades del concreto como lo son las siguientes:

- Resistencia.
- Impermeabilidad.
- Durabilidad en estado endurecido.
- Tiempo de fraguado.
- Resistencia inicial de la pasta.
- Trabajabilidad en estado fresco.
- Exudación en estado fresco.

6. Clasificación de los aditivos

Desde la creación y desarrollo investigativo de los aditivos a lo largo del mundo se empezaron a implementar normativas técnicas y regulaciones que permitieran controlar los productos comerciales que se denominan aditivos para uso en obra civil con el fin de vigilar y examinar todos y cada uno de ellos impidiendo un producto no conforme que pusiera en riesgo el servicio natural de las infraestructuras. Por esto normas como la ASTM-C497, el comité 212 del ACI y la NTC 1299 de 2008 establecen las siguientes clasificaciones de aditivos.

6.1. Clasificación según la ASTM-C494

La Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials) en su publicación C494 determina siete tipos comerciales de aditivos según su función:

- Tipo A: Reductor de agua.
- Tipo B: Retardador de fraguado.
- Tipo C: Acelerador de fraguado.
- Tipo D: Reductor de agua y retardador.
- Tipo E: Reductor de agua y acelerador.
- Tipo F: Reductor de agua de alto efecto.
- Tipo G: Reductor de agua de alto efecto y retardador.

El Instituto Americano de Concreto (American Concrete Institute) en la publicación 212 de su comité clasifica a los aditivos según el tipo de material que los constituyen o los efectos que producen:

- Aditivos acelerantes.
- Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- Aditivos para inyecciones.
- Aditivos incorporadores de aire.

- Aditivos extractores de aire.
- Aditivos formadores de gas.
- Aditivos productores de expansión.
- Aditivos minerales finamente molidos.
- Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad.
- Aditivos pegantes o epóxidos.
- Aditivos químicos para reducir la expansión.
- Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas.
- Aditivos floculadores y colorantes.

6.2. Clasificación según la NTC 1299

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación a través de sus publicaciones de Normas Técnicas Colombianas en su numeral 1299 de 2008, cuarta versión, expone la siguiente clasificación para los aditivos comerciales en el territorio colombiano:

- Tipo A: Plastificante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del concreto.
- Tipo B: Retardante. Demora el tiempo de fraguado del concreto.
- Tipo C: Acelerante. Acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a edad temprana del concreto.
- Tipo D: Plastificante retardante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y retardar su fraguado.
- Tipo E: Plastificante acelerante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a una edad temprana.
- Tipo F: Superplastificante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto.
- Tipo G: Súper Plastificante retardante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y además retardar su fraguado.

- Tipo H: Superplastificante acelerante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a temprana edad.

6.3. Aditivos Tipo A: Plastificante

Los aditivos Tipo A son aditivos líquidos reductores de agua y plastificantes basados en una estructura química de lignosulfonatos modificados, que son diseñados para ser agregados a la mezcla de concreto en estado fresco durante el mezclado para mejorar potencialmente la manejabilidad y consistencia de este.

Los aditivos reductores de agua trabajan bajo el objetivo de reducir el contenido de agua en la mezcla fresca de concreto en tasas porcentuales entre el 5% y 10% con un máximo del 15% solo para concretos con criterios de trabajabilidad alta, permitiendo así que la relación agua-cemento se vea reducida mientras que se conserve la trabajabilidad. Las recomendaciones técnicas exigen una granulometría aceptable, pero en el caso de ser pobre, los reductores de agua permiten que el concreto fresco con esta calidad mejore sus capacidades y propiedades permitiendo que estos factores no sean un punto crítico para su estado de servicio.

6.4. Aditivos Tipo B: Retardante

Los aditivos tipo B retardantes son elementos líquidos empleados principalmente en los procesos constructivos para prolongar la tasa de fraguado del concreto, pero útiles también para lograr la disminución en pérdidas de asentamiento y la extensión de la capacidad de trabajabilidad de la mezcla. Este tipo de aditivos se utilizan en condiciones de puesta en las que la ejecución de la obra se encuentra en alguna o varias de las siguientes situaciones:

- Hormigonado en ambientes con temperaturas altas y alta humedad.
- Largos desplazamientos.
- Estructuras sin discontinuidades.

6.5. Aditivos Tipo C: Acelerante

Los aditivos tipo C acelerantes son elementos líquidos que generan una reacción química con el cemento, acelerando el tiempo de fraguado del concreto y desarrollo de la máxima resistencia del concreto a temprana edad. Este aditivo se utiliza en las siguientes situaciones:

- Cuando el vaciado del concreto se vaya a generar en bajas temperaturas.
- Reducción de tiempo en el desencofrado.
- Necesidad de pronto terminada principalmente en placas.
- Cuando se van a realizar estructuras presforzadas.

Por lo general los acelerantes están hechos en bases químicas de sales orgánicas e inorgánicas, principalmente se dividen en los que están compuestos de iones de cloro y los que no, el primero de estos más usado en el campo de la construcción ya que son los más eficientes; sin embargo se deben tener en cuenta las condiciones en las cuales se va a utilizar ya que estudios han demostrado que el sobre aumento de iones de cloro puede generar corrosión en la armadura, contracción por secado, oscurecimiento del concreto entre otros generando daños en la estructura, debido a esto el comité ACI 318 donde establecieron límite es para el uso de los iones de cloruro. la cual expone lo siguiente:

“Para el concreto no preesforzado, la cantidad máxima de iones cloruro solubles en agua, incorporados al concreto, y medidos según la ASTM C1218M a edades que van de 28 a 42 días, dependen del grado de exposición proveniente de la fuente externa de humedad y cloruros. Para el concreto preesforzado, se aplica el mismo límite de 0.06 por ciento de iones cloruro por peso de cemento independientemente de la exposición.”

6.6. Aditivos Tipo D: Plastificante Retardante

Los aditivos tipo D son la combinación de las propiedades beneficiosas del tipo A y Tipo B logrando una mezcla con estructura interna capaz de realizar procesos plastificantes (Reducción de agua) y retardantes en un proceso de acción primaria y acción secundaria respectivamente, permitiendo a la estructura del concreto controlar potencialmente la pérdida acelerada de trabajabilidad. Este tipo de aditivos es muy usado en plantas mezcladoras debido a que se incrementa considerablemente el revenimiento de la mezcla tradicional logrando un fácil transporte y posterior colocación, especialmente en concretos prefabricados.

El aditivo Tipo D trabaja en tasas de reducción del agua casi que promedió con los devengados en el Tipo A con un 12% de reducción del agua de mezclado, logrando que los rangos de asentamiento tradicionales se mantengan y permitiéndole a la mezcla adquirir altas resistencias en cualquiera de sus edades de servicio.

Las ventajas que exponen los fabricantes de aditivos plastificantes retardantes son las siguientes:

6.7. Aditivos Tipo E: Plastificante Acelerante

Aditivo en estado líquido que se implementa en la mezcla de concreto con el fin de lograr las capacidades fusionadas de un aditivo reductor de agua y un aditivo acelerante. Esta fusión conjunta se adquiere en la pasta de concreto en estado fresco logrando la tasa porcentual más alta de los plastificantes con un 15% o superior con la habilidad de permitir la adquisición de altas resistencias en todas y cada una de las edades del concreto en estado endurecido. Sus propiedades son fácilmente adquiribles en las mezclas presentes en ambientes con temperaturas bajas facilitando su colocación.

Los aditivos Tipo E trabajan en obra mediante procesos dispersantes que le permiten a la mezcla de concreto lograr una distribución perfecta en todas y cada una de las partículas del cemento logrando una completa hidratación y por ende un efecto adherente en el cemento superior a la propiedad tradicional.

Las ventajas propias de este tipo de aditivos que se exponen por los fabricantes y avalados por los procesos normativos de la regulación ICONTEC son las siguientes:

- Reducción de la necesidad de vibrado a excepción de partes con armado denso.
- Óptima homogeneización de la mezcla de concreto en estado fresco con la adquisición de resistencias finales uniformes.
- Disminución de la contracción de los miembros de concreto.
- Disminución de la tendencia a la fisuración.
- Incremento en el ahorro de la mano de obra y el tiempo de ejecución.
- Reducción en la segregación del concreto.
- Aumentar la manejabilidad de la mezcla.
- Disminuir la contracción del concreto.
- Disminuir la permeabilidad del concreto en estado endurecido.
- Cumplir factores de dispersante en el cemento.
- Retardar los estados de fraguado del concreto, útil para transportes de larga distancia.
- Reducción del agua de la mezcla, manteniendo y optimizando la trabajabilidad de la pasta.

6.8. Aditivos Tipo F: Superplastificante

Aditivo perteneciente a la familia de los plastificantes que permite dosificaciones en la mezcla de hasta cinco (5) veces superiores sin la desventaja de alterar los tiempos de fraguado tradicionales ni el contenido de aire en la mezcla.

Al igual que los aditivos Tipo E los aditivos superplastificantes permiten que las partículas presentes de cemento en la mezcla de concreto logren una hidratación absoluta a través de sus capacidades de alto poder dispersante, incrementando el efecto adherente del concreto en tiempos de servicio.

El aditivo Tipo F funciona como su nombre lo indica bajo un sistema reductor de agua que incrementa la resistencia en todas las edades del concreto al reducir la relación agua/cemento

únicamente (bajo parámetros de fabricantes) en elementos de concreto masivo, puentes y vigas en voladizo, elementos postensados, elementos presforzados y prefabricados.

Como reductor de agua los beneficios del uso de los aditivos Tipo F permiten la reducción del 15% hasta el 18% del agua presente en la mezcla de concreto. De igual manera, cuando el aditivo Tipo F es colocado bajo bomba se permiten máximos índices de colado por unidad de tiempo permitiendo minimizar los requerimientos de mano de obra y esfuerzo.

Las ventajas que ofrecen los aditivos tipo F a la pasta de concreto, según los fabricantes son las siguientes:

- Homogeneización del concreto en estado fresco.
- Resistencias finales uniformes.
- Colocación en obra con tiempos de realización reducidos y carga en mano de obra.
- Fluida consistencia incrementando la adquisición de resistencia en las edades finales del concreto endurecido.

6.9. Aditivos Tipo G: Superplastificante retarsante

Este tipo de aditivo en estado líquido como su nombre lo enuncia es aquel que logra que la mezcla de concreto al momento de su adicción y en la etapa de estado fresco pueda reducir en más de un 12% la reducción del agua presente en simultáneo con los procesos de retardo del fraguado. Por definición técnica es un aditivo libre de cloruros, súper retardante de fraguado, superfluidificante y reductor en alto rango de agua.

El aditivo Tipo G se diseña para ser añadido a la pasta de concreto en consistencia normal para lograr conseguir fluidificar la mezcla habilitándola para los procesos de bombeo, especialmente en climas con temperaturas altas o cálidas, y facilitando su colocación al incrementar el tiempo de trabajabilidad hasta en 8 horas, variable dependiendo las temperaturas presentes en obra.

Aditivo líquido que al ser adicionado al agua de la mezcla de concreto, permite reducir en un rango comprendido entre el 12% y 18% del agua necesaria para lograr la consistencia ideal, adquiriendo un incremento al reducir la tasa agua/cemento en todas las resistencias de diseño en las edades de servicio del concreto, incrementando de manera potenciada la impermeabilidad y durabilidad al cumplir rasgos de retardante de fraguado extendiendo la trabajabilidad, proceso ideal para los empleos de concreto en transportes de larga distancia con tiempos prolongados.

Las ventajas propias que permite adquirir el uso de este tipo de aditivos son las siguientes:

- Mayor maleabilidad de la mezcla.
- Facilita el bombeo de la pasta de concreto.
- Logra que la trabajabilidad de la mezcla se logre fácilmente en cualquier condición de temperatura.
- Reduce las denominadas juntas frías en el control de altos volúmenes de concreto.
- Aumento en la resistencia del concreto en edades tempranas.
- Reducción de los problemas que acarrear los transportes y vaciado en condiciones cuya temperatura es elevada.
- Reducción del sangrado y la segregación.
- Incremento en la resistencia del concreto en edades avanzadas.

6.10. Aditivos Tipo H: Superplastificante Acelerante

A diferencia del Aditivo Tipo G, el tipo H logra que la mezcla en rangos porcentuales al 12% una reducción del agua presente en la mezcla, pero acelerando los tiempos de fraguado en simultáneo con la adquisición de la resistencia en edades tempranas de servicio del concreto. Estos aditivos son fabricados y diseñados químicamente para permitir una optimización en las actividades de dispersión, pero con efectos de corta duración.

El uso de estos aditivos reductores de agua y acelerantes optimizados son determinados para único uso en elementos prefabricados, como vigas y pilotes, y concreto lanzado, debido a que su

estructura interna permite alcanzar en la mezcla hidrataciones absolutas máximas y resistencias mecánicas con valores superiores al de una mezcla tradicional.

Las ventajas que ofrece este tipo de aditivos son las siguientes:

- Incremento de las resistencias de los elementos en concreto en sus edades finales.
- Alto grado de homogeneización en estado fresco de la mezcla, permitiendo la adquisición de valores de resistencia uniformes.
- Reducción entre el 15% y 18% del agua con relación al testigo.
- Reducción en el taponamiento que se pueda presentar en las bombas
- Reducción de la presión de trabajo de las bombas.

6.11. Aditivos no regulados por la Normativa Técnica Colombiana 1299:2008

Existen ciertos tipos de aditivos que no se encuentran en la clasificación de la NTC 1299 pero que se comercializan normalmente en el mercado, donde a pesar de poseer respaldo científico, no logran su inclusión en la normativa por lo que su uso por parte de las obras civiles son meramente responsabilidad del fabricante y el cliente. Estos pueden ser los siguientes:

➤ Aditivos estabilizadores:

Los aditivos estabilizadores son productos “novedosos” en el mercado, su efecto principal es en estado fresco de la mezcla de concreto específicamente sobre la fluidez de este a lo largo de su tiempo de servicio. Los estabilizadores cumplen requerimientos propios del transporte, bombeo, manipulación y consolidación al incrementar la trabajabilidad y los asentamientos de la pasta en rangos de tiempo extendidos en climas incluso con altas temperaturas.

➤ Inhibidores de corrosión:

Los aditivos inhibidores de corrosión no responden en totalidad a su nombre comercial, en realidad son aditivos retardantes de corrosión. Este tipo de aditivos responden a la necesidad de disminuir

la tasa de propagación de la corrosión que se presentaría en condiciones normales del concreto, permitiendo así que la vida normal de servicio de la estructura se duplique y hasta triplique.

➤ Activadores:

Los aditivos activadores son adiciones minerales naturales o artificiales tales como puzolanas, cenizas volantes, humo de sílice, etc. para sustituir el cemento para lograr ventajas tales como:

- Disminución de la generación de calor en la mezcla.
- Mejoramiento de la hidratación.
- Prevención de la reacción álcali-agregado.
- Protección ante la expansión por sulfatos.
- Aumento en la impermeabilidad.
- Reducción de la permeabilidad al ion cloruro.

➤ Uso de los aditivos:

Las aplicaciones más frecuentes en las que los aditivos toman acción son las siguientes:

- Bombeo de concreto a elementos que se encuentran a gran altura.
- Colados en climas con temperaturas bajas para la obtención de concretos resistentes ante los posibles efectos de congelamiento.
- Construcción de tanques, cisternas o equipos de almacenamiento similares en el que se vea necesario el uso de impermeabilizantes.
- Procesos constructivos que requieran un correcto, eficiente, eficaz y efectivo anclaje de equipos, herramientas y maquinaria para proporcionar estabilidad en las piezas por anclar.
- Reparación de piezas o estructuras dañadas donde se deba obligatoriamente ligar concreto nuevo.

Es de recalcar que el uso de aditivos en general por normativa y disposición de los procesos del fabricante se utilizan para lograr modificar la estructura del concreto y adecuarlo a las necesidades de la obra en las que tendría dificultades con las características tradicionales de su mezcla. De igual manera, todo uso de aditivos se debe fundamentar a través del conocimiento previo de los requerimientos de los procesos constructivos de la obra, las condiciones del ambiente para lograr definir el producto más adecuado para satisfacer estas necesidades y lograr estructuras aptas para el uso continuo y duraderas.

➤ Importancia de los aditivos:

Como todos los procesos en los que se involucra la adecuación de un proyecto de obra civil se deben tener en cuenta los llamados clientes del proyecto o partes interesadas, los aditivos logran una importancia colectiva en los constructores, para los arquitectos, ingenieros, fabricantes de concreto, para los contratistas y para con la propiedad, estas son:

- Aumento en la homogenización de la estructura.
- Diseños arquitectónicos originales y viables estéticamente.
- Diseños estructurales aptos para ambientes agresivos.
- Mayor bombeabilidad.
- Mayor control en el fraguado y la adquisición de las resistencias en todas las edades del concreto.
- Mejoramiento de las características de elementos prefabricados.
- Permitir lograr acabados con mayor consistencia y definición.
- Posibilidad de vaciado en temperaturas bajas.
- Puesta en obra con tiempos reducidos y volúmenes mayores.
- Reducción de costos en servicios técnicos.
- Reducción en costos de mano de obra.
- Reducción en la variabilidad de la dispersión en la consistencia de la mezcla.
- Reducción en los cambios que pueden ocurrir en la composición del concreto.
- Reducción en los costos de producción.

- Reducción en los plazos de ejecución.
- Suministrar concretos con características especiales y suministros de larga distancia.

7. Resultados

Tabla 1

Resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Historia de los aditivos	Evolución de los aditivos	Objetivo específico 1
Clasificación internacional de aditivos	Tipos de aditivos según ASTM, ACI y NTC	Objetivo específico 2
Descripción del funcionamiento de los aditivos para Colombia según NTC 1299:2008	Caracterización	Objetivo específico 3
Descripción de las ventajas que provee los distintos tipos de aditivos a la mezcla de concreto	Ventajas según fabricante	

Nota. Esta tabla demuestra el resultado e impacto que genera la investigación “Revisión bibliográfica de la caracterización de los aditivos para el concreto de acuerdo a la NTC 1299:2008.

Tabla 2*Impactos*

Aspecto	Impacto	Plazo
Académico	Base teórica para la construcción de proyectos de investigación basados en el desarrollo de aditivos para el concreto	Corto

Nota. Esta tabla demuestra el resultado e impacto que genera la investigación “Revisión bibliográfica de la caracterización de los aditivos para el concreto de acuerdo a la NTC 1299:2008.

Conclusiones

Los aditivos son elementos que han estado siempre de la mano de los procesos constructivos en los que se involucra el uso del concreto porque como se observa en el desarrollo de esta monografía son indispensables en algunos casos específicos para lograr un endurecimiento de los miembros estructurales, la reducción en la cantidad de agua, el incremento de la trabajabilidad, entre otras propiedades ventajosas pues así se obtiene una relación calidad-precio en la creación de las infraestructuras que favorece a los inversionistas, a los constructores y en el futuro próximo a los usuarios de la obra en sus tiempos de servicio.

Es importante destacar que la utilización de los aditivos en el concreto debe hacerse bajo la supervisión de un profesional. Además, se deben seguir las instrucciones dadas por el fabricante, puesto que ayudara a obtener un buen resultado en la mezcla del concreto, de la misma manera ayudando a garantizar la calidad del producto final.

En resumen, la utilización de los aditivos es de gran ayuda en los proyectos de ingeniería civil puesto que es una herramienta importante que le permiten al usuario obtener un concreto con características específicas requeridas para un proyecto en particular, optimizando los procesos constructivos y mejorando el resultado final.

Es a través de productos como esta monografía que desde la academia se promueve el desarrollo de nuevas tecnologías que favorecen el ámbito laboral al cual el estudiante está a pocos pasos de ingresar, en escalas incluso tan grandes como la toma en cuenta de los avances por parte de las organizaciones que regulan a tal punto de estructurar un nuevo tipo o proceso que sienta las bases de una nueva ola de desarrollos para uso y beneficio de la ingeniería civil y sus productos socioeconómicos.

Referencias bibliográficas

- Cement & Concrete Institute. (2006). Los aditivos para concreto en seis pasos. Revista Construcción y tecnología. 33-38. <http://www.imcyc.com/revistact06/julio06/TECNOLOGIA.pdf>
- Cemex. (2020). Aditivos para concreto. <https://www.cemexcolombia.com/productos/aditivos>.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association. https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_Steven_H_Kosmatka_Beatriz_Kerkhoff_and_William_C_Panarese_1ra_Edici%C3%B3n
- López Machado, H. (1986). Aditivos para concreto. [Tesis profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM]. Repositorio. <http://132.248.9.195/pmig2018/0029558/0029558.pdf>
- Meza, J. (2019). Determinación y evaluación de patologías del concreto en columnas, vigas y muros de albañilería confinada [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. Repositorio. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/19502>.
- PSI Concreto. (2020). Aditivos para concreto: claves para aumentar el desempeño de tu elemento. <https://psiconcreto.com/aditivos-para-concreto/>.
- Roncero, J., & Magarotto, R. (2008). Control efectivo de los parámetros reológicos del hormigón mediante el empleo de aditivos modificadores de viscosidad: de la teoría a la práctica. Revista Aditivos para hormigón y mortero. (922). <https://cemento-hormigon.com/hormigon/control-efectivo-de-losparametros-reologicos-del-hormigon-mediante-el-empleo-de-aditivos-modificadores-deviscosidad-de-la-teoria-a-la-practica/>.
- Sapacayo Pelaez, Rony. (2017). Aplicación del aditivo acelerante de fragua marca Per Rapid 10 y nivel de efectividad en concretos aplicables a zonas de la región Madre de Dios - 2017 [Trabajo de grado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio <https://hdl.handle.net/20.500.12990/6607>.
- Sena. (2019). Aplicación de aditivos, químicos e inmunizantes para el mantenimiento de partes y peso. Centro de Industria y Comercio- Regional Caldas. https://repositorio.sena.edu.co/sitios/albanileria_restauracion_edificaciones/aplicacion_aditivos.html#
- Sika Colombia. (2020). Concreto: 7. Aditivos para Concreto y morteros proyectados. <https://col.sika.com/es/manual-de-productos.html>
- Silva, O. J. (2020). Generalidades y Tipos de Aditivos para el Concreto segun la NTC 1299. Recuperado de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-y-tipos-de-aditivospara-el-concreto/>