



**Análisis comparativo del uso de diferentes aditivos químicos para concreto de la marca
MAPEI**

Juliana Ochoa Gil

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Civil

Asesores

Claudia Helena Muñoz Hoyos, Ingeniera Civil

Carlos Alberto Palacio Restrepo, Ingeniero Civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita

(Ochoa Gil, 2022)

Referencia

Ochoa Gil, J. (2022). *Análisis comparativo del uso de diferentes aditivos químicos para concreto de la marca MAPEI* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi linda familia, quienes me han apoyado incondicionalmente en todo lo que me he propuesto.

Especialmente a mi mamá y a mi abuela, quienes con su amor y dedicación me formaron y guiaron para hacer de mí una gran persona.

Profundo respeto y admiración hacia mi papá Hernán, quien me ha brindado su amor y apoyo en todo momento.

A mis compañeros y profesores, quienes me brindaron aprendizajes y consejos muy valiosos y por ayudarme a encontrar la motivación de continuar este camino tan exigente pero tan bello.

Agradecimientos

Gracias a la Universidad de Antioquia y a la Facultad de Ingeniería por permitirme estudiar y formarme integralmente como ingeniera civil.

Gracias a la empresa MAPEI Colombia por darme la oportunidad de realizar mis prácticas académicas.

Gracias a mis dos asesores de práctica, el ingeniero Carlos Palacio y la profesora Claudia Muñoz, por su entrega y paciencia para conmigo.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	12
3 Metodología	15
4 Resultados y análisis	24
4.1 Manejabilidad	24
4.2 Resistencia a la compresión	27
5 Conclusiones	30
6 Recomendaciones	31
7 Referencias	32

Lista de tablas

Tabla 1. Normas utilizadas en las pruebas.	12
Tabla 2. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M1, M2, M3, M4) 19	19
Tabla 3. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M5, M6, M7, M8) 20	20
Tabla 4. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M9, M10, M11, M12)	21
Tabla 5. Porcentaje de sostenimiento de la manejabilidad (M1, M2, M3, M4, M5, M6).....	26
Tabla 6. Porcentaje de sostenimiento de la manejabilidad (M7, M8, M9, M10, M11, M12).....	26

Lista de figuras

Figura 1. Impermeabilización y llenado de tanque para el curado de los cilindros de concreto....	15
Figura 2. Materiales para realizar las mezclas de concreto.....	16
Figura 3. Equipos para realizar las mezclas de concreto y medir los asentamientos.....	17
Figura 4. Asentamiento de las mezclas.....	22
Figura 5. Realización de los cilindros de concreto 10 cm x 20 cm.....	22
Figura 6. Curado de los cilindros de concreto.....	23

Lista de gráficas

Gráfica 1. Sostenimiento de la manejabilidad por mezcla.....	25
Gráfica 2. Porcentaje de resistencia a la compresión a los 7 días.....	28
Gráfica 3. Resistencia a la compresión (%) vs tiempo.....	29

Siglas, acrónimos y abreviaturas

A/C	Relación agua cemento
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
NTC	Norma técnica colombiana
RMC	Concreto premezclado

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar y comparar las diferentes características físicas y mecánicas adquiridas por el concreto, al momento de añadirle aditivos de la marca MAPEI, tales como los asentamientos de las mezclas y las resistencias a la compresión obtenidas en los cilindros de concreto. La evaluación se llevó a cabo realizando mezclas de concreto en el laboratorio, determinando los asentamientos en intervalos de tiempo establecidos según la consistencia buscada; además se elaboraron cilindros por cada mezcla, para luego ser enviados a un laboratorio para la falla y así determinar las resistencias a la compresión para diferentes edades de fraguado. Una vez efectuadas las pruebas con las diferentes combinaciones entre aditivos, tipos de agregados y marcas de cemento, se construyeron gráficas de asentamiento vs tiempo, se calculó el porcentaje de sostenimiento de la fluidez de cada mezcla y se hicieron gráficas de resistencias vs tiempo de curado, todo esto con el fin de deducir cuales son las ventajas y desventajas de usar los aditivos con dichos materiales, posteriormente se proponen recomendaciones de uso eficiente de los aditivos estudiados tanto para la empresa como para el cliente que los solicite. Finalmente, se dan unos resultados favorables, ya que se obtuvieron las características previstas al usar los aditivos de la marca MAPEI, altas resistencias tempranas y finales y un porcentaje alto de sostenimiento de la fluidez de las mezclas.

Palabras clave: aditivos químicos, concreto, asentamiento del concreto, fluidez del concreto, resistencia a la compresión del concreto

Abstract

The objective of this project is to analyze and compare the different physical and mechanical characteristics acquired by concrete, when using MAPEI admixtures, such as slump and compressive strength. This was carried out by making concrete samples in the laboratory, measuring slump at established time intervals according to its requirement; in addition, cylinders were made for each sample, to then be sent to a laboratory for testing to determine the compressive strength at different ages. Once tests were carried out with different admixture combinations, types of aggregates and brands of cement, graphs of slump vs. time were constructed, percentage of slump retention of each mixture was calculated, and graphs of strength vs. curing time were made, in order to analyze what the advantages and disadvantages of using the admixtures with those materials, and later recommendations were proposed for the efficient use of the studied admixtures, for both the company and the customer who requests them. Finally, favorable results were obtained, the predicted characteristics when using MAPEI brand admixtures, such as a high early and final strengths and a high percentage of slump maintenance of the mixtures.

Keywords: chemical admixtures, concrete, concrete slump, concrete fluidity, concrete compressive strength.

Introducción

El uso de aditivos químicos para el concreto es una práctica común, se utilizan para modificar las propiedades físicas del concreto, tales como, la resistencia, durabilidad y la calidad en condiciones ambientales severas durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010). Existen varios tipos de aditivos para así cumplir con los requisitos y especificaciones de cada tipo de estructura, entre los aditivos convencionales están: los aditivos plastificantes (reductores de agua), los aditivos acelerantes (aceleran el fraguado) y los aditivos retardantes (retardan el tiempo de fraguado).

MAPEI Colombia es una empresa dedicada al desarrollo, producción, mercadeo y asistencia técnica de productos químicos, sistemas y soluciones para la construcción y la industria. Tiene como uno de sus enfoques la investigación, de hecho, el 5% de la facturación anual es destinada a investigación y desarrollo, y el 70% del trabajo de investigación está dirigido al desarrollo de productos sostenibles y compatibles ecológicamente.

Entre las líneas de venta técnica de la empresa, se encuentra la línea de aditivos para concreto premezclado (sus siglas en inglés RMC), encargada de asesorar técnicamente a los clientes de grandes concreteras en el país, en cuanto a los aditivos que se deben usar según las especificaciones de cada obra. La práctica profesional del estudiante consiste en apoyar el desarrollo de información técnica de los productos de la línea RMC, además, visitar obras, acompañar empresas concreteras y brindar apoyo en las pruebas de campo, para poder aportar ideas, recomendaciones y desarrollar estrategias de cumplimiento de los objetivos de crecimiento a nivel país planteados por MAPEI Colombia.

En este documento, se exponen los objetivos a alcanzar con el desarrollo de la propuesta, que consiste en realizar pruebas de laboratorio para analizar el comportamiento físico del concreto, con la aplicación de diferentes aditivos químicos, después, se muestran los conceptos técnicos y metodológicos para realizar las pruebas en las mezclas de concreto y posteriormente las pruebas de resistencia en los cilindros de concreto a diferentes edades de curado, en un laboratorio externo; luego, se detalla la metodología planteada con las actividades que se llevarán a cabo para cumplir con los objetivos, en esta también se presentan el cronograma de las actividades propuestas y el presupuesto estimado de los recursos necesarios para las pruebas y el desarrollo del análisis. Por último, se explican y analizan los resultados que obtenidos de la ejecución del mencionado estudio.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Analizar y comparar las características físicas y de resistencia que adquiere el concreto cuando se le añaden diferentes aditivos químicos de la marca MAPEI

1.2 Objetivos específicos

- Identificar los cambios físicos y mecánicos adquiridos por el concreto cuando se le añaden aditivos químicos.
- Recopilar la información e interpretarla por medio de tablas o gráficos para poder visualizar los diferentes comportamientos de cada uno de los aditivos utilizados, en cuanto a sostenimiento de las mezclas de concreto y la resistencia de los cilindros.
- Establecer criterios técnicos para el buen uso de los aditivos y así obtener resultados eficientes para las empresas que producen concreto.

2 Marco teórico

El concreto es un material elaborado a partir de cemento portland, o cualquier otro tipo de cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), para mejorar sus propiedades físicas y su desempeño ante sollicitaciones específicas de cada obra, se usan los aditivos químicos que a su vez, pueden asegurar la calidad del concreto en condiciones ambientales extremas, durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado (Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, 2002)

Para la realización de las pruebas de concreto, se deben tener en cuenta las siguientes normas técnicas:

Tabla 1. Normas utilizadas en las pruebas.

Norma	Nomenclatura ICONTEC y ASTM
Cemento Portland – Especificaciones físicas y mecánicas	NTC 121
Especificaciones de los agregados para el concreto	NTC 174 (ASTM C33)
Agregados livianos para concreto estructural	NTC 4045 (ASTM C330)
Agua para la elaboración de concreto	NTC 3459
Aditivos químicos para el concreto	NTC 1299 (ASTM C494)
Especificaciones para aditivos químicos usados en la producción de concreto fluido	NTC 4023 (ASTM C1017)
Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto	NTC 396 (ASTM C143)
Durabilidad de estructuras de concreto	NTC 5551
Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio	NTC 1377 (ASTM C31)
Concreto fresco. Toma de muestras	NTC 454
Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto	NTC 673 (ASTM C39)

Fuente: (ICONTEC, 2022). Elaboración propia.

Considerando la tabla 1, estas son las normas que deben cumplir los materiales para su adecuada dosificación:

- Cemento: Cemento fabricado bajo la norma NTC 121 - 2014.
- Agregados: Agregado de peso normal: NTC 174.
- Agua: El agua empleada en el mezclado del concreto debe cumplir con las disposiciones de la norma NTC 3459.

- Aditivos: Los aditivos para reducción de agua y modificación del tiempo de fraguado deben cumplir con la norma NTC 1299 (ASTM C494). Los aditivos para producir concreto fluido deben cumplir la norma NTC 4023 (ASTM C1017).

Luego de revisar que los materiales cumplan con la normativa, se procede a medirlos y pesarlos y posteriormente ser mezclados en la mezcladora o trompo, al menos por 3 minutos después de que todos los materiales estén dentro, se deja reposar 3 minutos y finalmente se mezclan otros 2 minutos más.

Para el cálculo del asentamiento (grado de fluidez de la mezcla) de la mezcla de concreto se usa la norma NTC 396, que describe los instrumentos, procedimiento, y tiempo para realizar este ensayo, con este ensayo podemos conocer la manejabilidad (rango de asentamiento especificado) de la mezcla en un periodo de tiempo determinado (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010). Además, se debe tener en cuenta la durabilidad del concreto expuesto a condiciones extremas o especiales contempladas en las normas NTC 5551 y NSR2010.

Los aditivos juegan un papel muy importante en la producción del concreto, por ejemplo, para reducir la relación agua cemento (A/C), sin afectar las resistencias, para alargar el sostenimiento de la manejabilidad en caso de que el concreto se deba transportar por mucho tiempo del lugar de producción al lugar de colocación, etc. Según la tabla 1, la norma NTC 1299 describe los aditivos que modifican la plasticidad del concreto, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Tipo A. Aditivos reductores de agua.
- Tipo B. Aditivos retardantes.
- Tipo C. Aditivos acelerantes.
- Tipo D. Aditivos reductores de agua y retardantes.
- Tipo E. Aditivos reductores de agua y acelerantes.
- Tipo F. Aditivos reductores de agua de alto rango.
- Tipo G. Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes.

Aditivos para concreto fluido, según la NTC 4023:

- Tipo I. Plastificantes
- Tipo II. Plastificantes y retardantes.

En la elaboración y curado de los cilindros que se fallan para el ensayo de resistencia a la compresión, se usa la norma NTC 1377 y para la muestra de mezcla de concreto se usa la norma

NTC 454. El ensayo de resistencia a la compresión se hace siguiendo la norma NTC 673, este método consiste en la aplicación de una carga axial de compresión a cilindros o núcleos a una velocidad que está dentro de un intervalo prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la máxima carga alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal.

Nota: “Para cada mezcla de prueba deben fabricarse y curarse al menos dos probetas cilíndricas de 150 por 300 mm o tres probetas de 100 por 200 mm de acuerdo con la NTC 1377. Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para $f'c$ (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

3 Metodología

En este apartado, se describe la metodología utilizada para llevar a cabo las actividades y cumplir con los objetivos.

Primera etapa: En esta etapa se plantea la propuesta y se buscan materiales, equipos, normativa, apoyo técnico y adecuación del espacio para la realización de las pruebas. Por medio de reuniones con asesores (interno y externo) y compañeros de trabajo, se redacta la propuesta y luego se valida con la empresa y la universidad, posteriormente se contactan empresas que producen concreto para la obtención de los materiales (agregados y cemento) y finalmente se adecua el espacio para realizar las pruebas de laboratorio.

Productos: Tal y como se observa en las figuras 1, 2 y 3, se consigue un espacio para la realización de las pruebas de laboratorio y la obtención de materiales y equipos.

Figura 1. Impermeabilización y llenado de tanque para el curado de los cilindros de concreto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Materiales para realizar las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Equipos para realizar las mezclas de concreto y medir los asentamientos



Fuente: Elaboración propia.

Segunda etapa: Se realizan las pruebas de laboratorio para determinar los parámetros a estudiar y analizar, se hace uso de la normativa colombiana para llevar a cabo el muestreo y los ensayos, se miden los asentamientos de las mezclas y las resistencias a la compresión de los especímenes de concreto.

Productos: En la figura 4, se detalla el procedimiento del ensayo de asentamiento de las mezclas, luego, en la figura 5 y 6 se observa la apariencia de los cilindros de concreto y su curado posterior; finalmente estos cilindros son enviados al laboratorio para conocer la resistencia a la compresión para diferentes edades de fraguado. Con los resultados anteriores, se pueden obtener gráficas de asentamiento vs tiempo, porcentajes de sostenimiento de la manejabilidad y una gráfica de resistencia vs edad de fraguado para todas las muestras.

Para estas pruebas se proponen dos marcas de cemento, Alion ART y Argos; dos tipos de agregados, los que se usan en la empresa Industrial Conconcreto y en la empresa de concretos Tremix y se escogen tres aditivos de la marca MAPEI, plastificante retardante Mapeplast R18, superplastificante Dynamon EW2 e hiperplastificante Dynamon SR335. Además, se define una resistencia de 28 MPa y una relación agua/cemento de 0.55 para todas las muestras.

A continuación, se muestran las diferentes combinaciones de cemento, agregados y aditivos para cada mezcla, especificando además las cantidades de cada material.

Tabla 2. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M1, M2, M3, M4)

RELACIÓN A/C	0.55		PORCENTAJE ARENA		49%	PORCENTAJE GRAVA		51%
DESCRIPCIÓN DE MEZCLA	ADITIVOS		AGREGADOS			AGUA Y CEMENTO		
M1	Superplastificante Dynamon EW2 al 0.55%	55 gr	Industrial Concreto		Humedades	Alion ART(Alta resistencia temprana)	9.90 kg	
			Arena	28.72 kg	5.46%			
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.80%	80 gr	Grava	28.48 kg	0.46%	Agua	4.83 kg	
M2	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.28%	28 gr	Industrial Concreto		Humedades	Alion ART(Alta resistencia temprana)	9.90 kg	
			Arena	28.60 kg	4.88%			
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.80%	80 gr	Grava	28.60 kg	0.64%	Agua	4.94 kg	
M3	Superplastificante Dynamon EW2 al 1.00%	99 gr	Industrial Concreto		Humedades	Alion ART(Alta resistencia temprana)	9.90 kg	
			Arena	28.60 kg	4.88%			
			Grava	28.60 kg	0.64%	Agua	4.94 kg	
M4	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.70%	70 gr	Industrial Concreto		Humedades	Alion ART(Alta resistencia temprana)	9.90 kg	
			Arena	28.60 kg	4.88%			
			Grava	28.60 kg	0.64%	Agua	4.94 kg	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M5, M6, M7, M8)

RELACIÓN A/C	0.55		PORCENTAJE ARENA		49%	PORCENTAJE GRAVA		51%
DESCRIPCIÓN DE MEZCLA	ADITIVOS		AGREGADOS			AGUA Y CEMENTO		
M5	Superplastificante Dynamon EW2 al 0.50%	50 gr	Industrial Concreto		Humedades	Argos	9.90 kg	
			Arena	29.40 kg	3.60%			
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.60%	60 gr	Grava	27.40 kg	0.53%	Agua	5.30 kg	
M6	Superplastificante Dynamon EW2 al 1.00%	99 gr	Industrial Concreto		Humedades	Argos	9.90 kg	
			Arena	29.40 kg	3.60%			
			Grava	27.40 kg	0.53%	Agua	5.30 kg	
M7	Superplastificante Dynamon EW2 al 0.50%	50 gr	Tremix		Humedades	Argos	9.90 kg	
			Arena	29.70 kg	4.70%			
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.60%	60 gr	Grava	27.40 kg	0.50%	Agua	5.00 kg	
M8	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.20%	20 gr	Tremix		Humedades	Argos	9.90 kg	
			Arena	29.75 kg	4.70%			
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.60%	60 gr	Grava	27.44 kg	0.50%	Agua	5.00 kg	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resumen de los materiales utilizados para las mezclas de concreto (M9, M10, M11, M12)

RELACIÓN A/C	0.55		PORCENTAJE ARENA	49%	PORCENTAJE GRAVA	51%	
DESCRIPCIÓN DE MEZCLA	ADITIVOS		AGREGADOS			AGUA Y CEMENTO	
M9	Superplastificante Dynamon EW2 al 0.35%	35 gr	Tremix		Humedades	Argos	9.90 kg
			Arena	29.80 kg	4.70%		
			Grava	27.50 kg	0.50%	Agua	5.00 kg
M10	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.06%	6 gr	Tremix		Humedades	Alion ART (Alta resistencia temprana)	9.90 kg
	Plastificante y retardante Mapeplast R18 al 0.60%	60 gr	Grava	27.40 kg	0.40%		
M11	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.20%	20 gr	Tremix		Humedades	Alion ART (Alta resistencia temprana)	9.90 kg
			Arena	29.00 kg	2.00%		
			Grava	27.45 kg	0.40%	Agua	5.80 kg
M12	Hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.20%	20 gr	Tremix		Humedades	Argos	9.90 kg
			Arena	29.00 kg	2.00%		
			Grava	27.48 kg	0.40%	Agua	5.80 kg

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Asentamiento de las mezclas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Realización de los cilindros de concreto 10 cm x 20 cm



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Curado de los cilindros de concreto



Fuente: Elaboración propia.

Tercera etapa: En esta etapa se realiza un análisis comparativo de los resultados, gráficas y tablas elaboradas, se destacan las ventajas y desventajas de cada combinación posible, considerando las variaciones en el tipo de agregado, marca del cemento y los aditivos utilizados.

Productos: Informe con criterios técnicos acerca del uso eficiente de los aditivos, características y recomendaciones.

4 Resultados y análisis

4.1 Manejabilidad

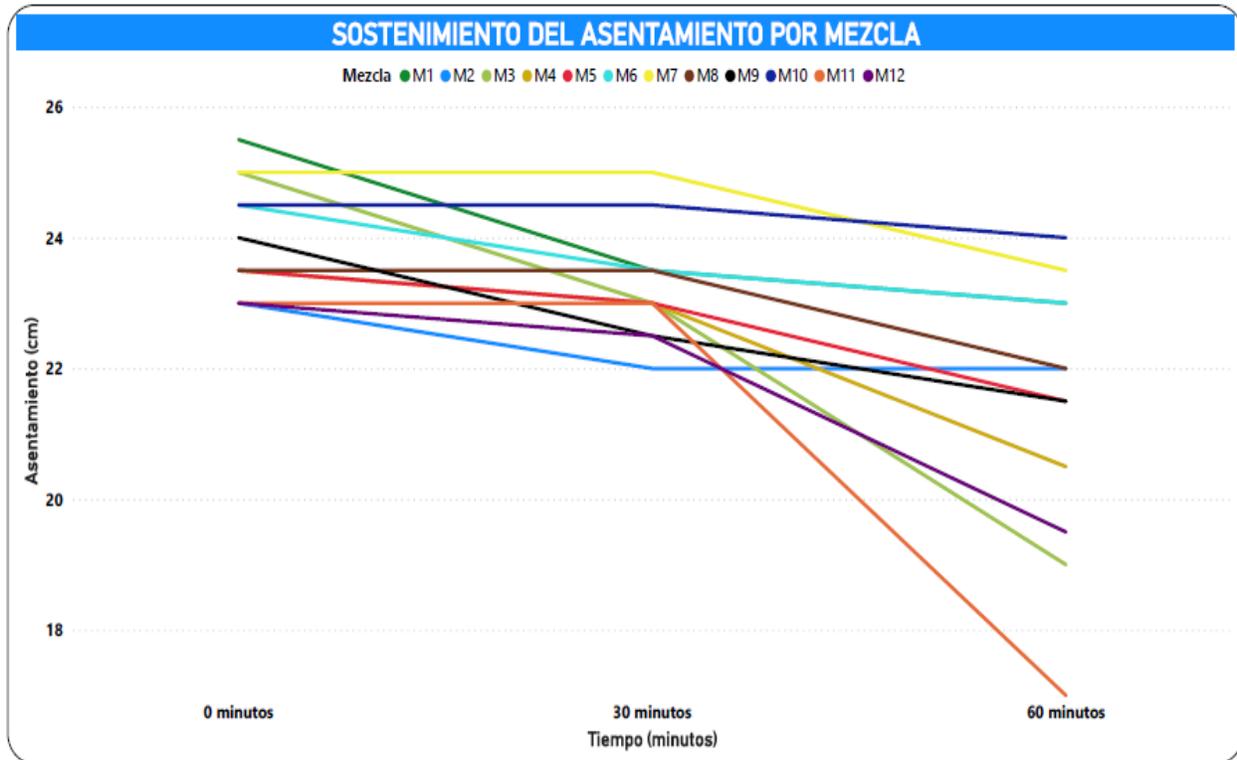
Se observa que la mezcla 10 tiene un mayor sostenimiento de la manejabilidad buscada; los materiales añadidos a esta mezcla son: agregados de la concretera Tremix, cemento Alion ART, y la combinación del aditivo hiperplastificante Dynamon SR335 al 0.06% con el plastificante retardante Mapeplast R18 al 0.6%. Como resultado, la mezcla se sostuvo en una hora un 97.96%, pasando de un asentamiento inicial de 24.5 cm a un asentamiento final de 24 cm, tal y como se detalla en la tabla 6.

Ahora bien, las otras combinaciones de aditivos también son buenas en cuanto al sostenimiento de la manejabilidad de las mezclas, estando por encima del 80%, exceptuando las mezclas 3 y la mezcla 11, esto debido a que los aditivos de la línea Dynamon no se combinaron con el aditivo Mapeplast R18, esto se ve reflejado en sostenimientos más bajos.

También, si se comparan las mezclas 11 y 12, en estas, se utiliza el mismo aditivo (Dynamon SR335) en la misma cantidad, pero cambia la marca del cemento, lo mismo ocurre con las mezclas 3 y 6, se les añade el mismo aditivo (Dynamon EW2) pero también se modifica la marca del cemento. Por lo tanto, no utilizar el aditivo retardante sumado al cambio de la marca de cemento, puede afectar el sostenimiento de dichas mezclas.

Así mismo, el sostenimiento de las mezclas 1 y 5, las cuales tienen sostenimientos del 90.2% y del 91.5%, respectivamente, aun teniendo en cuenta la reducción del aditivo Mapeplast R18 en la mezcla 5, se puede evidenciar que el sostenimiento de la mezcla 1 es menor, esto puede ser debido al uso del cemento Alion ART en dicha mezcla.

Para las mezclas 4 y 11 se usa el mismo aditivo (Dynamon SR335) en diferentes cantidades, en la mezcla 11 se adicionan 50 gr menos que los que se adicionan a la mezcla 4, dando como resultado un sostenimiento de la manejabilidad por debajo del 80% y el menor de todas las mezclas estudiadas.

Gráfica 1. Sostenimiento de la manejabilidad por mezcla

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Porcentaje de sostenimiento de la manejabilidad (M1, M2, M3, M4, M5, M6)

PORCENTAJE DE SOSTENIMIENTO POR MEZCLA		
Mezcla	Asentamiento (cm)	% Sostenimiento
<input type="checkbox"/> M1		
0 minutos	25.5	90.20 %
30 minutos	23.5	
60 minutos	23.0	
<input type="checkbox"/> M2		
0 minutos	23.0	95.65 %
30 minutos	22.0	
60 minutos	22.0	
<input type="checkbox"/> M3		
0 minutos	25.0	76.00 %
30 minutos	23.0	
60 minutos	19.0	
<input type="checkbox"/> M4		
0 minutos	23.5	87.23 %
30 minutos	23.0	
60 minutos	20.5	
<input type="checkbox"/> M5		
0 minutos	23.5	91.49 %
30 minutos	23.0	
60 minutos	21.5	
<input type="checkbox"/> M6		
0 minutos	24.5	93.88 %
30 minutos	23.5	
60 minutos	23.0	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Porcentaje de sostenimiento de la manejabilidad (M7, M8, M9, M10, M11, M12)

PORCENTAJE DE SOSTENIMIENTO POR MEZCLA		
Mezcla	Asentamiento (cm)	% Sostenimiento
<input type="checkbox"/> M7		
0 minutos	25.0	94.00 %
30 minutos	25.0	
60 minutos	23.5	
<input type="checkbox"/> M8		
0 minutos	23.5	93.62 %
30 minutos	23.5	
60 minutos	22.0	
<input type="checkbox"/> M9		
0 minutos	24.0	89.58 %
30 minutos	22.5	
60 minutos	21.5	
<input type="checkbox"/> M10		
0 minutos	24.5	97.96 %
30 minutos	24.5	
60 minutos	24.0	
<input type="checkbox"/> M11		
0 minutos	23.0	73.91 %
30 minutos	23.0	
60 minutos	17.0	
<input type="checkbox"/> M12		
0 minutos	23.0	84.78 %
30 minutos	22.5	
60 minutos	19.5	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Resistencia a la compresión

Según la gráfica 2, las mezclas que tienen una resistencia a la compresión a los 7 días por encima del 90%, son las mezclas 1, 5, 7, y 10, dominando la combinación del Dynamon EW2 con el Mapeplast R18 presentes en las mezclas 1, 5, y 7. Detallando los materiales, las mezclas 5 y 7 se les añade la misma marca de cemento y la misma cantidad de aditivos, pero se cambian los agregados, esto hace que el porcentaje de la resistencia de la mezcla 7 sea de 100.73% mientras que para la mezcla 5 el porcentaje de resistencia es de 90.93%, tal como se mira en la gráfica 2.

Las mezclas 1 y 5 comparten la misma combinación de aditivos, también tienen los mismos agregados (Industrial Concreto), pero a estas se les añaden diferentes marcas de cemento, para la mezcla 1, cemento Alion ART y para la mezcla 5 cemento Argos (tabla 2). Los aditivos se miden en cantidades diferentes, ya que, para la mezcla 1 se prueba su comportamiento con esta combinación de aditivos y se evidencia que el aditivo retardante podría segregar la mezcla, así que para la mezcla 5 se decide disminuir esa cantidad en 0.2%. En cuanto a resistencia a la compresión a los 7 días para los especímenes de concreto, tomados de estas dos mezclas, en la gráfica 2 se detalla que la mezcla 1 obtiene un porcentaje de la resistencia del 99.47%, mientras que la mezcla 5, obtiene un porcentaje de la resistencia del 90.93%, así pues, se deduce que el cambio de cemento y la disminución en la cantidad de aditivo influye en este parámetro.

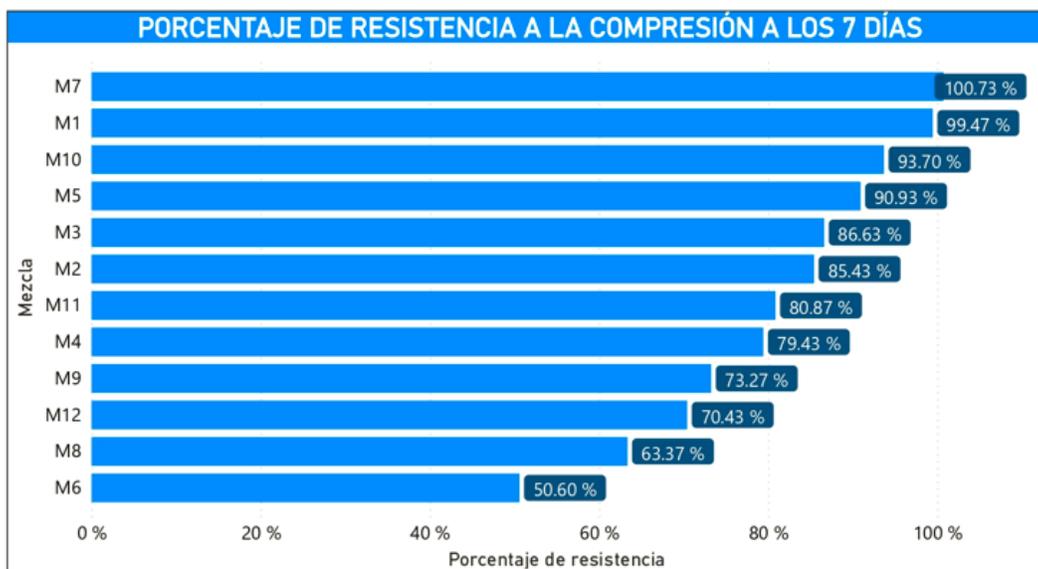
Ahora, si se observa la combinación del aditivo Dynamon SR335 con el aditivo Mapeplast R18, presente en las mezclas 2, 8 y 10, se analizan sus cambios de forma similar a las mezclas anteriores; según las tablas 2 y 4, a la mezcla 2 y a la mezcla 10 se le añade la misma marca de cemento, Alion ART, pero se cambian los agregados y la cantidad de los aditivos, esto repercute en cambios en la resistencia a la compresión a los 7 días, tal y como se observa en la gráfica 2, el porcentaje de resistencia de la mezcla 10 es mayor que el de la mezcla 2, esto debido al cambio de los agregados y por la disminución de las cantidades de los aditivos. En cuanto a la comparación de la mezcla 8 y la mezcla 10, se les adicionan los mismos agregados, pero varía la marca del cemento y la dosificación de los aditivos; la mezcla 10 supera en resistencia a la compresión a los 7 días a la mezcla 8 en aproximadamente un 30.4%, y en el porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días los especímenes sacados de la mezcla 8 no alcanzan ni el 75%, se concluye entonces que la alta resistencia de los cilindros de la mezcla 10 es debido al uso del cemento Alion ART y una mayor cantidad en la dosificación de los aditivos.

En las mezclas 4 y 11, el protagonista es el aditivo Dynamon SR335, con una dosificación al 0.7% y al 0.2%, respectivamente, también se les añade el cemento Alion ART, pero se cambian los agregados; para la mezcla 4 se utilizan los agregados de Industrial Concreto y para la mezcla 11 los agregados de la concretera Tremix, debido a esto los porcentajes de las resistencias a los 7 días son diferentes para cada una, según la gráfica 2, el porcentaje es mayor para la mezcla 11, con una diferencia de 1.44% con respecto a la mezcla 4.

Si se observan las tablas 2 y 3, en las mezclas 3 y 6 se usan los agregados de Industrial Concreto y el aditivo EW2 en la misma dosis, pero si se detalla la gráfica 3, los cilindros de la mezcla 3 alcanzan una resistencia a la compresión de más del 100%, mientras que los de la mezcla 6 no sobrepasan el 70%, esto debido al cambio en la marca de cemento, ya que en la mezcla 3 se añade cemento Alion ART y en la mezcla 6 se agrega cemento Argos.

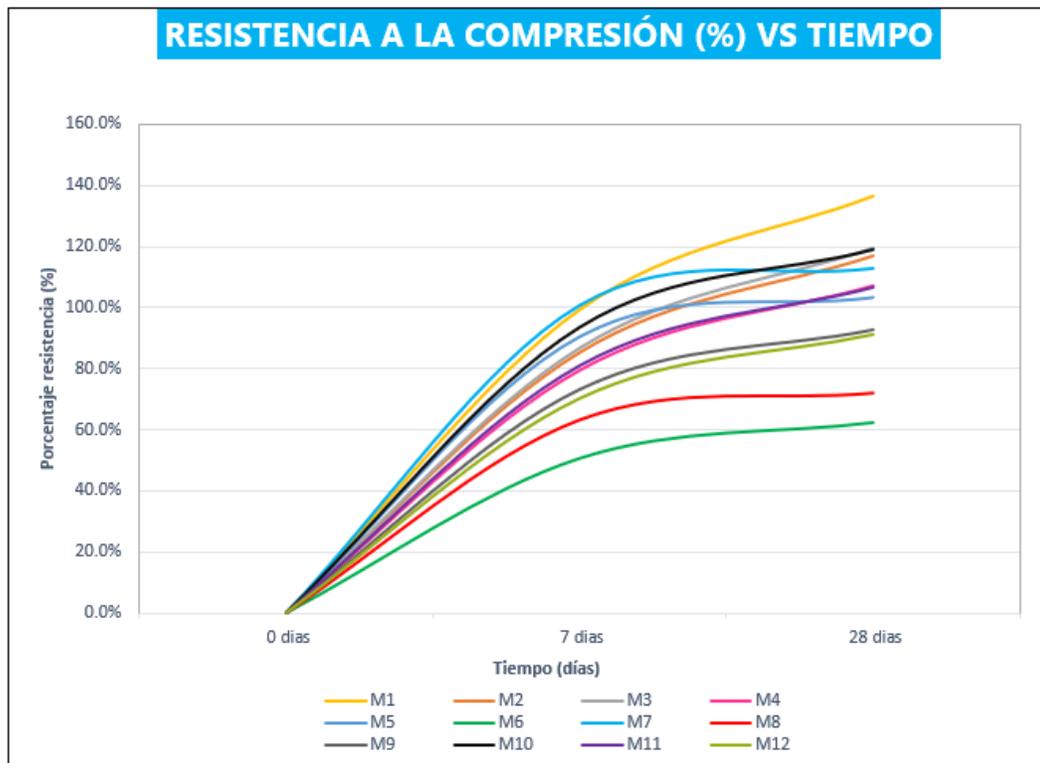
Comparando el porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días de los especímenes de concreto de las mezclas 11 y 12 y considerando que se usan los mismos agregados (Tremix) y la misma cantidad de aditivo (Dynamon SR335); la gráfica 3 muestra que los cilindros de la mezcla 11 alcanzan el 100% de la resistencia requerida, mientras que los de la mezcla 12 no la alcanzan, esta diferencia se le atribuye entonces al cambio en la marca de cemento.

Gráfica 2. Porcentaje de resistencia a la compresión a los 7 días



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3. Resistencia a la compresión (%) vs tiempo



Fuente: Elaboración propia.

5 Conclusiones

- Al añadir aditivos químicos al concreto, se requiere menos agua para lograr la consistencia deseada, de acuerdo con los agregados y el cemento utilizados en las pruebas, se modifican las dosificaciones de los aditivos en el diseño de las mezclas con la ayuda de un técnico experto en el tema, para así poder conseguir la manejabilidad buscada.
- En las mezclas donde se usa cemento Alion ART, se obtienen, en su mayoría, resistencias a la compresión a los 7 días superiores (de hasta un 100%), comparado con las resistencias de las mezclas hechas con cemento Argos.
- Se debe considerar la viabilidad de cada una de las combinaciones de aditivos, según las especificaciones y materiales que usa cada cliente.
- El diseño de la mezcla es único y su desempeño depende tanto de la calidad y origen de los agregados, ya que estos representan más el 85% de la mezcla, así como también de las propiedades químicas que puede aportar el material cementante y la interacción que este puede tener con el aditivo.
- Para los materiales que usa la empresa de concreto Tremix, se concluye que el cemento Alion ART junto con los aditivos Dynamon SR335 y Mapeplast R18, es la mejor combinación, teniendo en cuenta que la mezcla 10 tuvo una manejabilidad de más del 95% y los cilindros obtuvieron resistencias a la compresión a los 28 días de más del 100%.
- También para los materiales que usa la empresa Industrial Concreto, se concluye que el cemento Alion ART junto con los aditivos Dynamon SR335 y Mapeplast R18, es la mejor combinación, considerando que la mezcla 2 tuvo una manejabilidad de más del 95% y los cilindros obtuvieron resistencias a la compresión a los 28 días de más del 100%.

6 Recomendaciones

Este trabajo tiene como fundamento la experimentación con tres aditivos químicos de la marca MAPEI, al momento de escogerlos, se considera la experiencia de un ingeniero civil, de un laboratorista de apoyo y de un asesor técnico, debido a que se hace uso de agregados y cementos que ya han sido utilizados por estas empresas que producen concreto; esto hace que se reduzca el margen de error y que se optimicen los materiales. Para MAPEI es muy importante la experimentación con sus aditivos químicos, con el fin de cumplir con las características y requisitos que el cliente solicita en sus mezclas, haciendo que la línea RMC se convierta en un servicio técnico personalizado.

Así pues, aunque estos resultados son muy favorables, no se pueden generalizar; es muy importante solicitar el servicio de asesoría técnica para un adecuado uso de los aditivos, realizando pruebas en concreto para recomendar el mejor aditivo según sean las especificaciones y materiales de cada cliente.

7 Referencias

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. En NSR-10. Título C: Concreto Estructural*. Bogotá. D. C.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2010). *Colección del concreto-Tecnología del concreto-Tomo I: Materiales, propiedades y diseño de mezclas*. Bogotá, D.C: Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO.
- ICONTEC. (2022). *Normas NTC*. Obtenido de e-colleccion. ICONTEC: [ecollection- icontec-org.udea](http://ecollection-icontec-org.udea)
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. (2002). *Design and control of concrete mixtures*. Illinois. USA: Portland Cement Association.