

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ADITIVOS QUÍMICOS APLICADOS DURANTE EL CURADO  
PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
CONCRETO**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**Bach. DURAND ORTEGA, NIDIA FABIOLA**

**Bach. SALAZAR ZAPATA, JULIO GIANCARLO**

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

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la fuerza guiándome en el trayecto de mi vida y a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria. En especial a mis padres, que me guiaron, educaron y forjaron mi educación a base de valores y buenos hábitos.

Julio G. Salazar

A Dios por ser mi creador, por darme fortaleza y sabiduría; a mis padres Felipe y Fabiola quienes, con su amor, esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más, se lo dedico a ustedes; a mi hermano por su cariño y apoyo; mi tía Mirza por su apoyo incondicional; a mi abuelita Alfonsa a quien llevo en mi corazón.

Nidia F. Durand

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre nuestra vida. Nuestro sincero agradecimiento a nuestra Alma Mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Mg. Ing. Liliana Chavarría Reyes, asesora durante todo este proceso quien, con su dirección, enseñanza y colaboración, permitió el desarrollo de esta tesis.

Nidia F. Durand y Julio G. Salazar

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema General .....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Delimitación de la investigación.....	3
1.4.1. Geográfica .....	3
1.4.2. Temporal .....	3
1.4.3. Temática.....	3
1.4.4. Muestral.....	4
1.5. Justificación del estudio .....	4
1.5.1. Conveniencia.....	4
1.5.2. Relevancia social.....	4
1.5.3. Aplicaciones prácticas.....	4
1.5.4. Utilidad metodológica.....	5
1.5.5. Valor teórico.....	5
1.6. Importancia del estudio .....	5
1.6.1. Nuevos conocimientos .....	5
1.6.2. Aporte.....	5
1.7. Limitaciones del estudio .....	5
1.7.1. Falta de estudios previos de investigación .....	5
1.7.2. Metodológicos o prácticos .....	6
1.7.3. Medidas para la recolección de los datos .....	6
1.7.4. Obstáculos en la investigación .....	6
1.8. Alcance.....	6
1.9. Viabilidad del estudio .....	6

1.9.1. El tiempo .....	6
1.9.2. Espacio .....	6
1.9.3. Las condiciones económicas .....	6
1.9.4. Las fuentes de información .....	7
1.9.5. Recolección de los datos .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1. Marco Histórico .....	8
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	10
2.2.1. Investigaciones internacionales.....	10
2.2.2. Investigaciones nacionales .....	11
2.2.3. Artículos relacionados con el tema .....	13
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	17
2.3.1. Concreto .....	18
2.3.2. Componentes del concreto .....	18
2.3.3. Importancia del Concreto .....	30
2.3.4. Curado del concreto .....	30
2.3.5. Métodos de curado .....	40
2.3.6. Productos químicos aplicados en el curado .....	45
2.3.7. Propiedades del concreto en estado fresco.....	51
2.3.8. Propiedades del concreto en estado endurecido.....	53
2.4. Normas que apoyan a la investigación.....	61
2.4.1. American Concrete Institute (ACI).....	61
2.4.2. American Society for Testing and Materials (ASTM).....	61
2.4.3. Norma Técnica Peruana (NTP).....	62
2.5. Definición de términos básicos .....	63
2.6. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis .....	64
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>65</b>
3.1. Hipótesis.....	65
3.1.1. Hipótesis general .....	65
3.1.2. Hipótesis específicas .....	65
3.2. Variables .....	65
3.2.1. Variables Independientes .....	65
3.2.2. Variable Dependiente.....	65
3.3. Sistema de variables.....	65

3.3.1. Definición conceptual .....	65
3.3.2. Definición operacional .....	66
3.3.3. Operacionalización de las variables .....	67
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA .....</b>	<b>68</b>
4.1. Método de la investigación .....	68
4.2. Tipo de la investigación .....	70
4.3. Nivel de investigación.....	70
4.4. Diseño de la Investigación .....	71
4.5. Población y muestra .....	72
4.5.1. Población.....	72
4.5.2. Muestra.....	72
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos .....	73
4.6.1. Instrumento de recolección de datos .....	73
4.6.2. Métodos y técnicas .....	74
4.7. Descripción de procesamientos de análisis.....	75
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>76</b>
5.1. Resultados de la investigación .....	76
5.1.1. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la compresión del concreto .....	76
5.1.2. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la tracción del concreto.....	104
5.1.3. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la flexión del concreto .....	111
5.1.4. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la absorción capilar del concreto.....	117
5.2. Análisis e interpretación de los resultados.....	122
5.2.1. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a compresión del concreto .....	122
5.2.2. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a tracción del concreto .....	128
5.2.3. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a flexión del concreto.....	129

5.2.4. Analizar el tiempo de curado para reducir la absorción capilar del concreto .....	130
5.3. Contrastación de Resultados .....	132
5.3.1. Hipótesis 1: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la compresión del concreto .....	132
5.3.2. Hipótesis 2: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la tracción del concreto.....	135
5.3.3. Hipótesis 3: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la flexión del concreto .....	137
5.3.4. Hipótesis 4: A mayor tiempo de curado se reduce la absorción capilar del concreto .....	141
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>144</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>147</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>161</b>
ANEXO 1: Matriz de Consistencia.....	161
ANEXO 2: Matriz de Referencias Bibliográficas.....	163
ANEXO 3: Matriz de relación entre subtemas y objetivos.....	174
ANEXO 4: Matriz de relación entre los subtemas y las referencias bibliográficas	175
ANEXO 5: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la compresión ....	182
ANEXO 6: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la tracción .....	190
ANEXO 7: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la flexión.....	192
ANEXO 8: Matriz de relación tiempo de curado y absorción capilar .....	194

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica calculada de los diferentes tipos de cemento Portland ...	20
Tabla 2. Composición química del cemento Portland .....	21
Tabla 3. Límites permisibles para agua mezcla y curado .....	23
Tabla 4. Clasificación de los aditivos para el concreto.....	25
Tabla 5. Clases de exposición.....	37
Tabla 6. Clasificación de los métodos de curados acelerados .....	44
Tabla 7. Capacidad de los recipientes de medición .....	52
Tabla 8. Porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al f <sup>c</sup> del concreto para los autores. ....	132
Tabla 9. Porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 14 días. ....	135
Tabla 10. Porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días. ....	136
Tabla 11. Porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 3 días. ....	138
Tabla 12. Porcentaje de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 7 días. ....	138
Tabla 13. Porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días. ....	139
Tabla 14. Porcentajes de la absorción capilar inicial cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días .....	141
Tabla 15. Porcentajes de la absorción capilar final cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las profundidades relativas afectadas por un curado inadecuado .....	34
Figura 2. Tiempos de curado mínimo recomendables de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente.....	35
Figura 3. Relación entre la resistencia a la compresión y tiempo de curado de diferentes pastas de concreto a diferentes temperaturas de curado.....	39
Figura 4. Dimensiones del cono de Abrams y medición del asentamiento .....	52
Figura 5. Probeta de concreto sometido a carga axial .....	54
Figura 6. Probeta de concreto sometido a compresión diametral .....	57
Figura 7. Relación entre el ensayo Split Test y la resistencia a compresión .....	58
Figura 8. Ensayo de resistencia a la flexión.....	59
Figura 9. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis .....	64
Figura 10. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con OPC vs el tiempo de curado según Muhammad et al., 2021 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ ).....	77
Figura 11. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con 30% FA vs el tiempo de curado según Muhammad et al., 2021 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ ).....	77
Figura 12. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Xue et al., 2015 ( $f'c=360 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	78
Figura 13. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con $a/c = 0.35$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=391 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	79
Figura 14. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con $a/c = 0.40$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	80
Figura 15. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con $a/c = 0.45$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	80
Figura 16. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto con OPC y 30%FA vs el tiempo de curado a los 28 días según Nasir et al., 2017 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	81
Figura 17. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Surana et al., 2017 ( $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	82

Figura 18. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018 ( $f'c=364 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	83
Figura 19. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto con $a/c = 0.36$ y $a/c = 0.33$ vs el tiempo de curado a los 28 días según Mohamed y Najm, 2019 .....	84
Figura 20. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Stalin et al., 2020 ( $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	85
Figura 21. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015 .....	86
Figura 22. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Rahman y Chamberlain, 2016 ( $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$ ).....	87
Figura 23. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Padmanabhan et al., 2016 ( $f'c=355 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	88
Figura 24. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Rao et al., 2021 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	89
Figura 25. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con OPC vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017 ( $f'c=355 \text{ kg/cm}^2$ ).....	90
Figura 26. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con 30% FA vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017 ( $f'c=265 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	90
Figura 27. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.....	91
Figura 28. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.....	92
Figura 29. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.....	92
Figura 30. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Contreras y Velazco, 2018 .....	93
Figura 31. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Contreras y Velazco, 2018. ....	94
Figura 32. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Aguilar, 2019 ( $f'c=230 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	95
Figura 33. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Horna, 2018 ( $f'c=195 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	96

Figura 34. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Ortiz, 2020.....	97
Figura 35. Resistencia a la compresión del vs el tiempo de curado según Jácobo, 2019 ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	98
Figura 36. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.....	99
Figura 37. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.....	99
Figura 38. Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.....	100
Figura 39. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Rios, 2018 ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	101
Figura 40. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Luna, 2020 ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	102
Figura 41. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Asmal y González, 2019 ( $f'c=244 \text{ kg/cm}^2$ ).....	103
Figura 42. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019 ( $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$ ).....	104
Figura 43. Resistencia a la tracción de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado a los 14 y 28 días según Muhammad et al., 2021. ..	105
Figura 44. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con $a/c = 0.35$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020. ....	106
Figura 45. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con $a/c = 0.40$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020. ....	106
Figura 46. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con $a/c = 0.45$ vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020. ....	107
Figura 47. Resistencia a la tracción de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado según Nasir et al, 2017.....	108
Figura 48. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018.....	109
Figura 49. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015. ....	110
Figura 50. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019. ....	111

Figura 51. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Xue et al., 2015. ....	112
Figura 52. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018.....	113
Figura 53. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015. ....	114
Figura 54. Resistencia a la flexión de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017.....	115
Figura 55. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Asmal y González, 2019 .....	116
Figura 56. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019. ....	117
Figura 57. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con $a/c = 0.35$ vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020. ....	118
Figura 58. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con $a/c = 0.40$ vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020. ....	118
Figura 59. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con $a/c = 0.45$ vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020. ....	119
Figura 60. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según el Aguilar, 2019. ....	120
Figura 61. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Luna, 2020. ....	121
Figura 62. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Ponce et al., 2019.....	122
Figura 63. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al $f^c$ del concreto para cada uno de los autores, cuando se aplica curadores químicos.....	133
Figura 64. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al $f^c$ del concreto en base del aditivo químico curador. ....	134

Figura 65. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 14 días para cada uno de los autores.....	135
Figura 66. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores.....	136
Figura 67. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 3 y 7 días para cada uno de los autores.....	139
Figura 68. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores.....	140
Figura 69. Resultados de los porcentajes de la absorción capilar del concreto cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores. ....	142

## RESUMEN

El curado de concreto, es la acción tomada para mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla de concreto, para permitir la correcta hidratación. El curado es importante al momento de proteger el concreto, porque influye directamente en sus propiedades mecánicas, como la resistencia a compresión, tracción, flexión y Absorción capilar, por ello se analiza como los aditivos químicos aplicados durante el curado mejoraron las propiedades mecánicas del concreto.

La investigación fue un estudio bibliográfico, descriptivo y el método empleado fue el deductivo. En su desarrollo, se tienen mayores casos favorables en el proceso de curado aplicando aditivos químicos, superando la resistencia a compresión de diseño ( $f'_c$ ) a los 28 días de curado, donde el curador químico a base de cera es el más eficaz. Se observa la diferencia de la resistencia a la tracción y flexión del concreto, aplicando aditivos químicos a base de cera en su mayoría y la inmersión en agua para el curado. Dando así, a los 28 días, la resistencia en ambos casos aumentó a mayor tiempo de curado y en algunos casos se obtuvo valores similares al curado inmerso en agua. Respecto a la absorción capilar, aplicando aditivos químicos, el concreto tiene mayor absorción capilar respecto al curado inmerso en agua.

Para esta investigación se concluye que, la aplicación de aditivos químicos para el curado tiene una resistencia a la compresión, que supera en 66% al  $f'_c$  a los 28 días de curado; una resistencia a la tracción promedio de 92% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado; una resistencia a la flexión promedio de 99% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado; y una mayor absorción capilar final e inicial promedio de 37% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado.

**Palabras Claves:** Propiedades mecánicas, resistencia, compresión, tracción, flexión, absorción capilar, inmersión, aplicación y aditivo químico.

## ABSTRACT

Concrete curing is the action taken to maintain humidity and temperature conditions in a cement mix, to allow proper hydration. Curing is important when protecting concrete, because it directly influences its mechanical properties such as resistance to compression, traction, bending and capillary absorption, for this reason it is analyzed that chemical additives applied during curing improved the mechanical properties of concrete.

The research was a descriptive, bibliographic study and the method used was deductive. In its development, there are more favorable cases in the curing process by applying chemical additives, exceeding the design compression resistance ( $f'_c$ ) at 28 days of curing, where the wax-based chemical curing is the most effective. The difference in the tensile and flexural strength of concrete is observed, applying mostly wax-based chemical additives and immersion in water for curing. Thus, at 28 days, the resistance in both cases increased with a longer curing time and in some cases similar values were obtained to curing immersed in water. Regarding capillary absorption, applying chemical additives, concrete has greater capillary absorption compared to curing immersed in water.

For this research, it is concluded that the application of chemical additives for curing has a resistance to compression, which exceeds 66% at  $f'_c$  at 28 days of curing; an average tensile strength of 92% relative to water immersed cure at 28 days of cure; an average flexural strength of 99% relative to water immersed cure at 28 days of cure; and a higher average final and initial capillary absorption of 37% with respect to curing immersed in water at 28 days of curing.

**Key Words:** Properties mechanics, resistance, compression, traction, bending, capillary absorption, immersion, application and chemical additive.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el curado del concreto es vital para garantizar su correcto comportamiento en las obras de construcción, no obstante, este proceso no siempre es del todo controlado o aplicado. Debido a ello, se ve la necesidad de hacer uso del avance de la tecnología para apoyar en la facilidad del proceso, proporcionar un buen curado al concreto y mayor resistencia a la estructura, dando así el paso a la aplicación de aditivos químicos para el curado.

Nematollahzade et al. (2020), sostiene que el método ideal para ganar resistencia y curar adecuadamente el concreto es usar agua y mantenerlo húmedo durante 28 días. Sin embargo, en la mayoría de los proyectos, el proceso de curado no se lleva a cabo por completo debido a diversas razones, como falta de agua en el sitio de taller, mucho transporte desde el lugar de extracción de agua hasta el lugar de consumo, depreciación y desgaste de vehículos de transporte de agua, alta velocidad de construcción, entre otros. En tal situación, para prevenir la evaporación del agua y aumentar la capacidad de retención de agua en el concreto, es donde toma como opción aplicar los aditivos químicos para el curado del concreto. En su investigación observaron el comportamiento mecánico del concreto aplicando aditivos químicos en el proceso de curado.

Rao et al. (2021), comenta que cuando el control e inspección diario del curado no es factible, el concreto curado con agua se vuelve más caro y requiere de más tiempo. Por lo que considero estudiar la aplicación de 3 curadores químicos de diferente compuesto base, en donde reduce los costos en el control de proceso de curado y obteniendo resultados favorables respecto a la resistencia de diseño de la mezcla de concreto.

La motivación de esta investigación es brindar información, acerca del comportamiento del concreto cuando tiene la aplicación de los aditivos químicos en el proceso de curado y sus beneficios.

Buscamos reunir información fundamental por medio de investigaciones científicas, contenido en libros, revistas, tesis y artículos, para estar al corriente del estado actual de los conocimientos relacionados con el tema; analizar y descubrir las metodologías, métodos, teorías y técnicas que son aplicadas con los aditivos en el proceso de curado y conocer las variables que han utilizado los autores en cada una de sus investigaciones.

El objetivo principal es analizar que aditivos químicos aplicados durante el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto, según las normas utilizadas por los investigadores de los artículos recopilados para sustentar la presente tesis.

En vista que, para analizar las propiedades mecánicas del concreto, se debe tomar en cuenta sus indicadores, que para la presente investigación son: la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y absorción capilar del concreto; todas estas propiedades se analizan cuando el concreto está en estado endurecido.

La resistencia a la compresión es una característica principal del concreto, por lo que esta medida es un indicador fundamental de la calidad del concreto, además de las otras propiedades mecánicas del concreto. Es por ello que esta tesis analiza los aditivos químicos aplicados durante el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en la resistencia a la compresión, tracción, flexión y la absorción capilar del concreto, mediante la búsqueda de investigaciones nacionales e internacionales.

Esta investigación consta de cinco capítulos.

El capítulo I, describe el planteamiento del problema, objetivos, delimitación, justificación, importancia, limitaciones y viabilidad de la investigación.

El capítulo II, desarrolla el marco teórico en dónde se profundiza las definiciones, con la ayuda de diversas fuentes e investigaciones relacionadas con el tema, podemos dar a conocer con mayor alcance los conceptos.

El capítulo III, formula la hipótesis, las variables y sistemas de variables de la investigación.

El capítulo IV, precisa el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra de la investigación. El capítulo V, presenta los resultados, análisis y la contrastación de los resultados de la investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la realidad problemática

En el sector construcción, el concreto tiene un rol principal como uno de los materiales más usados del mundo. El servicio geológico de Estados Unidos (USGS), en su resumen anual del mercado de minerales, muestra que a 2019 el consumo de cemento mundial, principal componente del concreto, ha aumentado en más de 30 veces desde 1950 y se ha cuadruplicado desde 1990, alcanzando una producción anual que supera los 4000 millones de toneladas métricas (USGS, 2020). Esto ha hecho que el concreto sea uno de los materiales más estudiados y gracias a su resistencia, durabilidad y versatilidad sea escogido por los ingenieros para dar forma a todo tipo de proyectos de construcción.

De esta forma, el concreto tradicionalmente usado para construcción, es una mezcla de cemento, agregados finos, agregados gruesos, agua y algunos adiciones o aditivos que buscan algún comportamiento o característica particular de manejabilidad o desempeño. Dentro de esta mezcla de materiales que interactúan entre sí para dar lugar a las características deseadas del concreto, destaca la interacción entre los cementantes y el agua, ya que, de esta, depende en gran medida el desarrollo de la resistencia y durabilidad requeridas. Dicha interactividad, da lugar a una reacción de hidratación en donde se debe tomar en cuenta las condiciones de humedad y temperatura para que no se generen problemas (alguna falla o daño) que afecten el desempeño de lo edificado. La colocación y compactación de la mezcla de hormigón debe ir acompañada de un curado adecuado. El curado se puede definir como procedimientos de control de temperatura y humedad que garantizan una hidratación completa o favorable del cemento. (Comité ACI 308)

La hidratación del cemento con el agua, es responsable del desarrollo de la resistencia del concreto, la reducción de la porosidad capilar y la permeabilidad y, por lo tanto, es esencial para la producción de un concreto duradero con características mecánicas adecuadas. (Bentz y Stutzman, 2006)

Terminología estándar de ASTM relacionada con concreto y agregados de concreto (C 125) y terminología de cemento y concreto ACI (116R), definen el curado como

“acción tomada para mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla de cemento recién colocada para permitir la hidratación del cemento hidráulico y que se produzcan reacciones puzolánicas de modo que puedan desarrollarse las propiedades potenciales de la mezcla”. Además, otras propiedades, particularmente de la región de la superficie de una masa de hormigón, pueden verse afectadas por los materiales aplicados y / o las acciones tomadas poco después de la colocación. (Lamond y Pielert, 2006)

El curado natural del concreto se da cuando la exposición a condiciones ambientales es favorable, con una humedad relativa del 95% y una temperatura de 20 a 23°C. En la práctica, estas condiciones se pueden lograr y controlar solo en un laboratorio (por ejemplo, salas de curado o cámaras ambientales). El hormigón “in situ” se mezcla, se coloca y se expone a una gama más amplia de condiciones ambientales (con temperaturas que oscilan entre -10 y + 40 ° C y una humedad relativa (HR) del 30 al 95%). Hipotéticamente, en algunos proyectos en particular, la combinación de estos factores ambientales podría ser favorable para mantener las condiciones requeridas para el curado del concreto; sin embargo, la gran mayoría de aplicaciones requieren curado acondicionado. (Neville, 2000)

La presente investigación tiene como finalidad observar los diversos aditivos químicos aplicados en la superficie de concreto durante el proceso de curado, con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas, como su resistencia a la compresión axial, tracción, flexión y absorción capilar del concreto. El material que se usó fueron los ensayos de laboratorio y bibliografía de trabajos de investigaciones pasadas.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

¿Cómo los aditivos químicos aplicados durante el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto?

### 1.2.2. Problemas Específicos

a. ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la compresión del concreto?

b. ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la tracción del concreto?

- c. ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la flexión del concreto?
- d. ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la absorción capilar del concreto?

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### 1.3.1. Objetivo General

Analizar que aditivos químicos aplicados durante el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto, según normas utilizadas por los investigadores.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a compresión del concreto.
- b. Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a tracción del concreto.
- c. Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a flexión del concreto.
- d. Analizar el tiempo de curado para reducir la absorción capilar del concreto.

### 1.4. Delimitación de la investigación

#### 1.4.1. Geográfica

La presente investigación se dirige a climas templados, con temperaturas entre 15°C a 22°C.

#### 1.4.2. Temporal

La investigación se desarrolló durante el mes de mayo al mes de noviembre del 2021.

#### 1.4.3. Temática

Campo: Aditivos químicos para el curado del concreto.

Área académica: Aditivos químicos.

Línea de investigación: Tecnología del concreto.

Sub línea de investigación: Descripción de las fuentes consultadas y antecedentes de laboratorio.

#### 1.4.4. Muestral

Definido la unidad de análisis, se procede a delimitar la información registrada en otros proyectos de investigación que concuerdan con las especificaciones del estudio propuesto, de acuerdo a la norma E060, ACI 308 y ASTM C309.

### 1.5. Justificación del estudio

#### 1.5.1. Conveniencia

En la construcción de edificaciones, es importante conseguir un buen comportamiento del concreto. Por eso el concreto lleva un proceso de cuidado, el cual se le denomina curado. El curado es el proceso por el cual el concreto sigue endureciendo en el tiempo por medio de hidratación continua. Cuando se realiza el curado correctamente se obtiene estructuras de concreto con un acabado y calidad deseados. Esto podría ser una tarea más sencilla y eficaz si usamos el método correcto; por ello en la presente tesis, se enfoca en estudiar e investigar la aplicación de aditivos químicos en el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

#### 1.5.2. Relevancia social

En la industria de la construcción se requiere de métodos o procesos que sean rápidos y eficaces, los cuales no dificulten o necesiten de más tiempo. El proceso de curado normalmente es inundar o rociar al concreto con agua, pero se debe hacer en el transcurso del día y semana. Donde en la mayoría de ocasiones, no se toma el cuidado adecuado. Por ello es conveniente tener un método el cual nos asegure lograr correctamente el proceso de curado. Esto sería de gran utilidad a la población y así obtener mejores resultados en la calidad y acabo en sus edificaciones.

#### 1.5.3. Aplicaciones prácticas

La aplicación de aditivos químicos para el curado, asegura que el concreto supere la resistencia a la compresión con la que fue diseñada y, obtenga resistencias a tracción y flexión similares al curado inmerso en agua. Esto generará confianza cuando se construya y no haya pérdidas económicas por elementos de concreto que, al no estar correctamente curados, presenten fisuración.

#### 1.5.4. Utilidad metodológica

Se recopiló diferentes artículos de investigaciones, donde ensayaron probetas en laboratorio de concreto, para determinar qué tipos de aditivos químicos aplicaron en el proceso de curado del concreto y observar sus propiedades mecánicas.

#### 1.5.5. Valor teórico

La investigación dejará información recopilada de la aplicación de diferentes compuestos bases de aditivos químicos aplicados en el proceso de curado del concreto, que pueden ser usados para ampliar los estudios en la comparación de diferentes métodos de curado y observar las diferentes características en el comportamiento mecánico del concreto.

### 1.6. Importancia del estudio

#### 1.6.1. Nuevos conocimientos

La investigación realizada proporciona valores comparativos acerca del comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto cuando se cura aplicando aditivos químicos. Asimismo, nos imparte la diferencia de la resistencia a la compresión, tracción, flexión y permeabilidad en los diferentes métodos de curado: sumergido en agua y aplicando aditivos químicos con diferentes bases compuestas. Además de facilitar la información de otras investigaciones de manera ordenada y dar un criterio general.

#### 1.6.2. Aporte

El presente trabajo de investigación concederá gráficas comparativas del curado aplicando aditivos químicos de distintas composiciones, ver las diferencias de resistencia a la compresión, tracción, flexión y absorción capilar del concreto.

### 1.7. Limitaciones del estudio

#### 1.7.1. Falta de estudios previos de investigación

Por no estar difundido la aplicación de aditivos químicos para el curado, no se tiene mucha información en nuestro país detallada con respecto al clima, temperatura, condiciones desfavorables o características de los componentes del hormigón. Se ha tenido que tomar investigaciones

internacionales de condiciones similares a nuestro caso que estamos planteando.

1.7.2. Metodológicos o prácticos

No se encontraron diferencias con sus metodologías, pero si en algunas tomaron variables estadísticas para la corrección de datos.

1.7.3. Medidas para la recolección de los datos

Los diferentes datos que se obtuvieron en las investigaciones, no pueden ser comparadas directamente porque son de diferentes climas, resistencias de diseño a compresión, diseño de mezcla, medidas de las probetas e instrumentos para su medición de las propiedades mecánicas del concreto. Por lo anteriormente expuesto hacer comparaciones para llegar a conclusiones se debe tener información necesaria para obtener un comportamiento óptimo y que permita visualizar una tendencia de mejora en propiedades mecánicas del hormigón.

1.7.4. Obstáculos en la investigación

No se pudo hacer nuestra propia elaboración de probetas para el análisis de la aplicación de aditivos químicos para el curado por motivos de la pandemia (COVID-19) que aqueja desde el 2020 hasta la actualidad.

1.8. Alcance

La presente investigación va realizar el estudio de la resistencia a la compresión, tracción, flexión y absorción capilar en mezclas de concreto cuando se aplica aditivos químicos en el proceso del curado.

1.9. Viabilidad del estudio

1.9.1. El tiempo

Se cuenta con tiempo de investigación de 6 meses, iniciando en mayo y culminando en noviembre.

1.9.2. Espacio

Esta investigación es realizada en la ciudad de Lima.

1.9.3. Las condiciones económicas

Los costos para la culminación de la presente investigación son solo en el curso de TESIS el cual brinda asesores metodológicos y especialistas, y no será necesario el uso de laboratorios.

1.9.4. Las fuentes de información

Para las fuentes de información se encontraron tesis, artículos, libros y revistas.

1.9.5. Recolección de los datos

La recolección de información es de la base de datos académicos que ofrece la Universidad Ricardo Palma, como son el *Knovel*, *ProQuest*, *Scopus Priew*, *ALICIA* y también por Google Académico.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Histórico

El concreto (u hormigón) comenzó a utilizarse desde épocas primitivas. Desde el 7000 a.C., antiguas civilizaciones edificaron ciudades al borde de los ríos, con el cual para realizar los muros utilizaban piedra caliza y esta era mezclada con derivados de animales (yema de huevo, manteca de cerdo), de esta manera se obtenían los morteros. Fueron los egipcios los que desarrollaron estas técnicas en la construcción de sus pirámides por lo cual utilizaban, arena, piedras paja y arcilla. Pero, fueron los romanos los que implementaron novedosos estudios, como combinar con elementos volcánicos hacia una mezcla más resistente. (Arkiplus, 2021)

Estos elementos volcánicos al ser molidos y mezclados con agua y cal, producía un mortero endurecido resistente a la intemperie, esta reacción es más conocida como reacción puzolánica, la cual es la que genera la resistencia y el rendimiento adecuado del hormigón. Es aquí donde nace el cemento Portland, que es una mezcla homogenizada de piedra caliza y una cantidad de arcilla. Es en el siglo XVIII, que John Smeaton descubre que ciertas cales impuras tenían propiedades hidráulicas, las cuales podrían reaccionar con el agua para poder producir hidratos duraderos, que resisten a la acción del agua. Pero fue recién en el año 1824 donde Joseph Aspdin aplica el termino de 'cemento portland' por primera vez, el cual lo describe como un proceso para hacer piedra artificial mezclando cal con arcilla en forma de lechada y calcinando los trozos de material secos en un horno de cuba. Este material es triturado para así poder producir cemento. (Newman, John Choo y Ban Seng, 2003, p. 5)

El empleo de aditivos en concretos y morteros es tan antiguo como el propio cemento u otros aglomerantes hidráulicos. A finales del siglo XIX, con la invención del cemento portland, los aditivos químicos mejoraron debido a su beneficio a la trabajabilidad y durabilidad de las mezclas de concreto. El desarrollo de aditivos específicos para la modificación de las propiedades reológicas de las mezclas, a base de cemento Portland que data de principios de la década de 1930. La primera patente para el uso de un aditivo plastificante a base de lignosulfonato se obtuvo en Inglaterra a principios del siglo XX. (Coutinho, 1997, p.610)

El cemento al ser mezclados con el agua, el resultado era una masa consistente que ofrecía mayor durabilidad. Por lo cual el Imperio Romano reforzaban los cimientos con barras de metal para poder tener una mejor resistencia. Es así que a comienzos del siglo XIX (año 1816), se realiza el primer puente de concreto en Francia, gracias a el ingeniero Louis Vicat, el cual utilizó los materiales de mezcla para la instalación de murallones de hormigón. Fue en 1825 donde se realizaron avances en las técnicas del concreto en el cual se desarrolló el canal de Erie (USA). Mientras tanto, era en Londres donde se realizaban las primeras alcantarillas de concreto, en 1867. Fue gracias a ellos empiezan aparecer nuevas técnicas para la realización del concreto. Es en el siglo XX, donde se desarrolló el "concreto moldeado", para flexibilizar el tiempo de trabajo utilizado. En 1914, con la necesidad de encontrar vías de comunicación entre el norte y el sur, que se inaugura el Canal de Panamá. Pero es en 1955 que la empresa de Arthur Symons emplea el sistema de concreto encofrado. (Arkiplus, 2021)

Desde que se implementó el sistema de concreto encofrado, paso a ser el método de instalación de hormigón más popular en los Estados Unidos. Es a partir de ese momento en el cual el concreto se masifica y contribuye a la instalación masiva de rascacielos y torres en Estados Unidos. En la década de los 80 aparecen nuevos métodos como el "*Room Tunnel*", que permite la construcción de paredes curvas utilizando un tipo de concreto flexible. Por lo cual, bajo este tipo de estructuras, se diseñó el Museo de John F. Kennedy en 1993. En 2007 se inaugura la Torre Burj al Arab de Dubai con 512 metros de altura, siendo así el edificio más alto del mundo. (Arkiplus, 2021)

El diseño del hormigón se basa en la resistencia característica requerida. El hormigón gana resistencia con el tiempo a medida que el hormigón "cura". Se toman muestras de cubos de hormigón de cada lote y se mide la resistencia en un laboratorio de materiales después de 7 y 28 días. Los resultados de las pruebas tomadas después de 7 días darán un buen ejemplo de la resistencia característica a los 28 días. El período de curado impondrá restricciones sobre el tiempo para la instalación de las estructuras de concreto y acero en los cimientos. (Bayliss y Hardy, 2012, p. 626)

Hoy en día, el hormigón está hecho de cemento, agua, arena y áridos, también incorpora aditivos. Se utiliza una amplia gama de formulaciones para lograr una resistencia particular y otras propiedades. De manera más general, el hormigón podría describirse como un conglomerado uniendo una masa de material duro y grueso por medio de algún tipo de material cementoso. El hormigón de cemento Portland correctamente fabricado y compactado, es generalmente bastante duradero; Los principales problemas de durabilidad que se encuentran en las estructuras de hormigón se deben a la corrosión del acero de refuerzo o a un mal proceso de curado. (Institution of Structural Engineers, 2010)

## 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1. Investigaciones internacionales

Zareth y Ordoñez (2021), Su investigación determinó la influencia que tiene los diferentes métodos de curados en la resistencia a la compresión del concreto, entre ellos la aplicación de aditivos químicos. Realizaron varios ensayos, teniendo como resultado más favorable el método del forrado en polietileno del concreto. Esta investigación determina la importancia que tiene el polietileno al momento de utilizarlo como método de curado del concreto.

Asmal y González (2019), Su investigación tiene como objetivo analizar la influencia en la resistencia final del hormigón en tres tipos de elementos: cilindros, vigas y losas sometidas a diferentes métodos de curado, en cual estos elementos estuvieron expuestos a condiciones extremas de viento y temperatura, y así mismo se utilizó un compuesto de curado a base de Antisol.

Corrales, R. (2018), Su investigación utiliza un concreto hidráulico y a comparación de anteriores, que utilizaron agua y aditivos químicos, también le añaden un curado a base de arena, la cual, no es tan efectivo como utilizar una cámara húmeda, pero si es más influyente que al no utilizar ningún método de curado.

Claver (2019), Su investigación se basó en determinar si el uso de concreto autopolimerizable es económico en comparación al concreto de curado

normal en áreas remotas u otras regiones donde hay escasez de agua sin comprometer las propiedades de resistencia del concreto.

Corrales, S. (2015), Su investigación pretende analizar la eficacia que pueden tener los compuestos químicos formadores de membrana en la resistencia a la compresión en losas de concreto como sustituto de métodos tradicionales de curado, dando como resultados deficientes al no alcanzar la resistencia de diseño en lugares donde el concreto se evapora con mayor rapidez.

#### 2.2.2. Investigaciones nacionales

Jácomo (2019), nos hace referencia a determinar la resistencia a la compresión aplicando diferentes tipos de curadores, por lo cual utilizó el método ACI 211, para realizar la mezcla del concreto. Para el curado, utilizaron elementos químicos (como el sikacemcurador, membrasil vista) y el agua, que luego de realizar los ensayos respectivos, se tiene que el agua es el mejor curador teniendo una mayor resistencia a la compresión.

Rodríguez (2018), en su investigación muestra diferentes métodos de tratamiento para el curado de concreto, por lo cual utilizó diferentes ensayos con dos métodos distintos de diseño de mezclas y con tres tipos de cementos comerciales para si identificar cual método de curado es el más eficaz para las diferentes variables.

Jácomo, Aguilar (2019), planteó diversos métodos de curado para el concreto, resaltando el curado mediante el Super curador Chema, Sika antisol y Per Kurevista. Teniendo como resultado que el Super curador Chema es un aditivo químico para generar una mayor resistencia del concreto, pero no mejor que la forma clásica del curado, que es utilizando agua. Esta investigación, determina que aditivo químico sería el más adecuado viendo su resistencia que genera, así como el aspecto económico, por lo cual, es importante saber que el más económico no siempre es el que mejor resistencia aporta al concreto.

Horna (2018), aporta otros dos métodos útiles de curado del concreto, los cuales son utilizando el aditivo químico Eucocure y un curador

Membranil, el último da una mejor resistencia a la compresión teniendo un 104.95% con respecto al curado tradicional por inmersión en agua + cal.

Alvarado (2020), tiene como objetivo principal en su investigación determinar la resistencia a la compresión del concreto en base a diversos métodos de curado, para poder elegir un método de curado más adecuado para las muestras de concreto.

Contreras y Velazco (2018), compara la resistencia a la compresión que se obtiene cuando el concreto en losas es sometido a métodos de curados distintos entre ellos aplicando curador químico, esto se realizó con diferentes periodos de curado.

Valenzuela (2018), tiene como principal objetivo conocer cuál es la influencia que tienen los métodos de curado en la variación de la resistencia del concreto en obra. A diferencia de, Eguizabal (2018), que busca conocer la influencia del uso del agua del río Llacash y la influencia de compuestos formadores de membrana (Kurencrete50, Membranil vista y Per membrana R), en la resistencia a la compresión y evaporación de agua del concreto para garantizar una obra durable.

Luna (2020), determina de la influencia de los curadores como, Curet z, Per kuret y Masterkure sobre la resistencia a la compresión y soportividad en concretos que presentan aditivos. Obteniendo al Masterkure como el que mejor resistencia dio como un compuesto de curado. Mientras que, Sudario (2018), tiene como objetivo principal en su investigación, evaluar la influencia en la incorporación del aditivo sikacem impermeable en las propiedades del concreto como la resistencia a la compresión y permeabilidad.

Así mismo, Navarrete (2018), el objetivo principal es determinar la resistencia a la compresión de las losas de concreto por lo cual se realizaron diferentes métodos de curados, llegando a la conclusión que, la resistencia a la compresión depende directamente del tipo de curado utilizado en el concreto.

Finalmente, Ponce, Eugenio, González y Alcides (2019), determina la capilaridad del concreto curado con un compuesto químico formador de membrana, utilizando la norma estadounidense ASTM C1585.

### 2.2.3. Artículos relacionados con el tema

Khan, Nasir, Baghabra y Maslehuddin (2021), indica que la temperatura de vaciado y el método de curado afectan significativamente las propiedades del hormigón, por lo cual se estudia la influencia de la temperatura y el régimen de curado en las propiedades de los hormigones de cemento simple y mixtos, por lo cual se hace un curado a diferentes temperaturas y métodos de curado, los cuales fueron: encharcamiento en agua, con arpillera húmeda y aplicando un compuesto de curado.

Gawatre, Sawant, Mule, Waydande, Randeve y Shirsath (2017), menciona que el curado es el factor más importante del concreto, por lo cual en esta investigación se desarrolló el curado convencional y con compuestos de curado el cual se utilizaron nuevas técnicas de curado y productos químicos.

Kalbande, Chavan y Khan (2017), recomienda que el curado del concreto debe realizarse durante un periodo de tiempo razonable para así poder alcanzar su resistencia y durabilidad, pero el tiempo de curado excesivo puede provocar un aumento del costo de construcción del proyecto y retrasos innecesarios.

Patil, Vaidya y Math (2016), estudia el efecto del uso de compuestos de curado sobre la resistencia y durabilidad de las mezclas de hormigón, por lo cual, se utilizaron diferentes mezclas de concreto y se utilizó cilindros para determinar el aspecto de durabilidad mediante la prueba rápida de penetración de cloruro, estas muestras se curaron durante 28 días y se le aplico un compuesto de curado.

Shaikh, Lahare, Nagpure y Ghorpde (2017), menciona que el curado ininterrumpido eficiente es la clave para obtener un concreto de calidad, esto hace que mejore su resistencia de diseño y su máxima durabilidad. El periodo de curado depende de las propiedades requeridas del hormigón

tales como la temperatura y la humedad relativa. El objetivo principal de este artículo es determinar la eficacia de los diferentes métodos de curado y estudiar la influencia.

Tighare y Singh (2017), en su artículo nos informa que los avances que han ocurrido en la industria química y de la construcción han allanado el camino para desarrollar nuevas técnicas de curado y productos químicos de construcción. El curado es esencial para que el concreto tenga una buena vida útil, por lo cual un tiempo de curado excesivo puede conducir a la escalada del costo de construcción del proyecto e innecesarios retrasos. Por ende, en este artículo se estudia el comportamiento de diferentes métodos de curado para lograr mayor resistencia en el concreto.

Challa y Ruthvik (2020), nos da un aporte para la realización del curado del concreto, utilizando emulsiones pigmentadas de aceite de linaza sobre la superficie del concreto, para así comparar los parámetros de resistencia del concreto.

Menu, Jacob-Vaillancourt, Jolin y Bissonnette (2020), buscan evaluar la eficiencia de una variedad de métodos de curado con el fin de minimizar la tasa de evaporación en la superficie del hormigón y prevenir las consecuencias perjudiciales de la contracción en edades tempranas.

Murillo, Abudinen, Serrato, Patrón y Ramirez (2021), tienen como objetivo principal demostrar la importancia del proceso de curado del hormigón, así como analizar la influencia de los métodos de curados en la resistencia a la compresión, que se realizó a los 7 y 28 días.

Xue, Pei, Sheng y Li (2015), tienen como objetivo especificar el tipo de compuesto de curado para áreas de escasez de agua, lo cual se utilizaron 4 compuestos de curado a base de acrílico, cera, silicato y composite, para así poder investigar el efecto que tienen estos compuestos en las propiedades mecánicas del concreto.

Nematollahzade, Tajadini, Afshoon y Aslani (2020), nos muestran el efecto de las diferentes condiciones de curado en base a la relación agua-

cemento como el factor clave en la investigación de las propiedades del hormigón, las condiciones y el tiempo de curado, por lo cual, se realiza los ensayos de resistencia a la compresión y tracción por división.

Nasir, Baghabra, Al-moudi y Maslehuddin (2017), investigan el efecto de la temperatura de colocación del hormigón y el método de curado sobre la contracción plástica de los hormigones de cemento liso y puzolánico, por lo cual, se realizaron probetas de hormigón y se expusieron a condiciones ambientales del verano utilizando un curado a base de agua o cubiertas con láminas de plástico.

Al-Kheetan, Rahman y Chamberlain (2018), investigan como mejorar el desempeño del concreto con las condiciones de curado, por lo cual se utilizó agentes de curado en forma de cera líquida para poder curar el concreto.

Surana, Pillai y Santhanam (2017), presentan una investigación experimental sobre la idoneidad de las pruebas de varios parámetros de durabilidad para evaluar la eficacia de los compuestos de curado, resaltando la resistencia a la compresión y el índice de sorptividad del agua.

Khaliq y Javaid (2016), presentan un programa experimental para estudiar el comportamiento del hormigón bajo diversas técnicas de curado convencionales y modernas para poder cuantificar los efectos sobre el curado del hormigón, por lo cual se realizó los ensayos para determinar la resistencia a la compresión a diferentes edades de curado.

Atoyebi, Ikubanni, Adesina, Araoye y Davies (2020), presentan el efecto que se tiene al utilizar diferentes métodos de curado sobre la resistencia a la compresión, el cual nos aporta un curado a base de un compuesto formador de membrana. Las muestras de concreto se curaron con los diversos métodos de curado y se probaron a los 7, 14, 21 y 56 días.

Chougule, Patil y Praskash (2018), tiene como objetivo principal investigar la técnica de curado en la aplicación de HVGGBFS, que es la

escoria de alto horno granulada y triturada de alto volumen, para poder mejorar las propiedades mecánicas del hormigón. Las propiedades mecánicas del hormigón se evaluaron considerando la influencia del tiempo de curado y los diferentes métodos de curado.

Surana, Saarthak y Pillai, Radhakrishna y Santhanam y Manu (2017), presentan una investigación de la idoneidad de las pruebas de índice de durabilidad para evaluar el desempeño de varios métodos de curado en campo, por lo cual se curaron cinco muestras de losas de concreto reforzado, el cual nos aporta un curado con 3 tipos de compuestos.

Mohamed y Najm (2019), presentan los hallazgos de un estudio para comparar la resistencia a la compresión del concreto curado usando tres métodos, como lo son el de inmersión en agua, curado al aire y con un compuesto químico. Estos curados fueron realizados en un concreto autoconsolidado sostenible.

Stalin, Mielles, Pavón, Solorzano y Palacios (2020), determinan la resistencia a la compresión del concreto mediante ensayos de probetas cilíndricas a diferentes métodos de curado, el cual se utilizó un compuesto curador de membrana. El ensayo fue realizado a edades de 7, 14 y 28 días.

Princy y Elson John (2015), muestran que el uso de compuestos de curado de membranas es muy importante desde el punto de vista de que los recursos hídricos son cada día más valiosos, por lo cual, con el avance de la construcción y la industria química, se desarrollaron nuevas técnicas de curado y productos químicos de construcción, por lo cual, este estudio considero la efectividad de varios métodos de curado en las propiedades de hormigón.

Rahman y Chamberlain (2016), muestran que el tratamiento superficial temprano con una solución mineral hidrófoba cristalizante, seguido inmediatamente por la aplicación de un agente de curado, salvaguarda el día 28 de la resistencia del hormigón en un entorno de curado extremadamente adverso.

Padmanabhan, Vandana y Gettu y Ravindra (2016), informan que los compuestos de curado en aerosol se utilizan ampliamente en la construcción, donde los métodos tradicionales no son prácticos, por lo cual en este artículo se eligieron cuatro compuestos de curado y se estudió su eficiencia, en términos de resistencia a la compresión.

Rao, Tadivaka, Seshagiri, Menduri y Rao y Pasumarthi (2021), muestran la descripción de los hallazgos de una investigación sobre los efectos de los métodos de curado sobre la resistencia a la compresión del SCC (*Self-Compacting concrete*), por lo cual se utilizaron compuestos de curado de membrana líquida a base de cera y membrana líquida a base de polímero para el curado del concreto.

Ahmed, Mohd, AlQadhim, Alsulamy, Islam y Khan (2021), evalúan el desempeño del concreto autopolimizable para así determinar los indicadores de durabilidad, porosidad, permeabilidad y resistencia a la compresión.

Karolina, Handana, Inanda y Wiranti (2020), comentan que el cemento de uso común se puede reemplazar con cemento de escoria, el cual es el resultado de la adición de escoria de alto horno granulada en la molienda final del cemento. Comparan la magnitud de la resistencia a la tracción de las muestras que se llevaron a cabo con cuatro tipos de curados, en el cual se encuentra un curado con compuesto.

Benlo, Karatas y Bakir (2017), investigaron el efecto de cuatro regímenes de curado diferentes, el cual nos aporta un curado mediante cera de parafina. Estos curados se realizaron con el fin de determinar las propiedades mecánicas que se tiene de los morteros compactadores.

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

En el presente trabajo abarcará la teoría general y específica de cada variable. Se explicará: el proceso de obtención, su composición, sus propiedades, la clasificación según la norma peruana del concreto, del mismo modo la caracterización de los agregados y de los aditivos, también se explicará sobre la mezcla de concreto, su composición, características, propiedades, clasificación y

método de diseño, luego se dará a conocer los ensayos que se recopilaron de otras investigaciones, ensayo a compresión, tracción, flexión y absorción capilar del concreto.

#### 2.3.1. Concreto

El concreto cuyas características de resistencia, versatilidad, durabilidad y economía, lo han convertido en el material de construcción más utilizado en todo el mundo, se le puede definir como la mezcla de cemento portland, agua, agregados y aire, su apariencia es a la de una roca artificial que puede parecer simple, pero con una compleja naturaleza interna (Pérez, 2013).

El concreto, adquiere a una edad temprana una alta resistencia. El periodo de tiempo para que el concreto adquiriera una determinada resistencia desde unas pocas horas hasta algunos días. (Constructivo.com, 2020)

El concreto es un material multicomponente cuyas propiedades dependen de las interrelaciones entre los constituyentes que lo conforman. La pasta cementante, está elaborada a partir de cemento, adiciones minerales, aditivos químicos, aire y agua. Las proporciones y calidades de estos materiales, afectan significativamente la definición de las características microestructurales que determinarán las características macroscópicas del concreto. El objetivo de esta asociación de materiales es producir un conglomerado sólido, de apariencia densa, pétreo, compacta y porosa, el cual lastimosamente permite la entrada de líquidos y gases que provienen del exterior. (Uptc, 2017)

#### 2.3.2. Componentes del concreto

##### i) Cemento Portland

Es el cemento el elemento principal del concreto y es el cemento Portland, el más usado en la fabricación del concreto. El cemento es un compuesto de alúmina, cal y sílice, pulverizado finalmente y con adición posterior de yeso sin calcinar y agua. De los cementos naturales y artificiales, son estos últimos los que más se han generalizado, por su mejor control y su mayor uniformidad. (Pérez, 2013)

El cemento portland es un polvo mineral que puede desarrollar resistencia al reaccionar con agua. Este aglomerante hidráulico es producido a partir de una mezcla de aproximadamente 80% de roca caliza y 20% de arcillas. (Flatt, Roussel y Cheeseman, 2013)

El cemento portland puede ser producido a partir de abundantes materias primas, como piedra caliza, arcilla, arena, cenizas volantes, y cascarilla de laminación, entre otras. Íntimamente mezclados estos materiales, son llevados a un horno a temperatura de 1400 a 1600°C, temperatura a la cual, interactúan químicamente para formar los compuestos cementantes del cemento portland. La gran generación de CO<sub>2</sub> en el proceso se debe a la descomposición de la roca caliza. Principalmente la roca caliza aporta el calcio, y la arcilla el hierro, la alúmina y la sílice. El material resultante es templado y se le denota como Clinker. Finalmente, al producto molido del Clinker con cerca de 5% de sulfato de calcio (anhidro o dihidrato) se le denomina cemento portland ordinario (OPC). (Imcyc, 2016)

a. Tipos de cemento

Cemento Tipo I: Apropriado para todos los usos donde no se requiere las propiedades específicas de otros cementos. Su empleo en concreto incluye pavimentos, pisos, puentes, tanques, embalses, tuberías, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado entre otras cosas. (CEMEX, 2020)

Cemento Tipo II: De moderada resistencia al ataque de los sulfatos, se recomienda usar en ambientes agresivos. Este tipo de cemento requiere más tiempo de fraguado. (Aceros Arequipa, 2020)

Cemento Tipo III: Ofrece alta resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este es similar al cemento Tipo I a excepción de que sus partículas se muelen más finamente, por lo que es usado cuando se necesita remover las cimbras (encofrados) lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente. (CEMEX, 2020)

Cemento Tipo IV: Desarrolla la resistencia en una tasa más lenta que los otros tipos. Se puede usar en estructuras de concreto masivo donde la alta temperatura deriva del calor generado durante el endurecimiento y este deba ser minimizado. (CEMEX, 2020)

Cemento Tipo V: Posee una alta resistencia a los sulfatos, por lo cual es más utilizado en las estructuras hidráulicas que están expuestas al agua. (Aceros Arequipa, 2020)

En la Tabla 1 se muestra la composición química en porcentaje, de Silicato tricálcico(C<sub>3</sub>S), Silicato dicálcico(C<sub>2</sub>S), Aluminio tricálcico(C<sub>3</sub>A) y Ferroaluminato tetracálcico(C<sub>4</sub>AF), calculada para los diferentes tipos de Cemento Portland.

Tabla 1. Composición típica calculada de los diferentes tipos de cemento Portland

Tipos de Cemento Portland	Composición (%)			
	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Tipo I	24	50	11	8
Tipo II	33	42	5	13
Tipo III	13	60	12	8
Tipo IV	50	26	5	12
Tipo V	40	40	4	9

Fuente: Portland Cement Association (1978)

#### b. Materiales cementantes Suplementarios

FA (Cenizas volantes): Es un subproducto de la combustión del carbón pulverizado en plantas de energía térmica. Las partículas de ceniza son formadas a partir de la solidificación de material fundido que se encuentra suspendido en la descarga de gases provenientes de la combustión del carbón. Tiene como efectos mejorar la cohesividad, trabajabilidad y durabilidad del concreto. (Cement Replacement Materials, 2014)

SF (Humo de sílice): Humo de sílice o microsílíce es un subproducto de la industria de producción de aleaciones de silicio o ferrosilicio a partir de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón, en un horno de arco eléctrico sumergido. Tiene como efectos mejorar la

cohesividad, reducir la porosidad capilar, reducir la permeabilidad y mejorar la durabilidad. (Cement Replacement Materials, 2014)

BBFS (Escoria de alto horno): La escoria es un subproducto que se obtiene del proceso productivo del hierro en alto horno. Como en el caso de las cenizas volantes, es esencial que la escoria sea enfriada rápidamente con el fin de formar una estructura vítrea desordenada y para ello se utilizan dos tipos de procedimiento: granulación o peletización. Tiene como efectos mejorar la trabajabilidad, reducir la porosidad capilar, reducir la permeabilidad y mejorar la durabilidad. (Cement Replacement Materials, 2014)

## ii) Composición química del concreto

El cemento está compuesto por Clinker y yeso donde la composición química y las fases del Clinker proporcionan diferentes propiedades al cemento, propiedades como altas resistencias tempranas o resistencia a los sulfatos son explicadas directamente por el porcentaje de las fases que contiene el cemento, por esta razón es importante entender cuáles son dichas fases y cuáles son sus propiedades. Las materias primas empleadas para la producción de Clinker deben contener Calcio (Ca), Sílice (Si), Aluminio (Al) y Hierro (Fe). Estos se encuentran en forma de óxidos en las materias primas y estos óxidos son los siguientes: óxido de calcio o cal (CaO), dióxido de sílice o silicato (SiO<sub>2</sub>), óxido de aluminio o aluminato (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). (Argos, 2020)

Por lo cual se presenta la Tabla 2, que muestra los principales compuestos:

Tabla 2. Composición química del cemento Portland

Nombre del Compuesto	Formula	Abreviatura	Porcentaje (%)
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	40-50
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	24-40
Aluminio tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	4-11
Ferroaluminato tetracálcico	4CaO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8-9

Fuente: Horna, J. (2018)

### iii) Agregados

Los agregados que entran en la composición del concreto son materiales granulares inertes de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm, estas pueden ser de naturaleza inorgánica, alguna vez orgánica, y de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencia y economía de los morteros y concretos. (Horna, 2018)

Las propiedades de los agregados son dependientes de las rocas de donde proceden, esto ocurre con su composición química, estructura petrográfica, resistencia, dureza, densidad, compacidad, color, etc.; otras propiedades, por el contrario, van a ser consecuencia del proceso de formación del árido como ocurre con su tamaño, forma, textura superficial, absorción, etc. (Horna, 2018)

Por lo cual, estas propiedades influyen mucho en las características del concreto, como son:

- a. La granulometría en los agregados es muy importante, ya que, si esta es continua, el concreto en su estado fresco tendrá un aumento de capacidad, mientras que, en el estado endurecido, aumentará su densidad, por lo cual la resistencia será mayor.
- b. La forma y textura, influye de manera que si, tiene una forma cúbica y rugosa, esta generará una mayor adherencia de la interface matriz-agregado, con respecto a si son redondeados y lisos, esto aumenta la resistencia del concreto.
- c. La resistencia y rigidez de estos agregados, también son influyentes en la resistencia del concreto, ya que mientras sea mayor, la resistencia del concreto aumentará.

### iv) Agua

Este elemento es indispensable para la elaboración del concreto, ya que mejora la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo cual, es importante que el agua cumpla con unos requisitos para poder tener una adecuada combinación química. Existen dos tipos de uso del agua, las cuales son las siguientes:

Agua en mezcla: El agua de mezcla, es decir, el agua libre que se encuentra construido en hormigón recién mezclado, tiene tres principales funciones:

- Reacciona con el cemento en polvo, produciendo así hidratación.
- Actúa como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla fresca.
- Asegura el espacio necesario en la pasta para el desarrollo de los productos de duración.

La cantidad de agua necesaria para la trabajabilidad adecuada es prácticamente siempre mayor que el necesario para la hidratación completa del cemento. El aspecto cuantitativo muy importante del agua de mezcla, es decir, el problema de que cantidad se debe agregar agua a un lote, no se discute aquí. Solo los aspectos cualitativos serán analizados, a saber, las cuestiones de qué tipo y qué cantidades de impurezas pueden hacer que un agua sea menos Adecuado o inadecuado para la fabricación de hormigón. (Popovics, 1992)

El agua para curado: Básicamente, tiene los mismos requisitos que menciona la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Este tipo de agua, solo es una fracción del agua total, por lo cual, las limitaciones son de menor exigencia, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Límites permisibles para agua mezcla y curado

Parámetro	Límite máximo permisible
Ph	6.5 – 8.5
Conductividad (dS/m)	1.500
Sales (mg/L)	250

Fuente: SUNASS (2017)

#### v) Aditivos para la mezcla de concreto

Los aditivos son definidos como un producto incorporado en el momento del mezclado del concreto, el cual su cantidad es no mayor al

5% de la mezcla, tiene como objetivo principal modificar las propiedades de la mezcla en estado fresco y/o endurecido.

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada. (Manobanda, 2013)

Los aditivos se clasifican en:

a. Tipo A: Plastificante

Disminuye la cantidad de agua necesaria para así poder tener una consistencia adecuada del concreto. Este aditivo es utilizado en concretos de bajo asentamiento y baja relación agua/cemento para así tener una mejor consistencia fluida, mejorando así el asentamiento, trabajabilidad, minimizar la exudación y disminuir la segregación.

b. Tipo B: Retardante

Prolonga la tasa de fraguado del concreto, por lo cual es utilizado para disminuir la pérdida del asentamiento y mejorar la trabajabilidad. Es utilizado básicamente en colocación de concreto en alta temperatura y cuando el traslado del concreto se realiza a grandes distancias.

c. Tipo C: Acelerante

Aumenta la tasa de hidratación y el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. El acelerante es utilizado para apresurar el acabado de las placas, colocación de concreto en zonas frías y reducir el tiempo del desencofrado.

d. Tipo D: Plastificante retardante

Combina dos tipos de aditivos, el plastificante y el retardante, lo cual, hace que la manejabilidad se pierda de una manera más corta. Se utiliza este aditivo en mezclas que permiten sobrepasar la resistencia de diseño.

e. Tipo E: Plastificante acelerante

Combina los aditivos plastificante y acelerante, lo cual esto hace que plastifique la mezcla para así mejorar la trabajabilidad, lo cual permite una mejor colocación y compactación, y acelera la ganancia de resistencia a edad temprana.

f. Tipo F: Superplastificante

Son aditivos superiores a los plastificantes, estos permiten dosificaciones hasta 5 veces mayores sin que el tiempo de fraguado y el contenido de aire se vea alterado. Estos aditivos son utilizados en concretos con alta resistencia, para así tener un porcentaje de cemento balanceado y no tener problemas de contracción y fisuramiento.

g. Tipo G: Superplastificante retardante

Reduce el agua de la mezcla en más de un 12% y para obtener una apta consistencia del concreto y poder retardar su fraguado. Son muy útiles en el concreto premezclado. (Asocreto, 2010)

h. Tipo H: Superplastificante acelerante

Reduce el agua de la mezcla en más de un 12% y para obtener una apta consistencia del concreto y poder acelerar su fraguado. Son muy útiles en elemento prefabricados, para que así alcancen una hidratación rápida y resistencias mecánicas elevadas. (Asocreto, 2010)

En la Tabla 4, se puede ver los efectos deseados en las diferentes clases de aditivos.

Tabla 4. Clasificación de los aditivos para el concreto

Tipo de aditivo	Efecto deseado
Aditivos convencionales	
Plastificantes	Plastificar o reducir agua entre 5% y el 12%
Retardantes	Retardar el tiempo de fraguado
Acelerantes	Acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edades tempranas

Plastificantes retardantes	Plastificar o reducir agua entre 5% y el 12% y retardar el fraguado
Plastificantes acelerantes	Plastificar o reducir agua entre 5% y el 12% y acelerar el fraguado
Superplastificantes	Superplastificar o reducir agua entre 12% y el 30% y retardar el fraguado
Inclusores de aire	Aumentar la impermeabilidad y mejorar la trabajabilidad
Aditivos minerales	
Cementantes	Aumentar propiedades cementantes parcialmente el cemento
Puzolanas	Mejorar la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a sulfatos. Reducir la reacción álcali – agregado, la permeabilidad y el calor de hidratación. Sustituir parcialmente el cemento y rellenar.
Inertes	Mejorar la trabajabilidad y rellenar
Aditivos misceláneos	
Formadores de gas	Provocar expansión antes del fraguado
Impermeabilizantes	Disminuir la permeabilidad
Ayudas de bombeo	Mejorar la capacidad del bombeo
Inhibidores de corrosión	Reducir el avance de la corrosión en ambientes con cloruros
Colorantes	Colorear concreto

Fuente: Tecnología del concreto Tomo I (Asocreto, 2010)

#### vi) Tipos de concreto

Con el transcurso del tiempo, el concreto ha tenido grandes avances en su preparación, por lo cual, esto ha generado que tenga una gran adaptabilidad a diferentes aplicaciones. En la actualidad existen una gran variedad de concretos, los cuales son:

##### a. Simple

Se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o bodegas, factorías, casas e incluso barcos. (Construyendoseguro.com, 2018)

Ventajas:

- Resistencia a fuerzas de compresión elevadas.
- Bajo costo.
- Larga duración (En condiciones normales, el concreto se fortalece con el paso del tiempo).
- Puede moldearse de muchas formas.
- Presenta amplia variedad de texturas y colores.

b. Autocompactante

El concreto autocompactante tiene un flujo muy alto; por lo tanto, es autonivelante, lo que elimina la necesidad de vibración. Debido a los plastificantes utilizados –mezclas químicas que le imparten un alto flujo– el concreto autocompactante exhibe muy alta compactación como resultado de su bajo contenido de aire. En consecuencia, el concreto autocompactante puede tener resistencias muy elevadas, llegando a rebasar 50 MPa (Cemex, 2017)

Este tipo de concreto tiene los siguientes beneficios:

- Compactación del concreto dentro del encofrado
- Los elementos no se segregan
- No requiere de personal para la colocación
- Tiene acabados impecables
- No existe el resanado
- Puede elaborarse en cualquier color, etc.

c. Baja contracción

Es un concreto cuya mezcla puede ser seleccionada según el porcentaje de contracción requerido: menor o igual a 0.06% a 56 días, o 0.05% a 90 días. (Cemex, 2021)

Este tipo de concreto tiene los siguientes beneficios:

- Fraguado uniforme y controlado.
- Fácil acabado de superficies.
- Mayor espaciamiento de juntas.

d. Lanzado

El concreto lanzado es un sistema de colocación de concreto, que se aplica en la obra por compresión neumática a través de un

conducto y es proyectado a gran velocidad sobre una superficie requerida. Es un concreto con agregado pequeño que forma una mezcla relativamente seca, la cual se consolida a través de la fuerza de impacto y se puede colocar tanto en superficies verticales como horizontales. (Freyssinet, 2021)

Los beneficios que se tienen en la utilización de este tipo de concreto son:

- Se adapta a la forma del elemento que se va fundir.
- Buena adherencia en piedra o concreto.
- Se le puede dar el acabado que uno desee.

e. Ligerio

Al concreto ligero se le denomina así porque su peso unitario es sustancialmente menor en comparación al que se fabrica con agregado de grava o piedra triturada. Por lo regular, este tipo de concreto tiene un peso volumétrico fresco menor de 1,900 kg/m<sup>3</sup>. Se le utiliza como sustituto completo y adecuado para el concreto de peso normal, con el propósito de disminuir peso, aunque su resistencia última a la compresión tiende a ser inferior a la de este último. (Cemex, 2021)

Este concreto posee los siguientes beneficios:

- Disminuye el peso de la estructura
- Disminuye las cargas de las cimentaciones
- Disminuye el consumo de energía en sitios con clima extremo.

f. Concreto Resistente a la Flexión

Es utilizado en la elaboración de elementos sometidos a esfuerzos de flexión, por lo cual se puede utilizar en: pavimentos, pisos industriales, infraestructura urbana y proyectos carreteros.

Los beneficios de este concreto son:

- Bajos costos de mantenimiento.
- Mayor durabilidad que los pavimentos de asfalto.
- Superficie texturizada.

g. Fluidos

Este tipo de concreto facilita procesos de colocación gracias a su consistencia alta que permiten usarse en elementos esbeltos que requieren largas distancias hasta de 50 m. de bombeo, dando facilidad de colocar en tuberías de bombeo o en descarga directa. (Cemex, 2020)

Tiene como beneficios:

- Excelente trabajabilidad.
- Reduce el costo de fundación.
- Reduce el costo de vibrado.
- Reduce el costo de mano de obra.

h. Arquitectónico

Este tipo de concreto puede desempeñar una función estructural además de un acabado estético o decorativo. Puede ofrecer superficies o texturas lisas o ásperas además de una diversidad de colores. (Cemex, 2017)

i. Baja permeabilidad

Concreto especialmente diseñado para estructuras sometidas a condiciones normales de carga, con exposición a medio ambiente húmedo, donde sea importante el control de la permeabilidad. (Mixtolisto, 2021)

Tiene como beneficios:

- Relaciones agua/cemento, menores que un concreto convencional.
- Especialmente diseñado para un grado mayor de impermeabilidad.
- Mayor durabilidad que un concreto convencional.
- Entrega de grandes volúmenes en tiempo programado.

j. Alta resistencia

Son concretos con resistencia a la compresión mayor o igual a 490 kg/cm<sup>2</sup> (7000 psi) a una edad de 28 o 56 días, o según la especificación del Ingeniero estructural. (Cemex, 2020)

Tiene como beneficios:

- Reduce la geometría de elementos verticales y horizontales.
- Mayor área de servicio.
- Menor peso en edificaciones.
- Concreto de baja permeabilidad.
- Concreto de mayor durabilidad.

### 2.3.3. Importancia del Concreto

La importancia del concreto en los proyectos de infraestructura radica en su versatilidad, desarrollo de tecnologías que lo han llevado a límites insospechados en su desempeño, usos y aplicaciones. Actualmente, es el material de construcción más ampliamente utilizado en el mundo con una producción mundial cercana a los 13,000 millones de m<sup>3</sup> por año. (Ceballos, 2016)

El concreto es un material imprescindible para la construcción de grandes proyectos, por lo cual este tiene ciertas ventajas las cuales son:

- Puede resistir diversas condiciones de exposiciones extremas durante su vida útil, ya que posee alta durabilidad y resistencia.
- Es un material que es fabricado en cualquier parte del mundo, por lo cual tiene una alta disponibilidad, lo cual esto ayuda a optimizar los costos.
- Sus propiedades estéticas permiten innovaciones arquitectónicas y flexibilidad en su diseño.
- En aplicaciones de infraestructura (cimentaciones, túneles, etc.) el uso del concreto es insustituible.

### 2.3.4. Curado del concreto

Según el ACI 308 R, el curado es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continúa del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y calor.

Un curado adecuado es vital para poder generar un concreto sano estructuralmente y para prevenir también un deterioro temprano. Para tener un curado adecuado se debe retener suficiente humedad por un

tiempo determinado para que el proceso suceda en forma apropiada. (Sika, 2020)

El concreto desde el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades finales, pasa por diferentes fases lo cual esto genera que existan diferentes medidas de curado.

Generalmente se considera que el encofrado es adecuado para evitar la pérdida de humedad de las superficies verticales, pero todas las superficies abiertas son propensas a la pérdida de humedad y, por lo tanto, requieren cubierta de protección o suministro de agua. Hay dos grupos de métodos de curado:

- Externo: Tradicionalmente aplicado como: (a) curado con agua (es decir, agua machacar, rociar, nebulizar o recubrimientos saturados); y (b) curado sellado (cuando la pérdida de humedad se evita con una barrera como una membrana de curado o láminas resistentes al agua).
- Interno: Con (a) suministro de agua de áridos ligeros o polímeros superabsorbentes; y (b) sellado interno con productos químicos solubles en agua. (Flatt, et al. 2013)

#### i) Normatividad del Curado

##### a. NTE E.060

El curado del concreto es regido mediante la norma NTE E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo cual, esta nos da las pautas necesarias para poder realizar un curado adecuado, las cuales son:

- El concreto no deberá ser colocado durante lluvias, nevadas o granizadas. No se permitirá que el agua de lluvia incremente el agua de mezclado o dañe el acabado superficial del concreto.
- La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Además, no deberá ser mayor de los 32° C.

- El concreto de alta resistencia inicial debe mantenerse por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos los 3 primeros días.
- El curado por vía húmeda podrá ser sustituido por cualquier otro medio de curado, siempre que se demuestre que la resistencia a la compresión del concreto, en la etapa de carga considerada, sea por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

b. ACI-308

El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién colado, para que puedan, así, desarrollarse las propiedades deseadas. En esta norma, se expresan los principios básicos del curado; se describen métodos, procedimientos y materiales comúnmente aceptados; se proporcionan los requisitos para el curado de pavimentos y otras losas construidas sobre el suelo, para estructuras, edificios y para concretos masivos. Para cada una de estas categorías se expresan métodos, materiales, tiempos y temperaturas de curado. Se dan, además, los requisitos de curado para productos prefabricados, concreto lanzado, concreto con agregado precolado, concreto refractario y recubrimientos, así como para otras aplicaciones. (ACI, 1992)

ii) ¿Por qué se cura el concreto?

Según la Norma Británica para el uso estructural del hormigón, BS 8110 (1997), la intención del curado es proteger el hormigón contra:

- Secado prematuro, especialmente por radiación solar y viento (encogimiento plástico).
- Enfriamiento rápido durante los primeros días después de la colocación.
- Altos gradientes térmicos internos.
- Baja temperatura o helada.
- Vibraciones e impactos que pueden romper el concreto e interferir con la unión a reforzamiento.

Un curado adecuado facilitará, pero no necesariamente asegurará, el desarrollo óptimo de la zona de la superficie de hormigón fresco recién colado sea fuerte, impermeable, libre de grietas y un Hormigón endurecido de forma duradera. El objetivo es mantener el hormigón saturado o tan cerca saturado como sea posible, durante el tiempo suficiente para que el espacio original lleno de agua se convierta llenado en la medida deseada por productos de hidratación de cemento. (Newman et al., 2003)

Según la investigación revisado en CIRIA (1997), la profundidad de la zona de superficie directamente afectada por el curado puede ser de hasta 20 mm en condiciones climáticas templadas, y hasta 50 mm en condiciones áridas más extremas. Es poco probable que las propiedades del hormigón más allá de esta zona se vean afectadas significativamente por curado normal.

Sin embargo, es esta zona de la superficie en la que a menudo se confía para proporcionar muchos de los requisitos esenciales de una estructura o elemento de hormigón como la abrasión y los productos químicos. La Figura 1 muestra las profundidades relativas de la superficie en la que varias propiedades se verán afectadas por un curado inadecuado. Por lo tanto, no debe pasarse por alto la importancia de un curado adecuado (Newman et al., 2003).

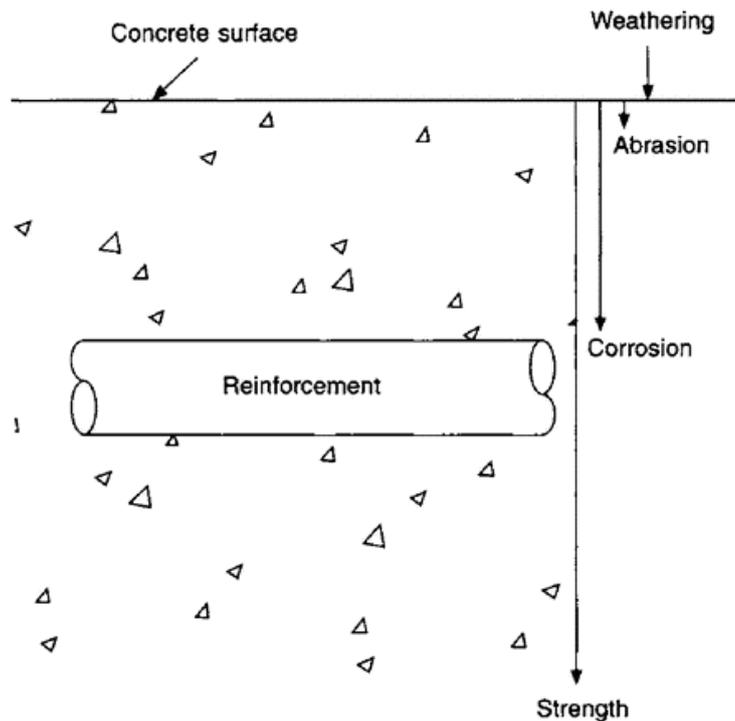


Figura 1. Las profundidades relativas afectadas por un curado inadecuado  
Fuente: (CIRIA, 1997)

Las flechas indican la región de hormigón que influye en el deterioro del mecanismo en cuestión.

### iii) Duración del curado

El tiempo de curado del concreto a ido cambiando, ya que este depende de los materiales ligantes usados en la mezcla tales como, el uso extensivo de adiciones al cemento o la finura del cemento.

Desde hace ya varias décadas se aconsejaba que a un concreto de resistencia normal (210 a 360 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días) se le diera un tiempo mínimo de curado 7 días. En cierta forma esto coincide con la especificación actual que dice que un concreto de resistencia normal debe curarse hasta que complete el 70% de la resistencia a compresión especificada. Por otra parte, para un concreto de alta resistencia inicial se especifica que debe curarse 3 días y esto coincide, también, con la obtención para este tipo de concreto del 70% de resistencia a compresión. Sin embargo, estas especificaciones parten de la convicción de que, en las condiciones de obra, la estructura curada

como se especifica completará la hidratación del cemento y se alcanzará la resistencia especificada a los 28 días. (Sika, 2009)

La desecación del concreto ocurre rápidamente y se concentra en sus primeros centímetros en un ambiente que favorezca la evaporación del agua. Esta afectación puede alcanzar 20 a 30 mm, lo que constituye un motivo de preocupación en lo que respecta a la durabilidad del elemento, ya que en presencia de bajos espesores de recubrimiento, hayan sido estos especificados o generados en la obra, en un corto período pueden generarse condiciones suficientes para que se produzca la corrosión del acero de refuerzo. (Sika, 2009)

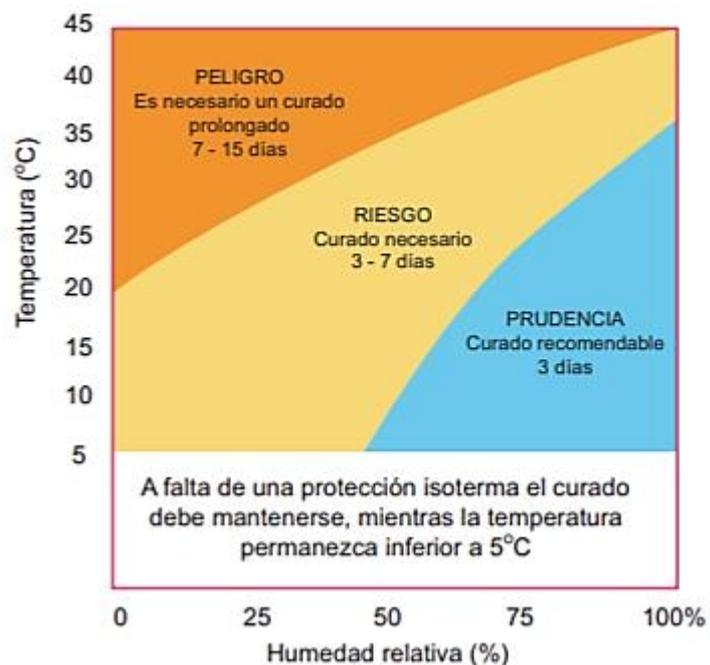


Figura 2. Tiempos de curado mínimo recomendables de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente.  
Fuente: Sika (2009)

#### iv) Parámetros que influyen en la duración del curado

La duración del curado depende de:

- a. Sensibilidad del curado del concreto según la influencia de su composición:

Las características más importantes de la composición del concreto con respecto al curado son: la relación agua/cemento, el tipo y la clase de resistencia del cemento, así como el tipo y la cantidad de

adiciones. Los concretos con una proporción agua/cemento bajo y hecho de un cemento de endurecimiento rápido como los cementos R o RS de acuerdo con los estudios, alcanzan un nivel requerido de impermeabilidad más rápidamente y, por lo tanto, necesitan menos curado que los concretos con una relación agua/cemento más alto y están hechos de cementos que se hidratan más lentamente, como cementos SL. (Meeks y Carino, 1999)

Para Meeks y Carino, 1999: R significa, cementos de endurecimiento rápido; RS significa, cementos de endurecimiento rápido y alta resistencia, SL significa, para cementos de endurecimiento bajo y N significa, para cementos de endurecimiento normal).

b. Temperatura del concreto

Debido al calor de la hidratación generada por la reacción entre el cemento y el agua, la temperatura del concreto puede aumentar, lo que acelera la hidratación. Por lo tanto, cuanto mayor sea la temperatura, en particular de las capas superficiales del concreto, menor será la duración requerida del curado. La temperatura del concreto depende de la temperatura ambiente, el grado de resistencia y la cantidad de cemento, las dimensiones del miembro estructural y las propiedades de aislamiento proporcionadas por el encofrado. Por lo tanto, las secciones delgadas de concreto sin aislamiento térmico expuestas a las bajas temperaturas ambiente durante el curado y hechas de cementos con un bajo calor de hidratación necesitan un curado cuidadoso. (Meeks y Carino, 1999)

c. Condiciones ambientales durante y después del curado

Una baja humedad relativa del aire ambiente, el sol y los fuertes vientos aceleran el secado del concreto desprotegido en una etapa temprana de hidratación. Por lo tanto, bajo tales condiciones se requiere un curado prolongado, ya que después de la terminación del curado, las capas superficiales del concreto se secan rápidamente, y la hidratación ya no continuará. Por otro lado, al verter concreto en un ambiente húmedo a temperaturas moderadas,

el curado será provisto al menos parcialmente por la atmósfera circundante. (Meeks y Carino, 1999)

- d. Condiciones de exposición de la estructura terminada en servicio  
 Cuanto más severas sean las condiciones de exposición indicadas en la Tabla 5, mayor será la duración requerida de curado. Por lo tanto, una estimación de la duración requerida de curado es un problema complejo. El mejor enfoque es definir los valores límite de la permeabilidad de las capas superficiales de concreto que deben alcanzarse antes de que se pueda terminar el curado. Estos valores deberían depender de las condiciones de exposición de la estructura en servicio, así como del tipo de cemento, pero no de la relación agua/cemento, la clase de resistencia, de la temperatura del cemento y del concreto. En este momento, ni los métodos para medir la permeabilidad superficial ni los valores limitantes de la permeabilidad son generalmente aceptados. (Meeks y Carino, 1999)

Tabla 5. Clases de exposición

Tipo de Exposición	Descripción
Mínima	Ambiente seco
Baja	Ambiente húmedo sin escarcha
Baja	Ambiente húmedo con escarcha
Media	Ambiente húmedo con agentes escarchadores y descongelantes
Alta	Ambiente de agua de mar sin heladas
Alta	Ambiente de agua de mar con escarchas
Muy Alta	Ambiente químico ligeramente agresivo (gas, líquido o sólido); ambiente industrial agresivo
Muy Alta	Entorno químico moderadamente agresivo
Muy Alta	Entorno químico altamente agresivo

Fuente: Meeks y Carino, 1999

v) Importancia del curado

Al momento de realizar la mezcla de concreto, hay ocasiones especiales, donde el curado influye de manera directa en las propiedades mecánicas del concreto. Las siguientes circunstancias merecen una consideración particular de las necesidades de curado:

- Superficies horizontales.
- Condiciones secas, calurosas y ventosas (una o más de estas).
- Suelos resistentes al desgaste.
- Hormigón de alta resistencia (el curado inicial es especialmente importante).

Esta lista no es exhaustiva y el curado puede ser de gran importancia en otras condiciones. La resistencia a la abrasión depende particularmente de un buen curado, pero también depende de otros factores que incluyen materiales y acabado de superficies. (Newman et al., 2003)

#### vi) Efecto de la temperatura en el curado

El endurecimiento del concreto es una reacción química, por lo cual esto hace que la velocidad de la reacción aumente conforme vaya aumentando la temperatura, por lo cual, también aumenta la tasa de evaporación de la superficie expuesta. La velocidad de reacción a 35 ° C es aproximadamente el doble que, a 20 ° C, que es, en sí misma, aproximadamente el doble que a 10 ° C. (Newman et al., 2003)

La resistencia máxima del hormigón curado a baja temperatura es generalmente mayor que el del hormigón curado a una temperatura más alta; pero extremos de temperatura generalmente tienen un efecto negativo. Por lo cual, la lenta velocidad de reacción a bajas temperaturas, significa que el hormigón debe curarse durante un período más largo para lograr el grado deseado de reacción. Mientras que, la rápida velocidad de reacción a altas temperaturas proporciona resistencias iniciales relativamente altas. pero la resistencia y durabilidad a largo plazo generalmente se reducen. (Newman et al., 2003)

Una temperatura más alta de concreto fresco da como resultado una hidratación más rápida del cemento y conduce, por lo tanto, a un ajuste acelerado y a una mayor resistencia a corto plazo del concreto endurecido (ver Figura 3) ya que se establece un marco de gel menos uniforme. Además, si la alta temperatura está acompañada por una baja humedad relativa del aire, se produce una rápida evaporación de parte

del agua de la mezcla, lo que provoca una mayor pérdida de trabajabilidad, una mayor contracción plástica, y agrietamiento. (Contreras y Velazco, 2018)

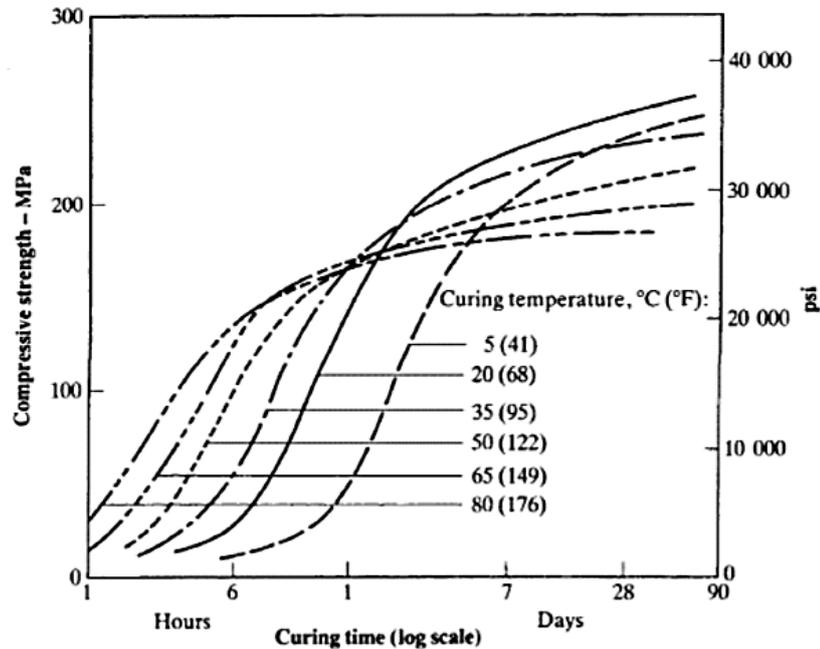


Figura 3. Relación entre la resistencia a la compresión y tiempo de curado de diferentes pastas de concreto a diferentes temperaturas de curado. Fuente: Cement and Concrete Association, 2018

La temperatura del curado del concreto depende de:

- a. Las dimensiones del elemento
  - b. El clima
  - c. Tipo de cemento
  - d. Contenido de cemento
  - e. Aditivos
  - f. La temperatura del hormigón fresco
  - g. Tipo de encofrado
  - h. Tiempo de desmontaje del encofrado
- vii) El efecto del curado en la resistencia
- El efecto del curado sobre el desarrollo de la resistencia se limita a la superficie cercana del concreto, por lo que su efecto sobre la resistencia dependerá del tamaño del elemento y del tipo de carga que se aplicado. El efecto en elementos grandes cargados en compresión será mucho menor que en elementos delgados cargados en flexión. Es poco

probable que la capacidad estructural de la mayoría los elementos se reducirían significativamente por un mal curado. Intentos de evaluar el efecto de un curado deficiente en el desarrollo de la resistencia en muestras pequeñas como cubos o cilindros son probablemente de resultados pesimistas (Marsh y Ali, 1994).

El efecto de la resistencia reducida en la zona de la superficie sobre el rendimiento estructural puede ser calculado haciendo suposiciones sobre la reducción real de la fuerza y la profundidad del efecto. (CIRIA, 1997)

#### 2.3.5. Métodos de curado

El curado es el procedimiento utilizado para mejorar la hidratación del cemento, y esta consiste en un buen control de temperatura y humedad dentro y fuera del concreto. Tiene como objetivo principal mantener al concreto saturado, por lo cual se debe controlar la evaporación de este. Además, es importante tener un control de la temperatura, ya que, al tener temperaturas bajas, la hidratación es más lenta, mientras que, al ser una temperatura elevada, esta es más rápida.

##### i) Curado con agua

Este tipo de curado tiene varios métodos los cuales debe proporcionar una cubierta continua de agua libre.

##### a. Anegamiento o Inmersión

Es el método más utilizado. Es utilizado en el tratamiento de losas, puentes o pavimentos, azoteas, es decir, donde se pueda almacenar agua con una altura. Esta técnica tiene buenos resultados, pero aun así hay dificultades ya que involucra inundar completamente la obra de concreto a cierta altura.

##### b. Rociado de niebla o Aspersión

Este método es utilizado mediante aspersores, el cual proporciona un curado excelente siempre y cuando la temperatura es superior a la congelación. Según la norma ASTM C-59, el agua debe estar libre de impurezas y sustancias contaminantes, por lo cual se debe

tener un cuidado especial, ya que esta puede influenciar en el concreto.

c. Costales, carpetas de algodón y alfombras

Los materiales mencionados retienen el agua sobre la superficie del concreto. Por lo cual, mientras más pesado sea estos materiales, más agua retendrá y esto requerirá periodos de remojo más prolongados. Estos se humedecen periódicamente. El intervalo de humectación dependerá de la velocidad de evaporación del agua. Se debe asegurar que la superficie del hormigón no se deja secar incluso durante un corto tiempo durante el período de curado.

d. Curado con tierra

Se emplea especialmente en trabajos comparativamente más pequeños que losas o pisos. Lo importante es que la tierra esté libre de partículas mayores de 25 mm y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica. (Neville, 1988)

e. Curado con arena y aserrín

La arena limpia y el aserrín, ambos mojados, se emplean para el curado de la misma manera que la tierra. La arena y el aserrín son útiles cuando los carpinteros y montadores de encofrados trabajan en la superficie, ya que dichos recubrimientos proporcionan protección contra raspaduras y manchas. (Neville, 1988)

f. Curado con paja o heno

Cuando se utiliza en el curado este tipo de materiales deben aplicarse capas gruesas y mojadas, para evitar que el viento las levante (debe tener un mínimo de 15 cm de espesor). (Neville, 1988)

ii) Materiales selladores

Las membranas de curado son compuestos selladores que se aplican a mano o en aerosol aplicados en forma líquida después de que el agua libre haya desaparecido de la superficie del hormigón (para superficies

horizontales) o al retirar el encofrado (para superficies formadas). (Newman et al., 2003)

Estos tipos son:

a. Aplicación de película plástica

Se trata de hojas de polietileno con espesor de 0.10 mm y están disponibles en hojas transparentes, blancas o negras. Estas películas plásticas deben colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco, cubriendo todas las partes expuestas. (Neville, 1988)

b. Papel impermeable

Compuesto por 2 hojas de papel Kraft unidas entre sí por medio de adhesivo bituminoso. (Neville, 1988)

c. Compuestos líquidos para formar membranas de curado

Los compuestos líquidos de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C 309.

Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de compuestos de curado se pueden citar: ceras, resinas, caucho clorado y disolventes altamente volátiles. Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados; además, no deben reaccionar con la pasta de cemento. Los compuestos que forman membrana normalmente se aplican con fumigadora manual o rociadores mecánicos. Se recomienda aplicarlos en dos capas, la segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello. El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del concreto, aunque sin demorar la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del concreto. (Sika, 2009)

iii) Método de acumulación

Según el Grupo Morbeck (2014). Es adecuado para el curado de superficies horizontales, tales como pisos, losas de techo, carreteras y

aceras de campo aéreo. Las superficies superiores horizontales de las vigas también pueden ser estancada. Después de colocar el hormigón, su superficie expuesta se cubre primero con arpillera húmeda o lona. Después de 24 horas, estas cubiertas se retiran y pequeños estanques de arcilla o arena se construyen a través y a lo largo de las aceras. El área se fraccione en una serie de rectángulos. El agua está vacía entre los estanques.

El llenado de agua en estos estanques se realiza dos veces o tres veces al día, dependiendo de las condiciones atmosféricas. Aunque este método es muy eficiente, el requerimiento de agua es muy pesada. Los estanques se rompen fácilmente y sale agua. Después del curado es difícil de limpiar la arcilla. (Grupo Morbeck, 2014)

iv) Curado de Vapor

Curado al vapor y curado de agua caliente a veces se adoptaron. Con estos métodos de endurecimiento, el desarrollo de la resistencia del hormigón es muy rápida.

Estos métodos se pueden utilizar mejor en el trabajo previo hormigón colado. En vapor de curado la temperatura del vapor debe limitarse a un máximo de 75°C como en ausencia de humedad adecuado (aproximadamente 90%) del hormigón puede secar demasiado pronto. En caso de curado con agua caliente, la temperatura puede elevarse a cualquier límite, 100°C. A esta temperatura, el desarrollo de la fuerza es de aproximadamente 70% de la que se obtendrá a los 28 días a solo después de 4 a 5 horas. En ambos casos, la temperatura debe ser totalmente controlado para evitar la no uniformidad. El hormigón debe impedirse a un rápido secado y enfriamiento que formaría grietas. (Grupo Morbeck, 2014)

v) Curado Acelerado según NTP 339.213

El curado acelerado según la norma NTP 339.213, nos muestra 4 procedimientos (ver tabla 6), para poder elaborar curar y ensayar

especímenes de concreto almacenados bajo condiciones que intentan acelerar el desarrollo de sus resistencias.

Los procedimientos son:

a. Método de agua caliente “A”

Este método, tiene el agua como medio de curado acelerado, su función principal es servir como aislamiento, por lo cual esto nos lleva a conservar el calor generado por la hidratación.

b. Método de agua hirviendo “B”

El método “B”, también tiene el agua como medio de curado acelerado, pero a diferencia con el método “A”, este tiene como función principal proveer la aceleración térmica.

c. Método autógeno “C”

Este método tiene a la temperatura como medio de curado acelerado, por lo cual involucra el almacenaje de especímenes en recipientes aislados en que la temperatura elevada se obtiene desde el calor de hidratación del cemento.

d. Método de calor y presión

Este método tiene a la presión y la temperatura como medio de curado acelerado, por lo cual esto involucra la aplicación simultanea de estos.

Tabla 6. Clasificación de los métodos de curados acelerados

Procedimiento	Molde	Medio de curado acelerado	Temp. de curado	Tiempo de inicio de curado	Duración del curado	Tiempo de prueba
A	Reutilizable o des uso simple	Calor de hidratación	35°C	Inmediatamente después del vaciado	23.5 ± 30 min	24h±15min
B	Reutilizable o des uso simple	Agua hirviendo	Ebullición	23h ± 15min después de vaciado	3.5h ± 5min	28.5h ± 15min
C	Un solo uso	Calor de hidratación	Temperatura inicial del concreto	Inmediatamente después del vaciado	48h ± 30 min	49h ± 30min
D	Reutilizable	Presión y calor externo	150°C	Inmediatamente después del vaciado	5h ± 30min	5.25h ± 30 min

Fuente: NTP 339.213 (2019)

### 2.3.6. Productos químicos aplicados en el curado

Es importante saber que los productos químicos se rigen a una norma, la cual es la Norma ASTM C309 y esta referida a los curadores químicos líquidos que forman membrana.

#### i) Curadores a base de cera

##### a. Sika Antisol E-10

Es un agente líquido de curado a base de cera listo al uso aplicado por pulverizador para prevenir la pérdida superficial de agua en el hormigón fresco. Genera un pequeño film sobre el hormigón sin afectar al fraguado. (Sika, 2020)

Ventajas:

- Mejora la apariencia superficial
- Reduce la fisuración
- Minimiza la retracción
- Incrementa la resistencia a las heladas
- Sustituye otros métodos de curado más costosos

##### b. Masterkure 106

Es una membrana libre de disolventes formando una emulsión de cera, apta para pulverizar, aplicado sobre hormigón recién vertido. La película resultante retiene suficiente humedad en el hormigón para asegurar la hidratación completa del cemento; esencial para el desarrollo óptimo de la fuerza. El hormigón curado con membrana es más duro y exhibe una superficie libre de polvo con una reducción de incidencia de grietas por retracción por secado. (Master Builders Solutions, 2017)

Ventajas:

- Elimina la necesidad de agua
- Promueve la superficie libre de polvo más dura
- Reduce la contracción del secado
- Alta eficiencia de curado
- Es a base de agua

##### c. Concure WB

Es un líquido de curado o curador base agua basado en una emulsión de cera de baja viscosidad. Se suministra como una emulsión blanca que forma una película incolora al secarse. Cuando se aplica sobre una superficie cementosa fresca, forma un revestimiento blanco y continuo. (Fosroc, 2021)

Ventajas:

- Genera un mejor curado del concreto
- Aumenta la hidratación del cemento
- Proporciona un hormigón más duradero
- No es inflamable

## ii) Curadores a base de acrílico

### a. Masterkure CC 127

Es un compuesto de curado líquido de color blanco. Aplicado sobre la superficie del concreto fresco, seca rápidamente dejando adherida una película continua, flexible y de color blanquecino, que actúa de barrera contra la evaporación del agua y repele el calor solar. De tal modo, el concreto completa su fraguado con la humedad necesaria para la correcta hidratación del cemento. Masterkure CC127 cumple con los requerimientos de retención de agua de la norma ASTM C 309 y CRD C300. (Master Builders Solutions, 2020)

Ventajas:

- Reduce la fisuración por secado y retracción
- Protege el concreto en clima caluroso o seco
- No es tóxico ni inflamable
- Desarrolla mejores resistencias mecánicas en el concreto

### b. Super curador Chema

Curador acrílico líquido la cual se aplica por aspersion sobre el concreto fresco, lo cual evita que el agua de la mezcla se evapore lo cual genera una buena hidratación del concreto. Cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-309.

El momento ideal para aplicar es inmediatamente después que haya desaparecido la exudación de la superficie o después de haber

desenfrado. Aplicar con mochila aspersora dejando una capa uniforme sobre toda la superficie. Limpiar las herramientas de aplicación con agua limpia inmediatamente después de culminar el trabajo. (Chema, 2017)

Ventajas:

- La película que forma retiene el agua de la mezcla.
- Con una sola aplicación reemplaza al curado tradicional que se realiza por 7 días con agua.
- Prolonga la hidratación del concreto.
- Adecuado para todo tipo de clima
- No produce decoloración ni manchas en la superficie.

c. Eucocure

Compuesto curador formador de membrana, formulado a partir de resinas que promueve un excelente curado para el concreto permitiéndole retener el agua suficiente para alcanzar la resistencia de diseño. Puede ser fácilmente removido de la superficie del concreto permitiendo la aplicación de recubrimientos, selladores u otro tipo de acabados. Cumple con la norma ASTM C-309 Tipo I. (Toxement, 2017)

Este producto está diseñado para uso únicamente sobre concreto fresco. La superficie de concreto debe haber sido terminada y tener la textura deseada. Aplicar a un rendimiento uniforme con rodillo o aspersor. El producto puede ser aplicado con bomba manual o con un equipo industrial *airless*. Si se aplica con rodillo, utilice uno de fibra corta. Para obtener el mejor curado del concreto fresco, aplique EUCO CURADOR ER tan pronto como sea posible después de las operaciones de terminado y/o inmediatamente desaparezca el brillo de humedad sobre la superficie. Aplique la cantidad de material recomendada, una capa más gruesa o una aplicación desigual pueden dar lugar a una difícil eliminación del EUCO CURADOR ER. (Toxement, 2017)

Ventajas:

- Forma una barrera eficiente contra la humedad para un óptimo curado del concreto.
- Puede ser retirado de la superficie mediante un lavado.
- Ayuda al concreto a alcanzar las propiedades de diseño a través de una hidratación correcta del cemento.
- No contiene solventes.
- Ayuda a minimizar el espolvoreo del concreto.

d. Chema membranil Vista

Es un líquido transparente tipo membrana que satisface las especificaciones ASTM C309 Clase A, que con una sola aplicación producirá una membrana que retendrá el 95% del agua del concreto por 7 días, siendo una alternativa al curado tradicional que se realiza durante 7 días con agua. (Chema, 2017)

Ventajas:

- Permite desarrollar las resistencias a la flexión y compresión deseadas.
- Prolonga la hidratación del concreto evitando la formación de fisuras por un secado prematuro
- No produce decoloración ni manchas en la superficie tratada.
- Resulta económico debido a que se no se necesita de mano de obra especializada, se aplica fácilmente con mochila aspersora.

e. Per membrana R

Es un compuesto líquido color blanco momentáneo, blanco y rojo a base de resina acrílica reforzada para curado de concreto fresco. Su aplicación forma una película impermeable y sellante que retiene la evaporación del agua al máximo y permite lograr las resistencias diseñadas, además es especial cuando esta pigmentado en color blanco o rojo porque guía al operario en su perfecta aplicación y refracta los rayos del sol. Es especial para climas de extremo calor o frio y como sellador de concreto. (Aditivos especiales, 2016)

Ventajas:

- Cura, endurece y evita que se pegue el polvo en concreto seco

- Evita el evaporamiento del agua del concreto
- Reduce la fisuración superficial por secado y retracción plástica
- Protege el concreto de la acción del viento y polvo

f. Curet Z

Curador y sellador acrílico, con o sin pigmento (blanco), que forma una película que evita la evaporación del agua del concreto. Además, la película que forma evita que el concreto absorba la humedad e impurezas del medio ambiente. Cumple con la Norma ASTM C 309 Tipo 1 Tipo 2 Clase B. (Z Aditivos, 2021)

Ventajas:

- No mancha el concreto
- No produce fisuras
- La película que se forma es compatible con pinturas látex
- Viene sin pigmento o pigmentado

g. Per Kurevista

Es un compuesto líquido color transparente para curado de concreto fresco. Su aplicación forma una película impermeable y sellante que retiene la evaporación del agua al máximo y permite lograr las resistencias diseñadas. Retención de agua: Mayor al 95% a los 7 días de fraguado. (Aditivos especiales, 2016)

Ventajas:

- No mancha el concreto
- Protege el concreto de la acción del viento y polvo
- Permite una excelente hidratación del concreto
- Reduce la fisuración superficial por secado y retracción plástica

iii) Curadores a base de silicato

a. Sika Antisol S

Emulsionante líquido que al aplicarse al concreto fresco se genera una capa impermeable y sellante de naturaleza micro cristalina, esta da una protección perfecta al concreto. Dada por la norma ASTM C309.

Este producto químico ofrece una protección durable y consistente del concreto fresco, lo cual reduce la tasa de evaporación de la

humedad que genera este, por lo cual no se ve afectada la adherencia en su superficie.

Este químico debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador a una presión aproximada de 1 atmósfera de presión, pulverizando directamente en una sola pasada sobre el concreto fresco. La aplicación debe ser realizada después de colocado y acabado el concreto inmediatamente después que el agua superficial haya desaparecido, teniendo cuidado de lograr una película de protección continua y consistente. (Building trust Sika, 2014)

Ventajas:

- Mejora la apariencia de la superficie.
- Reduce el agrietamiento.
- Reduce el encogimiento.
- Controla la hidratación del cemento.
- Reduce la formación de polvo.

b. Z membrana blanco

Es un curador de color blanco o transparente que evita la evaporación del agua en el concreto. Cumple con las normas ASTM C309, ASTM C 156, TIPO 1 D, TIPO 2, CLASE A. No contiene polímeros. (Z Aditivos, 2021)

Ventajas:

- Facilita la retención de la humedad
- Resiste a los cambios de temperatura
- Ofrece una mayor dureza superficial
- Provee superficies sin polvo

c. SikaCem curador

Es un compuesto de curado que al ser pulverizado sobre el concreto fresco se adhiere a la superficie de éste (concreto), formando una película impermeable al agua y al aire, evitando la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto por efectos del sol y/o viento. (Sika, 2021)

Ventajas:

- Reducir el riesgo de fisuración por secado prematuro del agua
- Rapidez y facilidad de aplicación, ya que se pulveriza sobre la superficie del concreto.
- Reduce los tiempos de curado con agua.

d. Per Kuret

Es un compuesto líquido a base de resina acrílica para curado de concreto fresco y sellado de concreto endurecido. Su aplicación forma una película blanca y/o transparente que retiene la evaporación del agua al máximo y permite lograr las resistencias diseñadas, además es refractario al calor solar cuando esta pigmentado en color blanco. Especial para temperaturas extremas calor y frío. (Aditivos especiales, 2016)

Ventajas:

- Cura, endurece y evita que se pegue el polvo en concreto seco.
- No mancha el concreto.
- Reduce la fisuración superficial por secado y retracción plástica.
- Permite una excelente hidratación del concreto.

2.3.7. Propiedades del concreto en estado fresco

Es conocido el concreto en estado fresco a la masa plástica que puede ser moldeada y compactada fácilmente. Las propiedades de esta fase del concreto son:

- a. Consistencia: NTP 339.035:2015. Es cuan humedecido está el concreto, por el cual, este depende del agua que se utiliza en la mezcla. El ensayo utilizado para esta propiedad es el Slump Test, que consiste en utilizar parte de la mezcla del concreto en estado fresco en un molde de forma cónica, tal como se muestra en la Figura 4, para así poder determinar el asentamiento que tiene la mezcla.

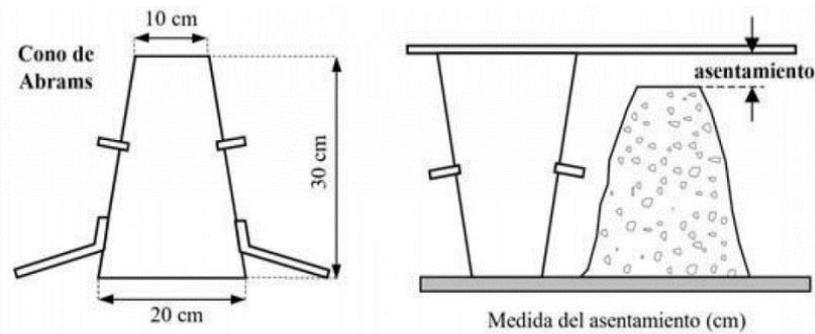


Figura 4. Dimensiones del cono de Abrams y medición del asentamiento  
Fuente: (Hormix, 2021)

- b. **Peso Unitario:** NTP 339.046:2008. Es la relación que existe entre el peso total de una muestra de concreto en un determinado volumen. La capacidad para los recipientes de medición será de acuerdo a la Tabla 7:

Tabla 7. Capacidad de los recipientes de medición

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad del recipiente de medición	
Pulg	mm	pie <sup>3</sup>	L
1	25,0	0,2	6
1 ½	37,5	0,4	11
2	50	0,5	14
3	75	1,0	28
4 ½	112	2,5	70
6	150	3,5	100

Fuente: NTP 339.046:2008 (revisada el 2020)

Los tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar hormigón (concreto) que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeño que los listados. El volumen del recipiente será por lo menos 95% del volumen nominal listado. (NTP 339.046:2008)

- c. **Exudación:** NTP 339.077:2013. Es una forma de segregación o sedimentación, en donde una parte del agua del concreto ya mezclado tiende a elevarse a la superficie formando una pequeña capa delgada encima del concreto. (Ayuque, 2019)
- d. **Contenido de aire:** NTP 339.046:2008. Esta propiedad nos permite determinar la cantidad de vacíos de aire que se genera en el concreto internamente. En esta propiedad es muy influyente la temperatura, ya que, en climas bajos, se generan grandes presiones. Es importante ya

que, al no tener un adecuado contenido de aire en la mezcla, esta puede pasar por etapas de congelación y escamación, generando así una falla.

e. Fraguado: El fraguado es la condición intermedia entre el concreto fresco y el concreto endurecido. Este va endureciéndose con el tiempo y así va perdiendo su plasticidad, el cual es producido por la desecación y recristalización generada por las reacciones químicas del cemento y el agua.

- Tiempo de fraguado: Es el tiempo máximo que hay desde que el cemento tiene contacto con el agua hasta que la mezcla pueda manipularse sin producir daños en su resistencia.

Para poder determinar los tiempos de fraguado, se debe utilizar de la aguja de Vicat. Se determinará los tiempos de fraguado inicial y final.

- Tiempo de fraguado inicial: Este tiempo es desde el contacto inicial del cemento con el agua, esto se produce entre los 2 a 4 horas después del hormigonado, y es importante porque nos determina en qué momento el concreto fresco ya no puede ser mezclado adecuadamente.
- Tiempo de fraguado final: Es el tiempo transcurrido desde que hay contacto del cemento con el agua, hasta que se tiene una mezcla de mortero. Este determinar una rigidez significativa, la cual ocurre entre 4 u 8 horas después del hormigonado y se define por el avance que tiene la resistencia, la cual se produce a gran velocidad.

Parámetros que influyen en el tiempo de fraguado:

Cantidad de cemento

Finura del cemento

Temperatura ambiente

R.P.M del mezclador

Relación a/c

Uso de aditivos

#### 2.3.8. Propiedades del concreto en estado endurecido

El concreto endurecido se le llama cuando la mezcla realizada pasa de un estado plástico al de endurecimiento, por el cual, es cuando empieza a

ganar dureza y resistencia, la cual se hace mayor mientras van pasando los días. Las propiedades de esta fase de concreto son:

i) Resistencia a la Compresión

Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, la cual es la máxima resistencia medida en una probeta de concreto a carga axial. Esta se representa en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a una edad de 28 días. Esta resistencia es útil para poder verificar la calidad del concreto realizado y varía según las especificaciones del mismo.

En la norma ASTM C39, menciona el ensayo utilizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

- Los cilindros a utilizar deben estar llenado en capas iguales volumétricamente, por lo cual es importante saber el método de compactación a utilizar para así determinar cuántas capas se utilizarán.
- En el método apisonado, cada capa debe compactarse con 25 golpes, los cuales deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde.
- Los moldes de concreto deben estar colocados entre 16 y 24 horas, sobre una superficie rígida, sin ninguna perturbación. Deben estar en un lugar adecuado para tener una temperatura entre  $16^{\circ}\text{C}$  y  $27^{\circ}\text{C}$ , para prevenir la pérdida de humedad.
- Luego del curado de la probeta, se lleva a la máquina de ensayo y aplicar la carga (como se muestra en la figura 5) a una velocidad constante ( $1,4$  a  $3,5 \text{ kg}/\text{cm}^2/\text{s}$ ), hasta que este falle. (Rivera, 2013)

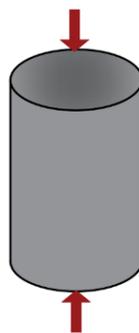


Figura 5. Probeta de concreto sometido a carga axial  
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de este método de ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares. (NTP, 2015)

Principales factores que afectan a la Resistencia ( $f'c$ ):

a. Relación agua-cemento (a/c)

Es el factor más importante ya que una relación a/c baja, reduce la porosidad de la pasta de cemento y mejora la traba entre los sólidos aumentando su resistencia, mientras que una relación a/c alta aumenta la porosidad de la zona de transición entre la matriz y los agregados, por lo cual reduce su resistencia. (Ottazzi, 2014)

b. Aire incorporado y Aire atrapado

El aire incorporado en la mezcla a través de aditivos, tiende a reducir la resistencia a la compresión. También el aire que queda atrapada por una consolidación no adecuada del concreto dentro de los encofrados, tiende a reducir la resistencia. (Ottazzi, 2014)

c. El tipo de cemento

Este normalmente afecta la velocidad con la cual se logra el  $f'c$ . Por ejemplo, el cemento tipo II, que es de una alta resistencia inicial, a la edad de un día, los concretos fabricados con este tipo de cemento exhiben, aproximadamente, una resistencia dos veces mayor que los fabricados con cemento tipo I y a los 7 días una resistencia entre 122 y 15 veces mayor. (Ottazzi, 2014)

d. La gradación, textura y origen de los agregados

La gradación influye en la porosidad y la textura afecta la adherencia entre el agregado y la matriz. Por lo cual, si el agregado falla antes que el mortero, la falla tiende a ser súbita con una rama descendente corta y muy inclinada. (Ottazzi, 2014)

e. Las condiciones de humedad y temperatura durante el curado

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente, por ello las

condiciones de humedad durante el curado afectan fuertemente la resistencia. (Ottazzi, 2014)

f. Velocidad de carga

A velocidades de carga muy altas, el  $f^c$  puede aumentar en un 15% a 20% o más. Por ejemplo, cuando la probeta se lleva a la falla en 0.1 a 0.15 segundos, lo que corresponde a una velocidad de carga de unos 2000 kg/cm<sup>2</sup> por segundo, la resistencia del concreto se incrementa en un 15%. Esta velocidad de carga es la que podría esperarse en una estructura rígida durante un sismo intenso. (Ottazzi, 2014)

ii) Resistencia a la Tracción o Tensión

El concreto posee muy baja resistencia a la tensión y por lo tanto esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras normales. Sin embargo, la tensión tiene importancia en el agrietamiento del concreto debido a la restricción de la contracción inducida por el secado o por disminución de la temperatura. Los concretos preparados con agregados livianos, se encogen considerablemente más que los normales y por lo tanto la resistencia a la tensión puede ser tomada en cuenta en el diseño de la estructura correspondiente. (Rivera, 2013)

La resistencia en tracción directa o en tracción por flexión del concreto, es una magnitud muy variable. La resistencia a la tracción directa ( $f^t$ ) del concreto varía entre 8% y el 15% de la resistencia a la compresión ( $f^c$ ). La resistencia  $f^t$  no varía proporcionalmente con el  $f^c$ . La resistencia a la tracción del concreto depende básicamente del tipo de agregado y de la presencia de esfuerzos transversales a los de tracción. (Ottazzi, 2014)

a. Tracción directa

El método de ensayo de tracción directa consiste en someter a una sollicitación de tracción axial un espécimen, cilíndrico o prismático, de relación de  $h/d$ , entre 1.6 a 1.8 resultante del aserrado de las extremidades de una probeta moldeada, para eliminar las zonas de mayor heterogeneidad. Los especímenes se pagan por sus extremos, mediante resinas epóxicas, a dos palcas de acero que

contienen varillas de tracción, centradas y articuladas mediante rótula, las mismas que sujetan a los cabezales de una máquina de ensayos de tracción convencional. (Civilgeeks.com, 2011)

b. Compresión diametral (*Split test*)

Se ensaya hasta la rotura una probeta cilíndrica de estándar 6"x12" cargada diametralmente, tal como se ilustra en la figura 6. Los esfuerzos a lo largo del diámetro vertical varían de compresiones transversales muy altas cerca de las zonas de aplicación de cargas a esfuerzos de tracción prácticamente uniformes en aproximadamente las dos terceras partes del diámetro. El ajuste de un gran número de resultados experimentales, arroja un promedio (con mucha dispersión) dado por la ecuación (1). (Ottazzi, 2014)

$$f_{sp} \approx 1.7 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots (1)$$

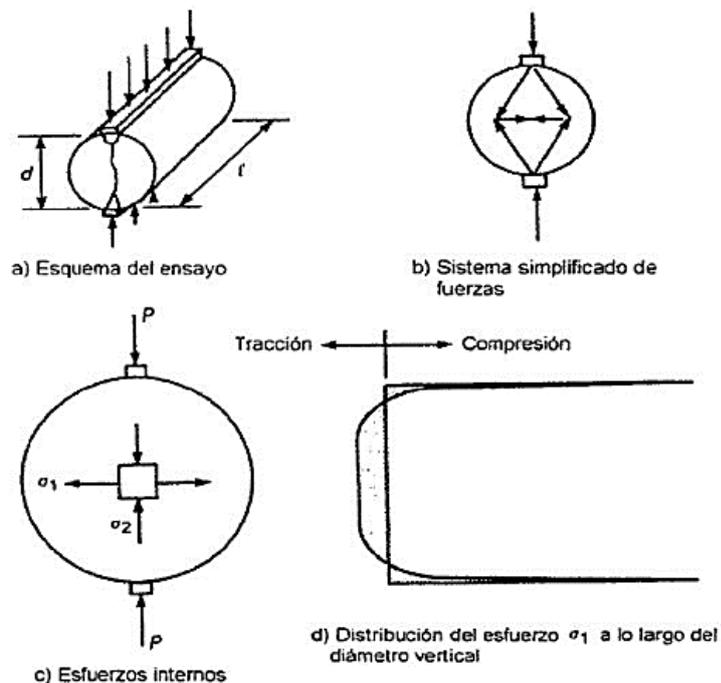


Figura 6. Probeta de concreto sometido a compresión diametral  
Fuente: (Ottazzi, 2014)

La figura 7, según McGregor, muestra los resultados de un gran número de ensayos a compresión diametral con relación a la resistencia a la compresión  $f'_c$ . La curva superior corresponde al promedio representando por la ecuación (1) en unidades inglesas. (Ottazzi, 2014)

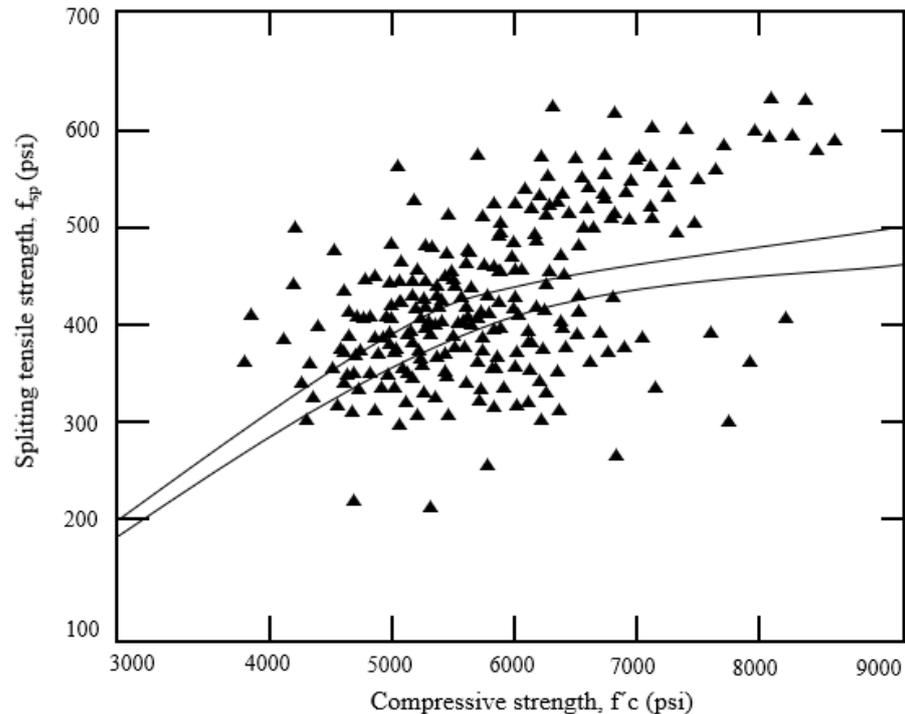


Figura 7. Relación entre el ensayo Split Test y la resistencia a compresión  
Fuente: (Ottazzi, 2014)

### iii) Resistencia a la Flexión

En comparación al a resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión es baja, pero muy superior a la resistencia a la tracción pura. Este parámetro se aplica en estructuras rígidas, como los pavimentos rígidos o vigas, tal como se muestra en la figura 8; esto debido a que los esfuerzos de compresión que se genera entre las ruedas de un vehículo y el pavimento son iguales a la presión de inflado de las mismas, por ende, este puede llegar a ser de 5 a 6 kg/cm<sup>2</sup>, esto es mayormente bajo a lo que genera la resistencia a la compresión de otras estructuras, las cuales están entre 150 y 350 kg/cm<sup>2</sup>. (Rivera, 2013)

Es claro entonces que para el diseño de pavimentos de concreto la característica importante es la resistencia a la flexión del concreto o también llamada “módulo de rotura”. (Rivera, 2013)

El módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para

los materiales dados y el diseño de la mezcla. El módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%. (NRMCA, 2016)

El ACI y La Norma Peruana E.060, definen el módulo de Rotura del concreto mediante la ecuación (2). La Norma E.060 utiliza esta ecuación para el cálculo de deflexiones en elementos de concreto armado. Sin embargo, para elementos de concreto simple sometidos a flexión. La E.060 especifica el valor dado por la ecuación (3).

$$f_r \approx 2 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots (2)$$

$$f_r \approx 1.33 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots (3)$$



Figura 8. Ensayo de resistencia a la flexión  
Fuente: (Constructor Civil, 2011)

#### iv) Modulo Elástico

Esta propiedad representa la rigidez del concreto frente a una carga sometida sobre el mismo, la cual su principal principio es la aplicación de carga estática y la deformación unitaria que se produce.

Esta propiedad es afectada por los agregados, ya que cuando mayor sea la cantidad de agregado grueso, será más alto el módulo de elasticidad del concreto. El módulo de elasticidad va aumentar con la velocidad de deformación, esto ocurre cuando se somete a temperaturas bajas. (ACI 318)

v) Absorción de agua

Este método de ensayo se utiliza para determinar el ritmo de absorción de agua (sorptividad) en el hormigón de cemento hidráulico, midiendo el incremento de la masa de una probeta como resultado del hormigón de cemento hidráulico, midiendo el incremento de la masa de una probeta como resultado de la absorción de agua en función del tiempo cuando solo se expone al agua una superficie de la probeta. La superficie de la probeta expuesta al agua se sumerge en agua y el agua ingresa al hormigón no saturado dominado por la succión capilar durante e contacto inicial con el agua. (ASTM C 1585, 2004)

a. Significado y utilización

El desempeño del hormigón sujeto a muchos ambientes agresivos es una función, a largo plazo, de la penetrabilidad de su sistema de poros. En el hormigón no saturado el ritmo de penetración de agua u otros líquidos está fuertemente controlado por la absorción debida al ascenso capilar. Este método de ensayo está basado en el desarrollado por Hall, que denominó el fenómeno como “sorptividad de agua”. (ASTM C 1585, 2004)

La absorción de agua de la superficie del hormigón depende de muchos factores, incluyendo los siguientes:

- Las dosificaciones de la mezcla de hormigón.
- La presencia de aditivos químicos y de materiales cementicos suplementarios.
- La composición y características físicas de los componentes cementicos y de los áridos.
- El contenido de aire incorporado.
- El tipo de duración del curado.
- El grado de hidratación o edad.

Este método pretende determinar la susceptibilidad de un hormigón no saturado a la penetración del agua. En general el ritmo de absorción de agua del hormigón en la superficie difiere del ritmo de absorción de agua de una muestra tomada en su interior. La superficie exterior está sujeta a menos que el curado pretendido y

está expuesta a las condiciones más potencialmente adversas. Este método de ensayo se utiliza para medir el ritmo de absorción de agua tanto de la superficie como del interior del hormigón a través de un testigo perforado y su corte transversal a las profundidades seleccionadas. De esta forma se puede evaluar la absorción a diferentes distancias de la superficie expuesta. El testigo se puede perforar verticalmente o horizontalmente. (ASTM C 1585, 2004) Para la obtención de la absorción inicial y final, se usan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Absorción inicial: } I = S_i\sqrt{t + b} \dots (4)$$

$$\text{Absorción final: } I = S_s\sqrt{t} + b \dots (5)$$

## 2.4. Normas que apoyan a la investigación

### 2.4.1. American Concrete Institute (ACI)

El *American Concrete Institute* (ACI) es una autoridad y un recurso líder en todo el mundo para el desarrollo, distribución y adopción de estándares basados en consenso, recursos técnicos, programas educativos y experiencia comprobada para personas y organizaciones involucradas en el diseño, la construcción y los materiales de concreto. que comparten el compromiso de buscar el mejor uso del hormigón. (Concrete.org, 2020)

#### a. Guía para el curado del concreto (ACI 308)

Esta norma describe las prácticas que se deben llevar a cabo en el curado del concreto. Puesto que este material se emplea para muchos fines y en condiciones de servicio con variaciones muy amplias, se proporcionan los requisitos del curado de acuerdo con los métodos y materiales adecuados, método de construcción y empleo que se dará al concreto ya endurecido. (ACI 308, 2016)

### 2.4.2. American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM es uno de los editores técnicos de normas, documentos técnicos e información relacionada más respetados del mundo. Aplicadas a casi todo, desde el petróleo y el acero hasta el cemento y la sostenibilidad, las normas ASTM ayudan a las empresas a mejorar la calidad y la competitividad al

tiempo que mejoran la vida de millones de personas en todo el mundo todos los días. (ASTM International, 2021)

a. Especificación estándar para compuestos formadores de membranas líquidas para curar concreto (ASTM C309)

Esta norma cubre los compuestos líquidos formadores de membranas adecuados para la aplicación en superficies de concreto, para reducir la pérdida de agua durante el periodo de fraguado. Los compuestos que forman membranas de pigmento blanco sirven al propósito adicional de reducir el aumento de temperatura en el concreto expuesto a la radiación del sol. Los compuestos formadores de membranas cubiertos por esta norma son adecuados para su uso como medio de curado para el concreto fresco, y también pueden usarse para curado adicional del concreto después de la eliminación del encofrado o después del curado húmedo inicial. (ASTM C309, 2019)

La ASTM C309 es la especificación del curado del concreto que más se utiliza últimamente ya que hoy en día este establece la cantidad de pérdida de humedad que transmite el concreto durante el proceso de curado. Según ASTM.org, ASTM C309 establece que el compuesto de curado debe formar una membrana que tenga propiedades de retención de humedad equivalentes a 0.55 kg/m<sup>2</sup> en 72 horas cuando se aplica 200 pies cuadrados por galón.

2.4.3. Norma Técnica Peruana (NTP)

Las Normas Técnicas Peruanas son documentos que establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios. Existen también NTP sobre terminología, métodos de ensayo, muestreo, envase y rotulado que se complementan entre sí. Su aplicación es de carácter voluntario. (Minagri, 2015)

a. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión. (NTP 339.034)

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la

compresión en especímenes cilíndricos de concreto y extracciones diamantinas de concreto. Está limitado al concreto que tiene una masa unitaria mayor de  $800 \text{ kg/m}^3$ . (NTP, 2015)

## 2.5. Definición de términos básicos

Curado del concreto: Proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulica madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor. (Sika, 2009)

Agregados del concreto: Material granular usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. Puede utilizarse en su estado natural o bien, triturado, de acuerdo a su uso y aplicación. (Cemex México, 2021)

Exudación del concreto fresco: Aparición de una cantidad de agua superior a la normal en la superficie de un hormigón fresco debido a la sedimentación de sus componentes sólidos o el drenaje del agua de amasado. También llamado exceso de agua. (Diccionario de aquitecteure y construcción, 2016)

Resistencia del concreto: La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en  $\text{kg/cm}^2$ . (Cemex, 2019)

Fraguado del concreto: Es un factor importante en la resistencia del concreto, ya que es necesario determinar el tiempo de fraguado para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad del fraguado con el fin de regular los tiempos de mezclado y transporte. (Lienier, 1994)

## 2.6. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

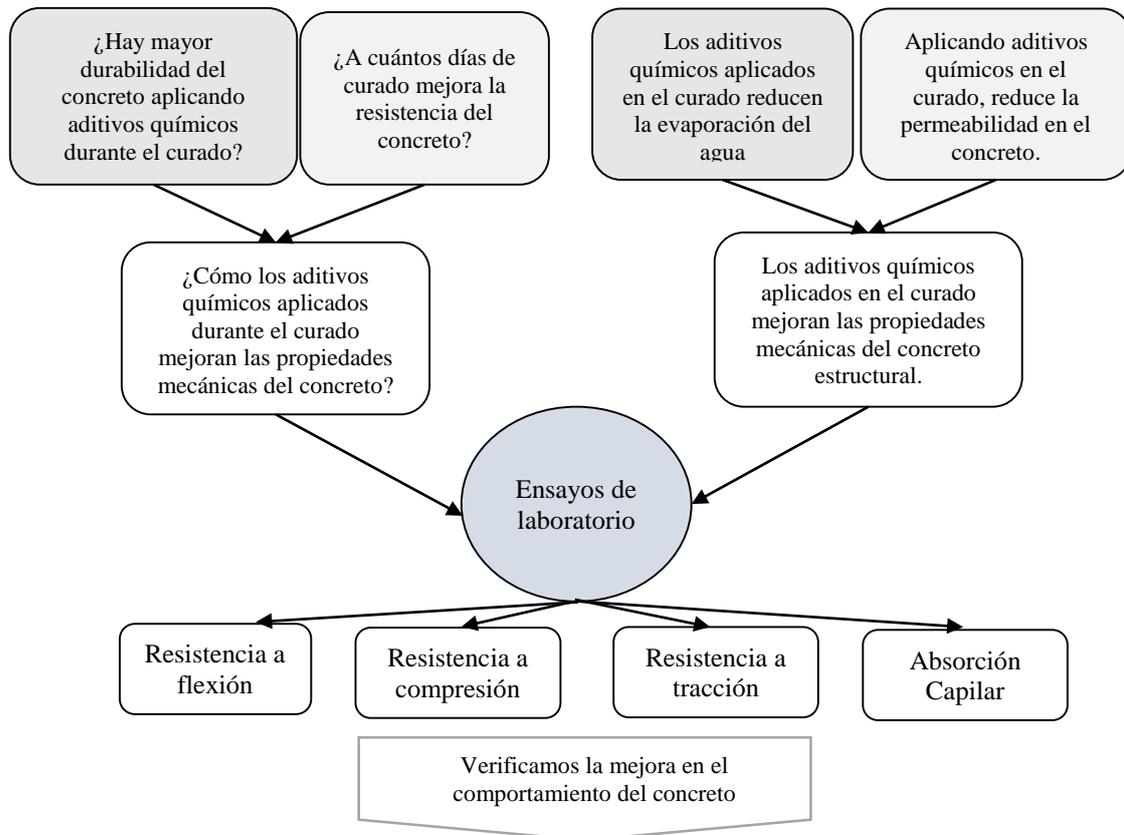


Figura 9. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis general

Los aditivos químicos aplicados en el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a. A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la compresión del concreto.
- b. A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la tracción del concreto.
- c. A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la flexión del concreto.
- d. A mayor tiempo de curado se reduce la absorción capilar del concreto.

### 3.2. Variables

#### 3.2.1. Variables Independientes

Aditivos químicos para el curado.

Indicador:

Tiempo de curado

#### 3.2.2. Variable Dependiente

Propiedades mecánicas del concreto.

Indicadores:

- Resistencia a compresión
- Resistencia a tracción
- Resistencia a flexión
- Absorción Capilar

### 3.3. Sistema de variables

#### 3.3.1. Definición conceptual

- Aditivo químico para el curado

Pueden ser ceras (parafinas), resinas, acrílicos o silicatos que disminuyen la evaporación del agua en el concreto. Se puede utilizar un líquido translúcido o con colores, en el caso de compuestos blancos, éstos aportan propiedades reflectivas y permiten efectuar la inspección visual sobre el

cubrimiento de la superficie; éstos compuestos deben cumplir con la norma ASTM C309. (Toxement, 2019)

- Propiedades mecánicas del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto determinan su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas continuas o discontinuas, estáticas, dinámicas o cíclicas. (IFUNAM, 2021)

### 3.3.2. Definición operacional

- Factores del curado

Son elementos que influyen e intervienen al curado de manera directa.

- Estado Endurecido

Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. (Imcyc, 2004)

### 3.3.3. Operacionalización de las variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramientas
Independiente									
Aditivos químicos	Pueden ser ceras, resinas, acrílicos o silicatos, estos aportan propiedades reflectivas, disminuyen la evaporación del agua y cubren la superficie.	Son elementos que influyen e intervienen al curado de manera directa.	Factores del curado	Tiempo de curador	N° de días	día	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	ACI 308 ASTM C309 Fichas técnicas
Dependiente				Resistencia a compresión	Compresión axial	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	
Propiedades mecánicas del concreto	Las propiedades mecánicas del concreto determinan su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas continuas o discontinuas, estáticas, dinámicas o cíclicas.	Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece.	Estado Endurecido	Resistencia a tracción	Compresión Diametral	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	Norma E.060 ASTM C39 ASTM 1585 Fichas técnicas
				Resistencia a flexión	Módulo de Rotura	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	
				Absorción Capilar	Abs. capilar inicial y final	mm/s <sup>0.5</sup>	Cuantitativa continua	Formato de laboratorio	

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

### 4.1. Método de la investigación

En el estudio efectuado por Ortiz, F. (2020), se comparó el curado convencional y el curado con el aditivo químico Antisol en el concreto, enfocándose en la resistencia a compresión. El método empleado fue el deductivo, debido a que reconoce e identifica el aditivo químico, lo relaciona en la aplicación en el curado y propone que método sería el más eficaz. La orientación aplicada, ya que propone curar el concreto con el aditivo químico Antisol para que se use en los proyectos de construcción y mejore sus propiedades mecánicas. El enfoque de la investigación es cuantitativo, al hacer las pruebas en las probetas a compresión axial, se obtiene la fuerza de resistencia a compresión del concreto. El instrumento de recolección de datos que proponen es retrolectivo debido a que los datos que obtienen, son debido al trabajo en el laboratorio de concreto y además se usó formatos elaborados del laboratorio.

En el estudio efectuado por Jacobo, A. (2019), analizó la influencia del curado con agua y el curado artificial en la resistencia a compresión del concreto. El método empleado fue el deductivo, debido a que intenta demostrar la influencia del curado del concreto con agua respecto al curado artificial, propone soluciones para el problema del tratamiento de curado y plantea hipótesis del desempeño del concreto. La orientación aplicada, ya que propone recomendar cuando curar el concreto con diferentes aditivos químicos y cuando curar solamente con agua en los proyectos de construcción y optimizar su desempeño. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, puesto que el medio de la prueba de las hipótesis se basó en mediciones numéricas y en realizar el análisis estadístico, de esa forma se obtuvo los resultados esperados y se procesó en gabinete obteniendo las diferencias en la resistencia a la compresión utilizando agua y aditivos químicos en el curado del concreto. El instrumento de recolección de datos que proponen fue retrolectivo debido a que los datos que obtienen, son debido al trabajo en el laboratorio de concreto y además usó formatos elaborados del laboratorio.

En el estudio efectuado por Zareth y Ordoñez (2021), analizaron la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión. El método empleado fue el deductivo, debido a que

reconoce e identifica y relacionada las diferentes metodologías de curado usadas en la industria de la construcción, así como también sus consecuencias en las propiedades del concreto, propone ver los efectos que tienen las diferentes técnicas de curado escogidas y aplicadas en las muestras fabricadas, sobre los valores de resistencia a la compresión del concreto. La orientación aplicada, ya que propone curar cilindros de concreto hidráulico con diferentes técnicas para obtener el impacto que tendría en la construcción y así hacer una mejor elección del método a utilizar para curar el concreto. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, al haber hecho las pruebas en las probetas a compresión axial, obteniendo la fuerza de resistencia a compresión de los cilindros de concreto hidráulico. El instrumento de recolección de datos que habían propuesto fue retrolectivo debido a que los datos que obtienen, son debido al trabajo en el laboratorio de concreto y además se usó formatos elaborados del laboratorio.

La investigación es un estudio documental, bibliográfica y descriptiva. Es documental/bibliográfica porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucran las variables en estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basados en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del concreto en estado endurecido, obteniendo información relevante y fidedigna. En la investigación, se analizó la mejora de las propiedades mecánicas del concreto cubriéndolo con aditivos químicos durante el curado del concreto. El método empleado fue el deductivo, debido a que reconoce e identifica las variables de estudio, las operacionaliza, propone soluciones para el problema de la investigación y plantea hipótesis de acuerdo a los objetivos. La orientación aplicada, ya que se propone curar el concreto con aditivos químicos para que se use en los proyectos de construcción y mejore sus propiedades mecánicas. El enfoque de la investigación es cuantitativo, al analizar las pruebas a compresión axial en las probetas, obteniendo las fuerzas de resistencias a compresión del concreto. El instrumento de recolección de datos que se propuso es retrolectivo debido a que los datos recopilados, son el trabajo de las investigaciones en laboratorios de concreto y además se usó formatos elaborados del laboratorio.

#### 4.2. Tipo de la investigación

En el estudio efectuado por Ortiz, F. (2020), es de tipo descriptiva, explicativa y correlacional. Descriptiva debido a que se detectó el problema en el tratamiento del concreto y se le quiere dar solución identificando el uso del aditivo Antisol para curar el concreto. Explicativa porque se exponen los resultados obtenidos con el curador Antisol que se usó en la investigación. Correlacional ya que existe la relación entre variables independiente con la dependiente de manera directamente proporcional, respecto al número de capas aplicadas del aditivo químico.

En el estudio efectuado por Jacobo, A. (2019), es de tipo descriptiva y explicativa. Descriptiva debido a que se detectó el problema en el tratamiento del concreto que al utilizar agua no se logra totalmente un concreto resistente y se le quiere dar solución identificando que curador químico ayuda mantener hidratado el concreto. Explicativa porque se exponen los resultados de resistencia a compresión del concreto obtenidos con los dos diferentes métodos de curado.

En el estudio efectuado por Zareth y Ordoñez (2021), es de tipo descriptiva y explicativa. Descriptiva debido a que se observó la problemática en las técnicas de curado del concreto y se le quiere dar solución identificando cual garantiza o contribuye a mejores valores de resistencia a compresión. Explicativa porque se exponen los resultados obtenidos en 48 muestras cilíndricas de concreto en base a un diseño de mezcla convencional, teniendo en cuenta la normativa colombiana para obtener la resistencia compresión del concreto con las 8 técnicas diferentes de curado.

En la presente investigación es de tipo descriptivo y explicativa. Descriptiva debido a que se detectó el problema en el tratamiento del concreto y se le quiere dar solución identificando el mejor método para curar el concreto. Explicativa porque se exponen los resultados obtenidos con los diferentes curadores químicos que se usaron en las investigaciones.

#### 4.3. Nivel de investigación

En el estudio efectuado por Ortiz, F. (2020), es de nivel descriptivo debido a que usaron un total de 100 probetas con un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para el ensayo de resistencia a compresión en diferentes edades del concreto y se determinó

que aplicando más capaz del curador químico Antisol aumenta la resistencia del concreto.

En el estudio efectuado por Jácobo, A. (2019), es de nivel descriptivo ya que usaron 16 probetas con un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para cada de los 3 tipos de curados ensayados a resistencia a la compresión y se determinó por un análisis estadístico por medio de factores que intervienen en el diseño del experimento, el curado sumergido en agua tiene mejores resultados que los aditivos químicos.

En el estudio efectuado por Zareth y Ordoñez (2021), es de nivel descriptivo ya que usaron 6 probetas con un diseño de mezcla de 3000 psi para cada uno de los 8 tipos de curados ensayados a resistencia a la compresión y se determinó que el curado sumergido en agua a los 28 días alcanzó mayores valores de resistencia, y la de menor valor fue el rociado manual de agua potable.

En la presente investigación es de nivel descriptivo ya que usamos todos los ensayos de las probetas a resistencia a la compresión, con un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para los diferentes tipos de curados a diferentes edades del concreto ensayados en laboratorio, determinando si los curadores químicos dan un mejor comportamiento al concreto.

#### 4.4. Diseño de la Investigación

La clasificación del diseño de investigación según el propósito del estudio, es diseño experimental, el cual es cuando el investigador tiene el manejo de la variable independiente, ya que puede manipularla de manera intencional, puede realizarse pruebas en laboratorios y este tipo de diseño se utiliza cuando se tiene que probar la efectividad y los efectos adversos, es decir, los datos son obtenidos en base a ensayos, en donde se manipula una sola variable (aplicación de aditivos químicos) y se espera la respuesta de la otra variable (mejora o empeoramiento de las propiedades mecánicas). Según el número de mediciones, es diseño longitudinal, los cuales recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias, compara los valores de las variables en diferentes ocasiones, para realizar un análisis causa efecto. Según la cronología de las observaciones, es diseño retrospectivo, debido a que se toma información de investigaciones pasadas. Según el estudio del diseño,

es de evolución de grupo (cohorte), dado que estudia la relación entre la variable independiente los aditivos químicos para el curado (causa) y la variable dependiente propiedades mecánicas del concreto (efecto).

#### 4.5. Población y muestra

##### 4.5.1. Población

De las referencias bibliográficas tomadas para la presente investigación, se tomaron como referencia las siguientes:

- Ortiz, F. (2020): La población estuvo conformada por 80 probetas cilíndricas y el uso del aditivo químico Antisol.
- Jácomo, A. (2019): La población estuvo conformada por 48 probetas cilíndricas y la aplicación de aditivos químicos: Sikacemcurador y Membranil Vista.
- Zareth y Ordoñez (2021): La población estuvo conformada por 48 probetas cilíndricas y el uso de aditivos químicos para el curado Tipo 1 y Tipo 1-D.

##### 4.5.2. Muestra

De las referencias bibliográficas tomadas para la presente investigación, se tomaron como referencia las siguientes:

Ortiz, F. (2020): La muestra se encuentra conformada por probetas cilíndricas de 12'' de altura x 6'' de diámetro elaborados con dos tipos de curado a los 7, 14, 21 y 28 días de edad. El curador químico usado fue el compuesto líquido incoloro Sika Antisol que se aplicó por medio de un rociador, tiene una densidad de 1.11 kg/l +/- 0.01. Para el diseño de mezcla del concreto, usaron agregado grueso con tamaño nominal de ½'' y agregado fino con módulo de fineza 3.01, los dos de procedencia Pilcomayo. El cemento tipo Portland Tipo 1-Cemento Andino con peso específico 3.12 gr/cm<sup>3</sup>. Para la dosificación de la mezcla se consideró un asentamiento de 3'' a 4'' y con ello el volumen unitario de agua 216 lt/m<sup>3</sup>. Así conseguir la resistencia de diseño a compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>3</sup> con una relación a/c = 0.68.

Jácomo, A. (2019): En este trabajo de investigación se elaboraron cilíndricos de concreto de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro elaborados

con dos tipos de curadores (agua y curadores químicos) distribuidos en 4 repeticiones por cada tipo de curador y a los 7, 14, 21 y 28 días de edad. Para los curadores químicos se tomaron en cuenta 2 productos nacionales del mercado más utilizados (Sikacemcurador y Curador Membranil Vista); además para la obtención de los agregados se tuvo en cuenta la gravilla de ½” y arena gruesa de la cantera “El Milagro”, se empleó también el cemento tipo 1 de la marca Pacasmayo cuyo peso específico fue de 2.96 gr/cm<sup>3</sup> y el agua que se utilizó fue potable.

Zareth y Ordoñez (2021): La muestra se encuentra conformada por probetas cilíndricas de 20 cm de altura x 10 cm de diámetro elaborados con ocho tipos de curado a los 7 y 28 días de edad. Los curadores químicos usados fueron Tipo 1 (EUCON WR 85) y Tipo 1-D (PLASTOL 7200 ULTRA) de la marca Toxement. Para el diseño de mezcla del concreto, usaron agregado grueso con tamaño nominal de ¾” y agregado fino con módulo de finura 2.8, de procedencia de Ingecost y Andimineral S.A.S. respectivamente. El cemento tipo Portland Tipo 1-Cemento Ultracem. Así conseguir la resistencia de diseño a compresión  $f'_c = 3000$  psi.

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

##### 4.6.1. Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación son retrolectivos, ya que corresponden a fuentes pasadas, obtenidos de los registros de ensayos de laboratorio de estudios anteriores con el uso de los aditivos químicos durante el curado, las cuales están determinadas por las especificaciones de las Normas Nacionales e Internacionales.

Las herramientas fundamentales para nuestra investigación fueron:

- NTP 339.034 (2015) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- Comité ACI 308 (2016) Guía para el curado externo del hormigón.
- ASTM C309 (2019) Especificación estándar para compuestos formadores de membranas líquidas para curar concreto.

#### 4.6.2. Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas que se tomó en cuenta para esta investigación, son de ensayos de laboratorio de estudios anteriores:

Ortiz, F. (2020): El método que uso en su estudio, para determinar cómo influye el curado convencional con respecto al curado con el uso del aditivo Antisol, fue con ayuda de normas, fichas técnicas, manuales y guías. La técnica que usaron fue práctico, ya que aplicaron los dos métodos de curado en las probetas de concreto y fueron ensayadas a compresión para observar cual tiene una mayor resistencia.

Jácobo, A. (2019): El método que uso en su investigación, para determinar la influencia del curado de concreto con agua y curado artificial, fue con ayuda de normas, fichas técnicas, manuales y guías nacionales como internacionales. La técnica que usaron fue práctico, ya que aplicaron los tres tipos de curado en las probetas de concreto a diferentes edades de resistencia y fueron ensayadas a compresión para observar cual tiene un mejor comportamiento mecánico.

Zareth y Ordoñez (2021): El método que uso en su investigación, para determinar la influencia de las técnicas para el curado de cilindros de concreto sobre la resistencia a la compresión, fue con normas, fichas técnicas, manuales y guías nacionales como internacionales. La técnica que usaron fue práctico, ya que aplicaron ocho técnicas para el curado en las probetas de concreto y, a los 7 y 28 días fueron ensayadas a compresión para analizar cual tiene mejores resultados.

En la presente investigación, los métodos que se usaron fue la revisión bibliográfica de artículos, tesis, normas técnicas y resultados de laboratorio. Las técnicas fue principalmente la revisión de bibliografía relacionado al tema de los aditivos químicos en relación al curado del concreto, y además ensayos de laboratorios por parte de investigaciones de tesis, donde se obtuvo los diferentes resultados en las propiedades mecánicas del concreto. Los cuales permitieron relacionar y formar un criterio en el uso del aditivo químico en el curado.

#### 4.7. Descripción de procesamientos de análisis

Para la presente investigación se toma en cuenta, los procesamientos de análisis de los siguientes estudios:

Ortiz, F. (2020): Para iniciar su estudio, se analizaron las propiedades físicas de los agregados. Análisis granulométrico, peso específico, absorción, peso unitario y contenido de humedad. Luego se diseñó la mezcla de concreto, se siguió con los tratamientos de curado: el convencional (en pozo de agua), la aplicación del aditivo Antisol y por último sin ningún tratamiento de curado.

Jácobo, A. (2019): Para iniciar su estudio, se analizaron las características de los agregados: peso específico, peso volumétrico, porcentaje de absorción y módulo de finura. Se hizo la prueba a consistencia, donde se observa la trabajabilidad del concreto para luego agregar la mezcla en las probetas. El desmolde de concreto se hace luego de las 24 horas para así proceder a curar el concreto los diferentes métodos: con agua y la aplicación de curadores químicos. Después de pasar los días de la edad de concreto a estudiar, se ensayó en la máquina de compresión, para así observar su resistencia.

Zareth y Ordoñez (2021): En su estudio, los materiales utilizados para la elaboración de los cilindros de concreto fueron donados por la empresa Ultracem, los cuales estaban ya caracterizados: cemento, arena gruesa, arena fina, grava, agua potable y los dos aditivos. Con ellos se diseñó una mezcla de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> según el método del ACI. Se aplicó desmoldante a los cilindros de plástico para que en el proceso de desencofrado no se genere afectaciones en las muestras. Se desencofraron a las 24 horas y procedieron a marcar los especímenes para cada técnica del curado y así luego según el tiempo de curado de los 7, 24 y 28 días fueron ensayados a compresión para analizar sus resultados.

En la investigación realizada, se recolecto información de tesis nacionales, internacionales y artículos enfocados en el tema principal de esta tesis. En donde se identificaron los diferentes ensayos de compresión, tracción, flexión y absorción capilar del concreto. Después de analizado los datos de cada investigación, se ordenó y grafico de acuerdo a los objetivos planteados para la contratación de hipótesis.

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

### 5.1. Resultados de la investigación

Los aditivos para el curado del concreto, presentan diferentes comportamientos dependiendo en diferentes factores: el compuesto químico del aditivo, el tiempo, tipo de cemento, relación a/c, factores externos, entre otros; por ello, en esta investigación se presenta la recopilación de artículos científicos y ensayos de laboratorio, que evidencian diferentes comportamientos mecánicos del concreto ante la variación de lo antes mencionado. Es preciso señalar que los ensayos realizados en los diferentes artículos y tesis de investigación son de carácter nacional e internacional, mostrando resultados fidedignos y significativos, para comprender y poder predecir el comportamiento del concreto con la aplicación de aditivos químicos en el cuidado del curado ante similares y diferentes situaciones. Estos datos se muestran en un cuadro junto a los artículos recopilados para la presente investigación en los Anexos del 5 al 8.

#### 5.1.1. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la compresión del concreto

Muhammad et al., 2021:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el aditivo Antisol E-10, que es un compuesto químico a base de cera que forma una membrana alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.40; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación a/c de 0.40; ambos diseñados a  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se determinó en probetas cúbicas de 100 mm, según BS-1881-116.

Resultado del ensayo experimental:

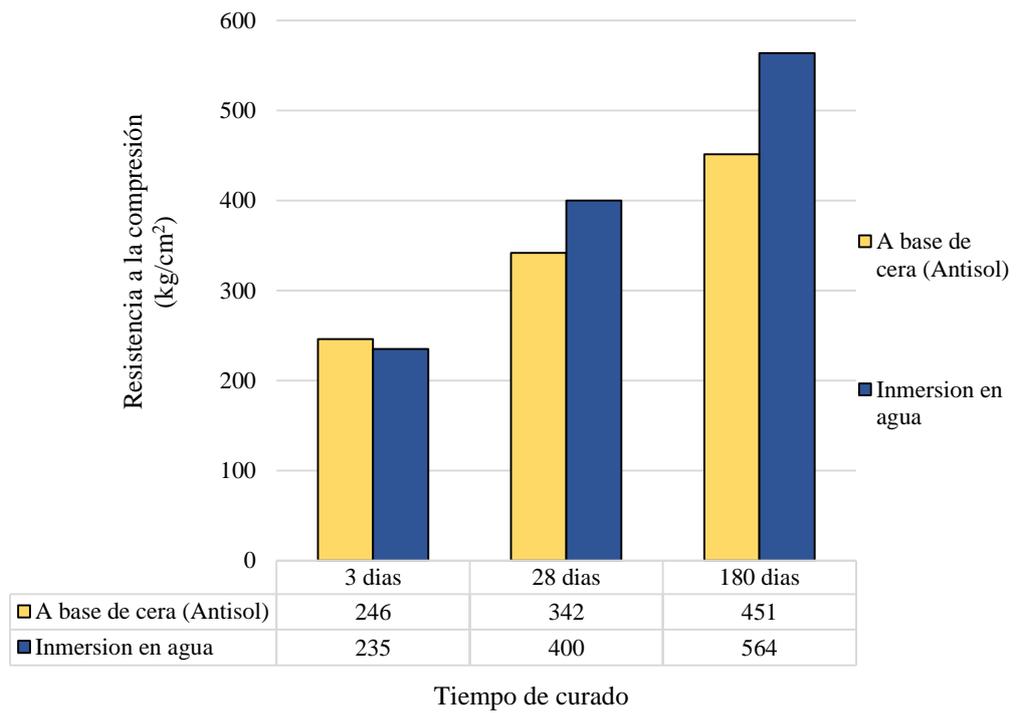


Figura 10. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con OPC vs el tiempo de curado según Muhammad et al., 2021 ( $f^c=345 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

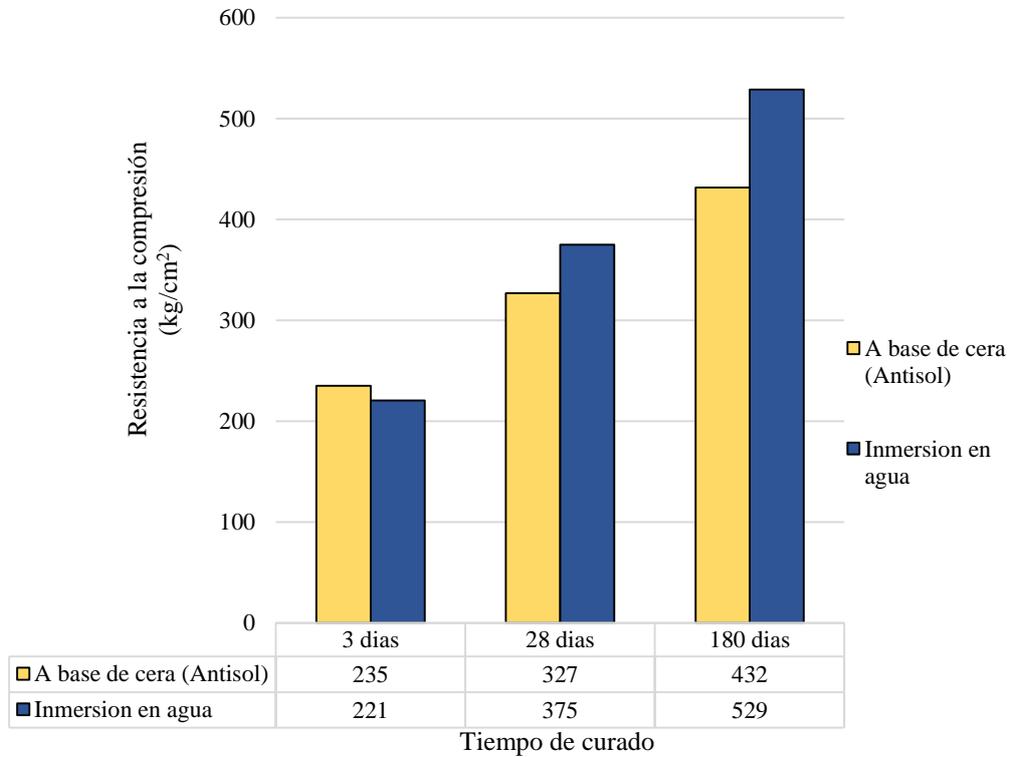


Figura 11. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con 30% FA vs el tiempo de curado según Muhammad et al., 2021 ( $f^c=345 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

Xue et al., 2015:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso tres tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera (parafina), a base de acrílico y a base de silicato, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, diseñado a  $f'c = 360 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

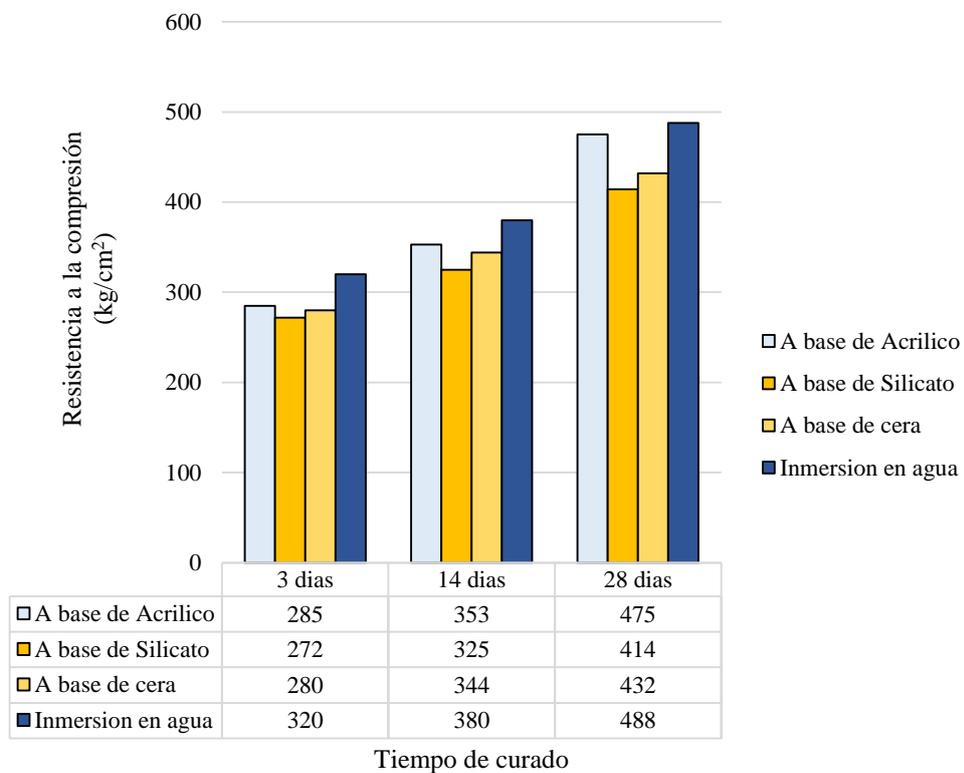


Figura 12. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Xue et al., 2015 ( $f'c=360 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Nematollahzade et al., 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.

- Contenido de la mezcla: Se usaron tres diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.35 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.35, diseñado a  $f'c = 391 \text{ kg/cm}^2$ ; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.29 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.40, diseñado a  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ ; en la tercera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.19 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.45, diseñado a  $f'c = 295 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

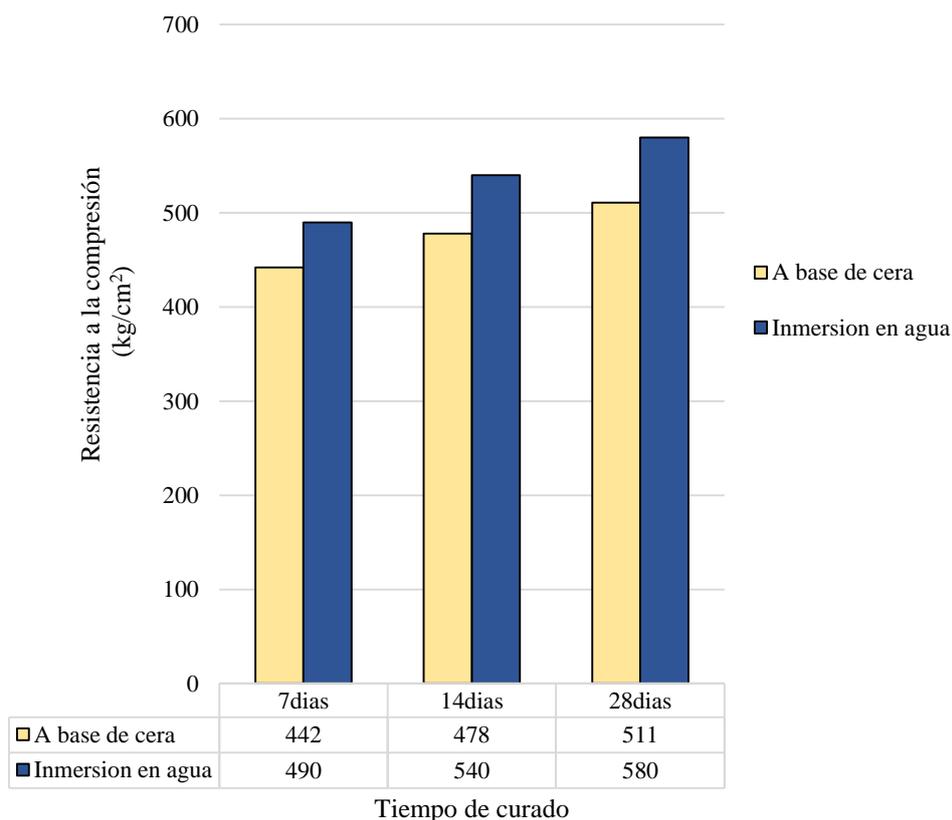


Figura 13. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con  $a/c = 0.35$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=391 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

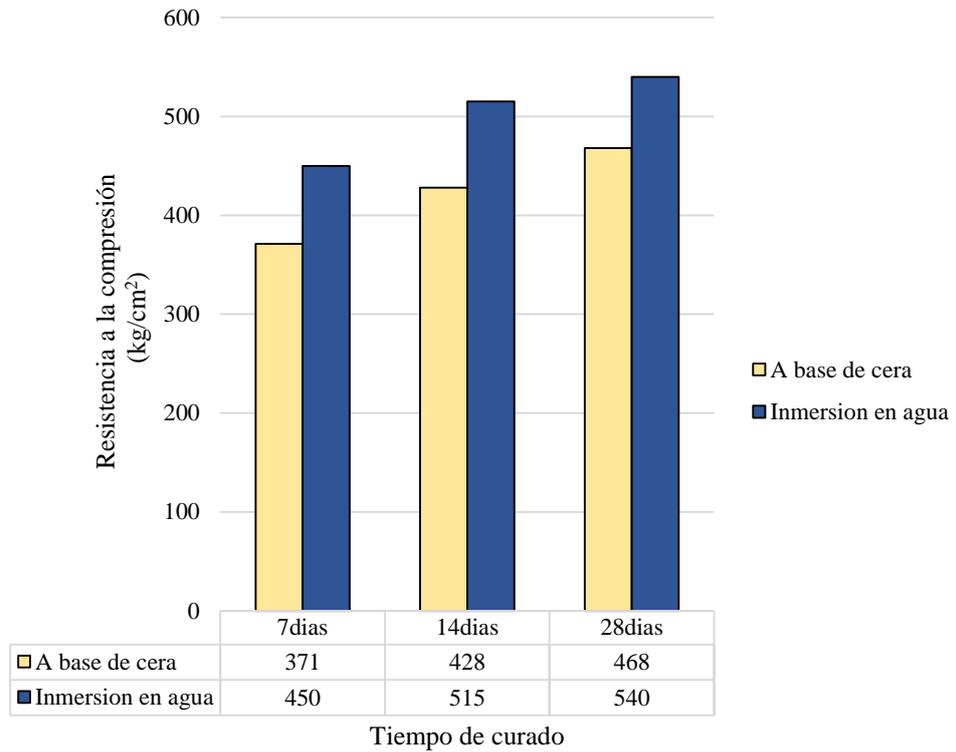


Figura 14. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con  $a/c = 0.40$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Fuente: Elaboración Propia

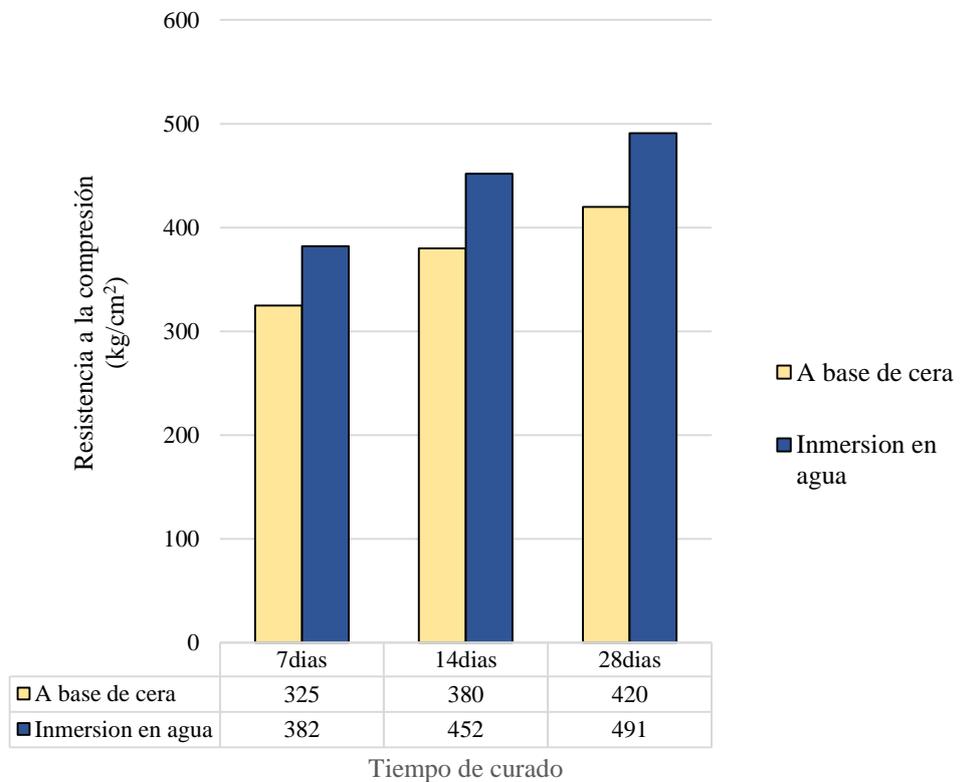


Figura 15. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con  $a/c = 0.45$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020 ( $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Fuente: Elaboración Propia

Nasir et al., 2017:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el aditivo Antisol E-10, que es un compuesto químico a base de cera que forma una membrana alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.40; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación a/c de 0.40; ambos diseñados a  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

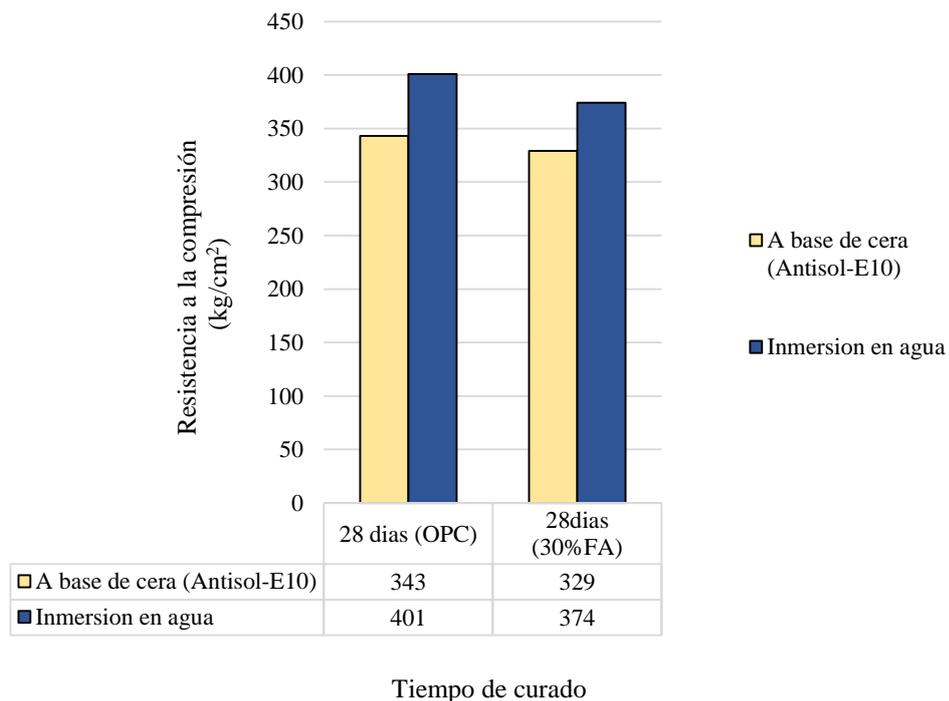


Figura 16. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto con OPC y 30%FA vs el tiempo de curado a los 28 días según Nasir et al., 2017 ( $f'c=345 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

Surana et al., 2017:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.

- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.50, diseñado a  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

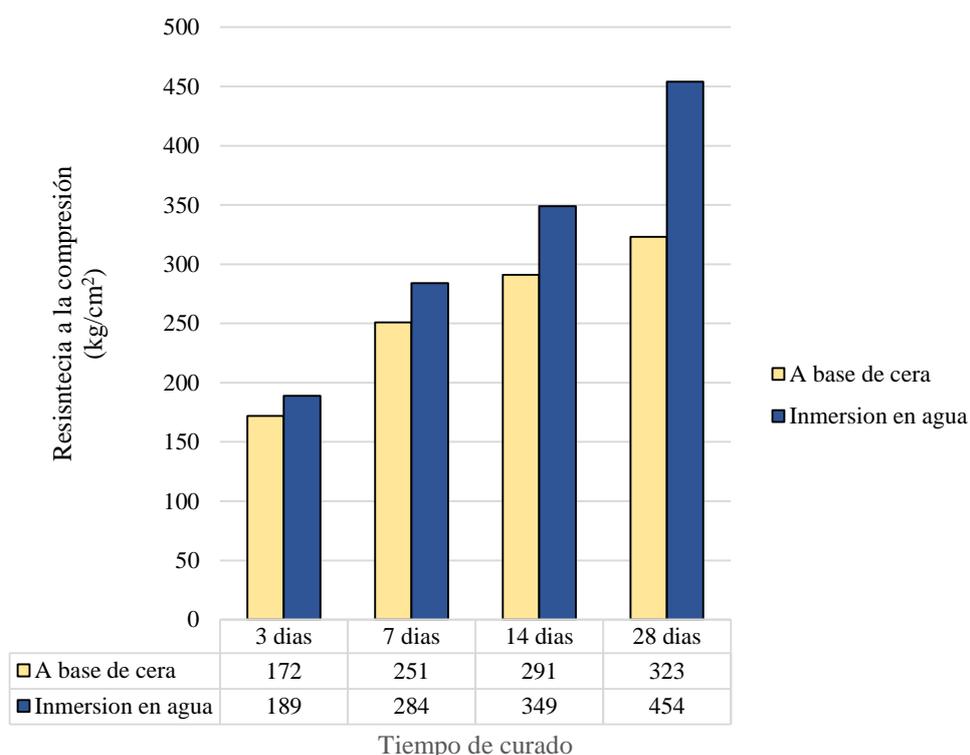


Figura 17. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Surana et al., 2017 ( $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Chougule et al., 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.38, diseñado a  $f'c = 364 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

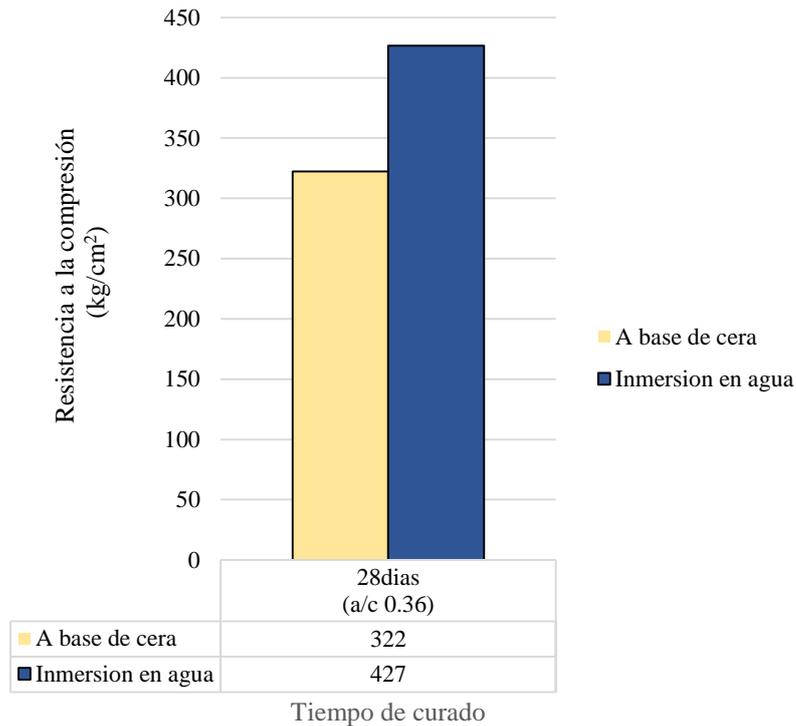


Figura 18. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018 ( $f'c=364$  kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Mohamed y Najm, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el Aditivo químico de curado Masterkure CC127 a base de acrílico, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.36, diseñado a  $f'c = 382$  kg/cm<sup>2</sup>; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.33, diseñado a  $f'c = 500$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

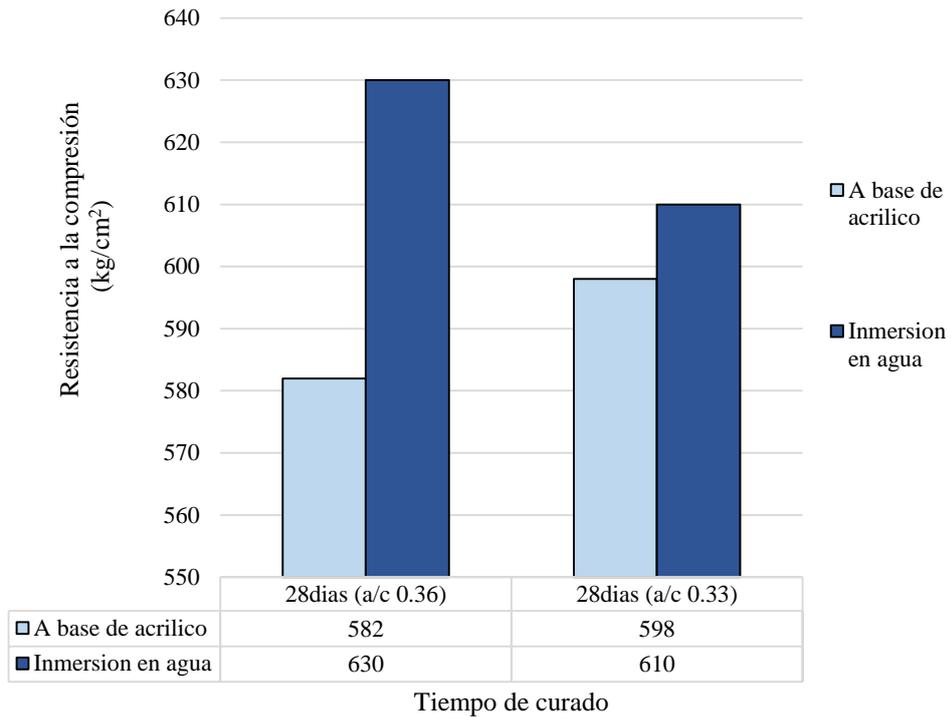


Figura 19. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto con  $a/c = 0.36$  y  $a/c = 0.33$  vs el tiempo de curado a los 28 días según Mohamed y Najm, 2019  
Fuente: Elaboración Propia

Stalin et al., 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación  $a/c$  de 0.60, diseñado a  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

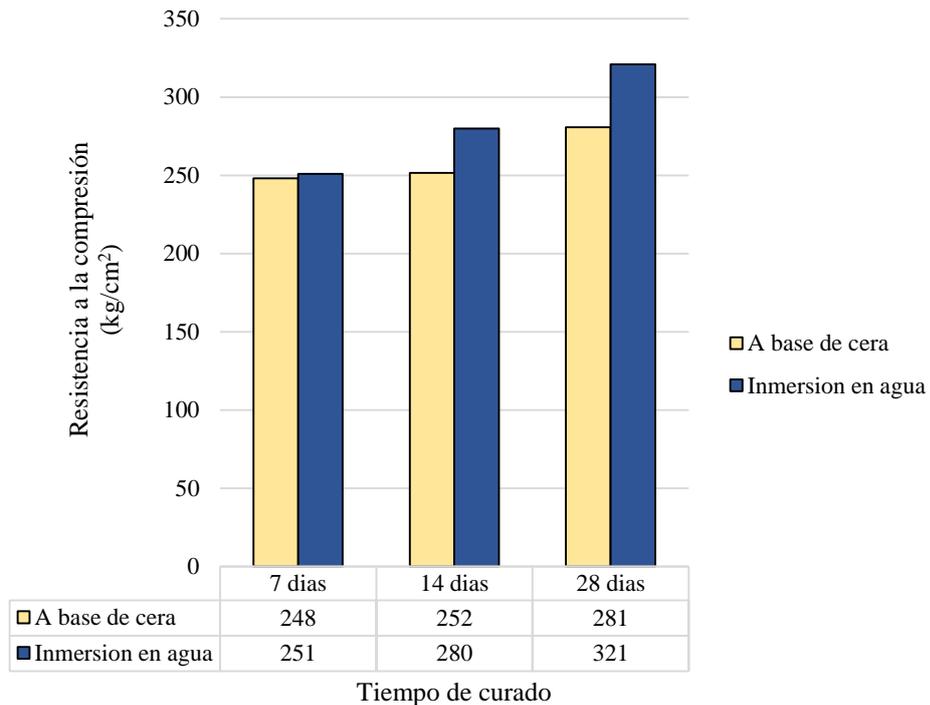


Figura 20. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Stalin et al., 2020 ( $f'c=180$  kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Princy y Elson, 2015:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera y a base de acrílico, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, diseñado a  $f'c = 355$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

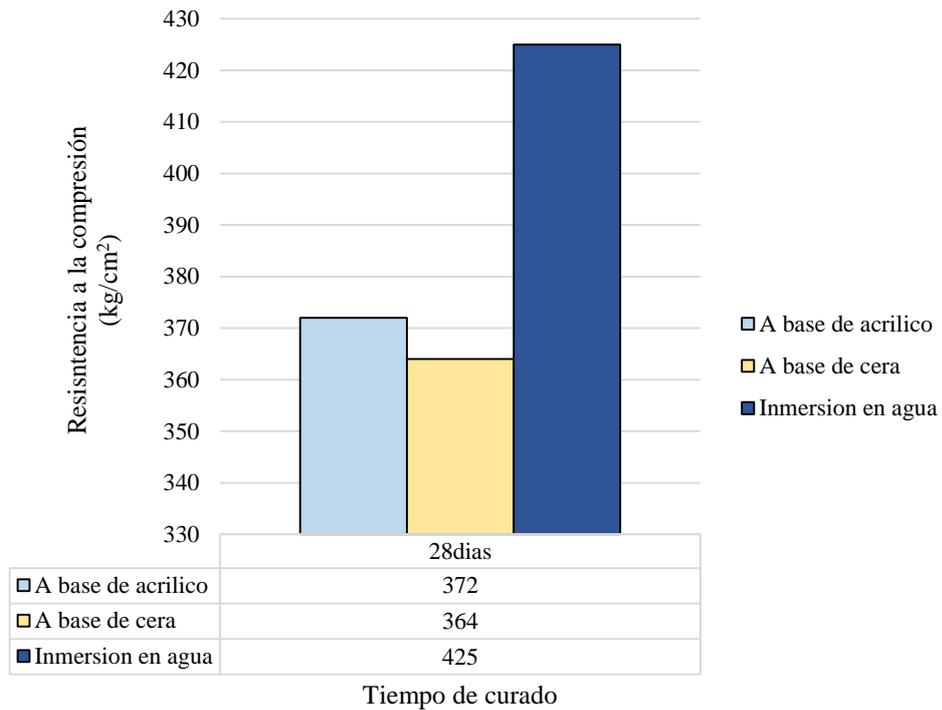


Figura 21. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015 ( $f'c=355\text{kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Rahman y Chamberlain, 2016:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.45, diseñado a  $f'c = 295 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

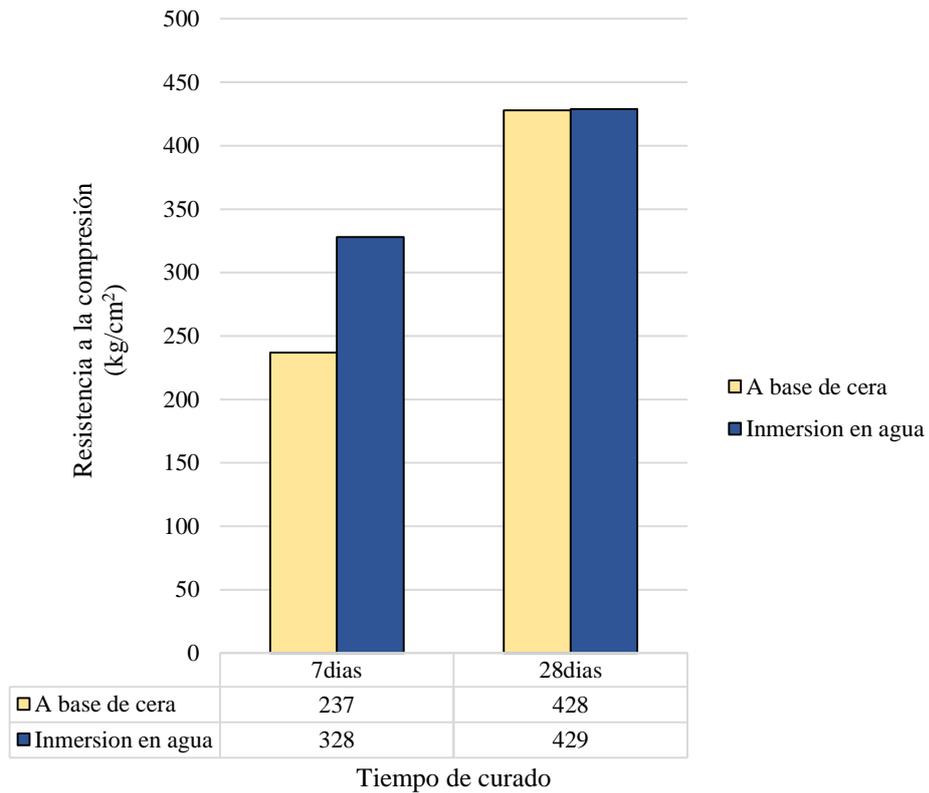


Figura 22. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Rahman y Chamberlain, 2016 ( $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Padmanabhan et al., 2016:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera y a base de acrílico, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, diseñado a  $f'c = 355 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

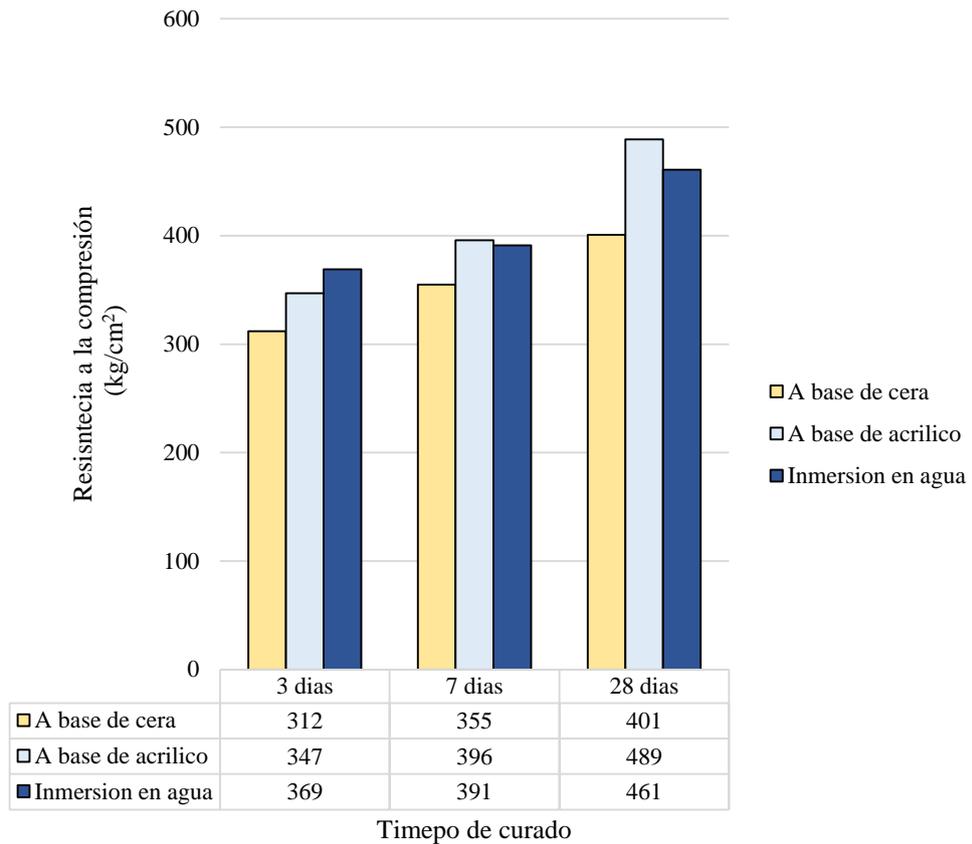


Figura 23. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Padmanabhan et al., 2016 ( $f'c=355 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Rao et al., 2021:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.40, diseñado a  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

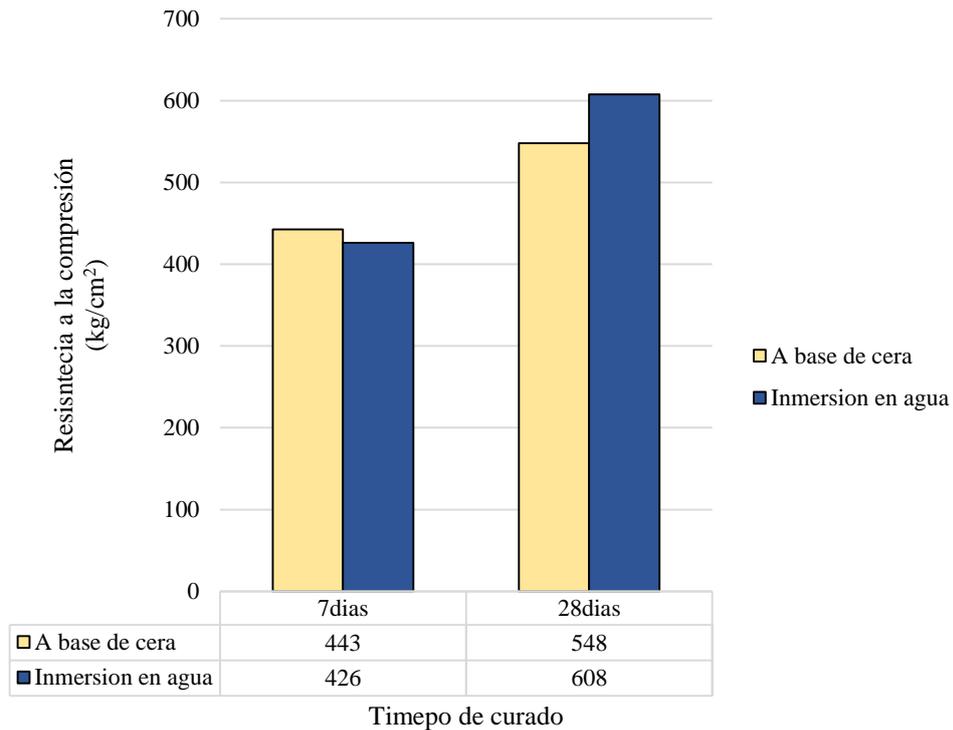


Figura 24. Resistencia a la compresión vs el tiempo de curado según Rao et al., 2021 ( $f'c=345$  kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Benli et al., 2017:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó un Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, diseñado a  $f'c = 355$  kg/cm<sup>2</sup>; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación a/c de 0.48; diseñado a  $f'c = 265$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el "Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens" según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

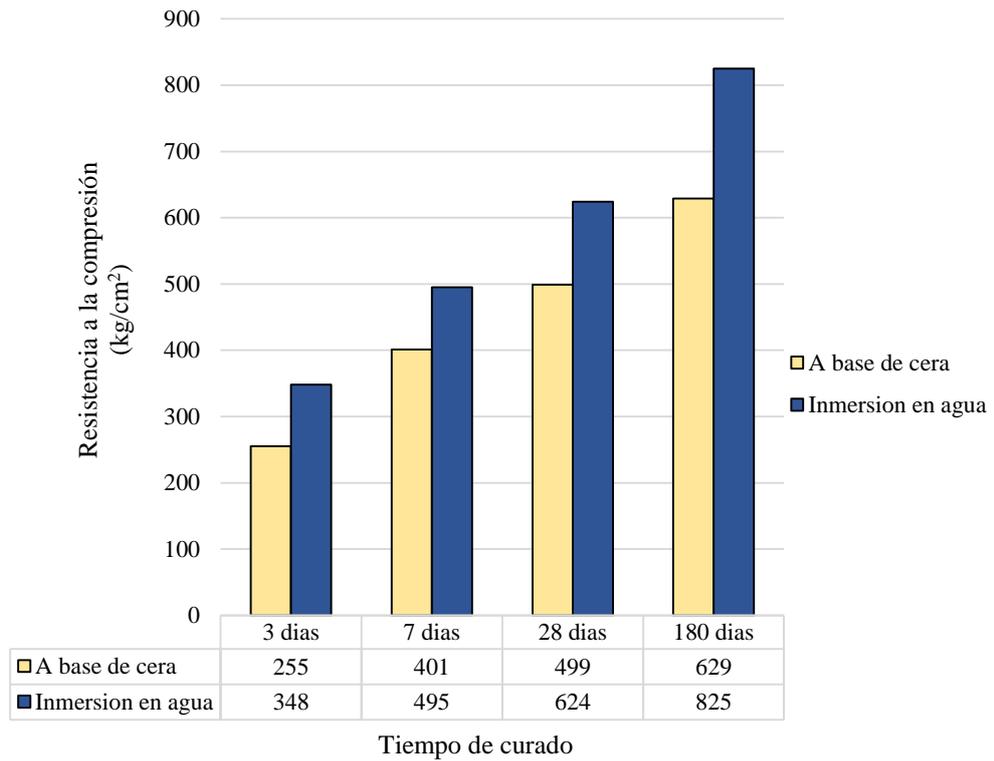


Figura 25. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con OPC vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017 ( $f'c=355 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Fuente: Elaboración Propia

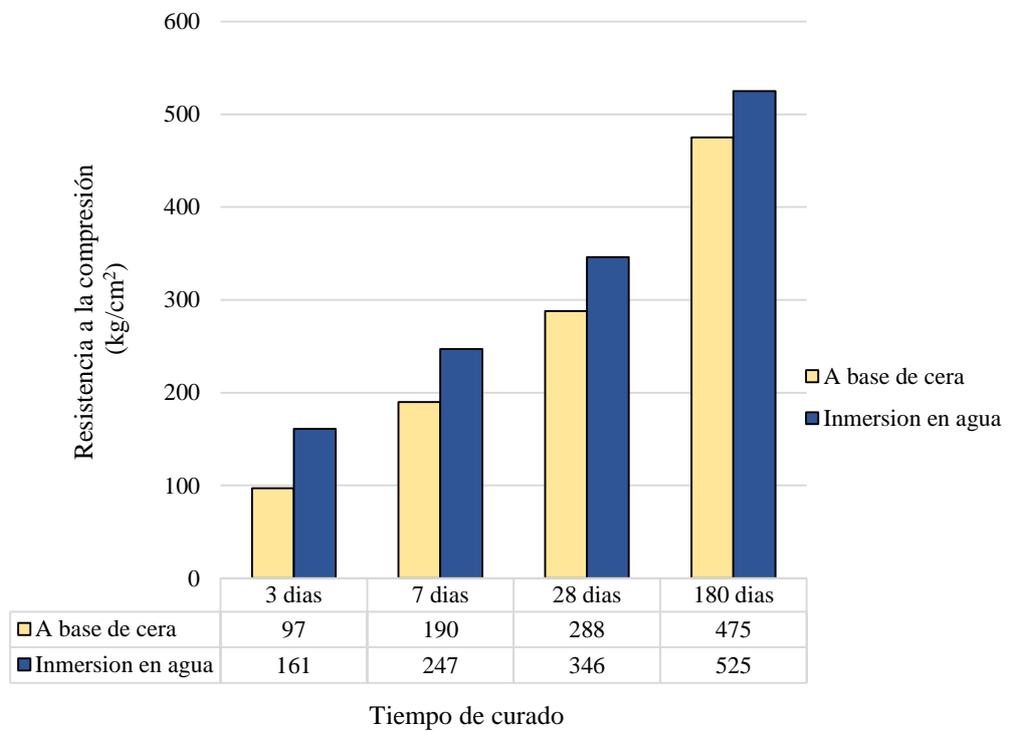


Figura 26. Resistencia a la compresión utilizando mezcla de concreto con 30% FA vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017 ( $f'c=265 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Fuente: Elaboración Propia

Alvarado, 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el Aditivo químico de curado Antisol S a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante brocha.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), diseñados a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

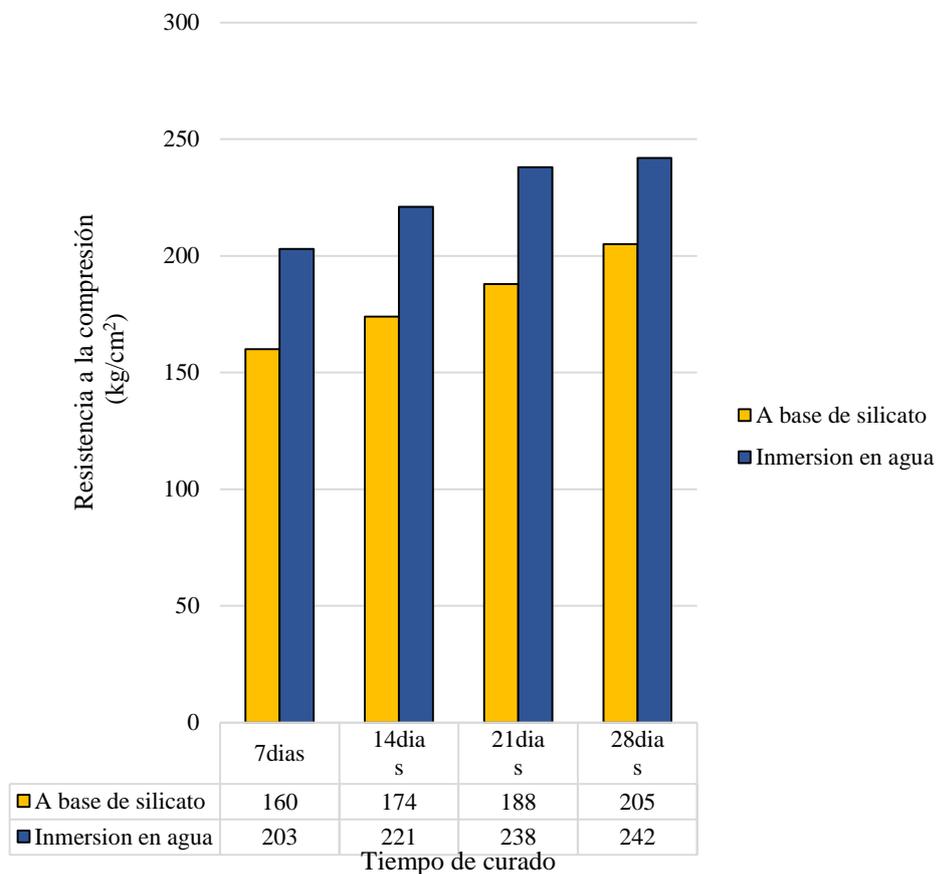


Figura 27. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.

Fuente: Elaboración Propia

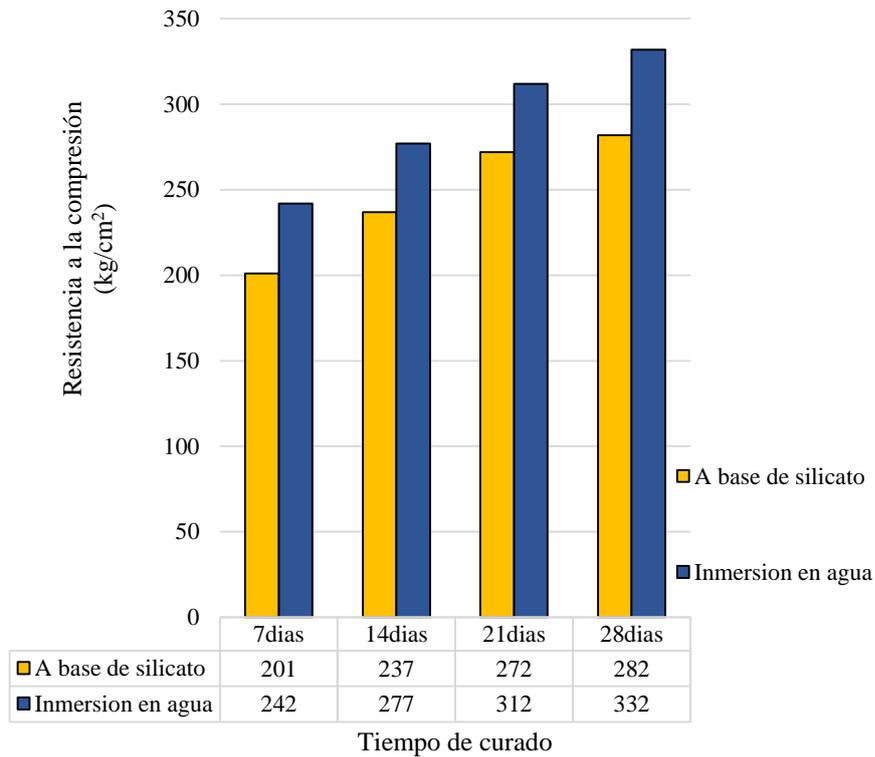


Figura 28. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

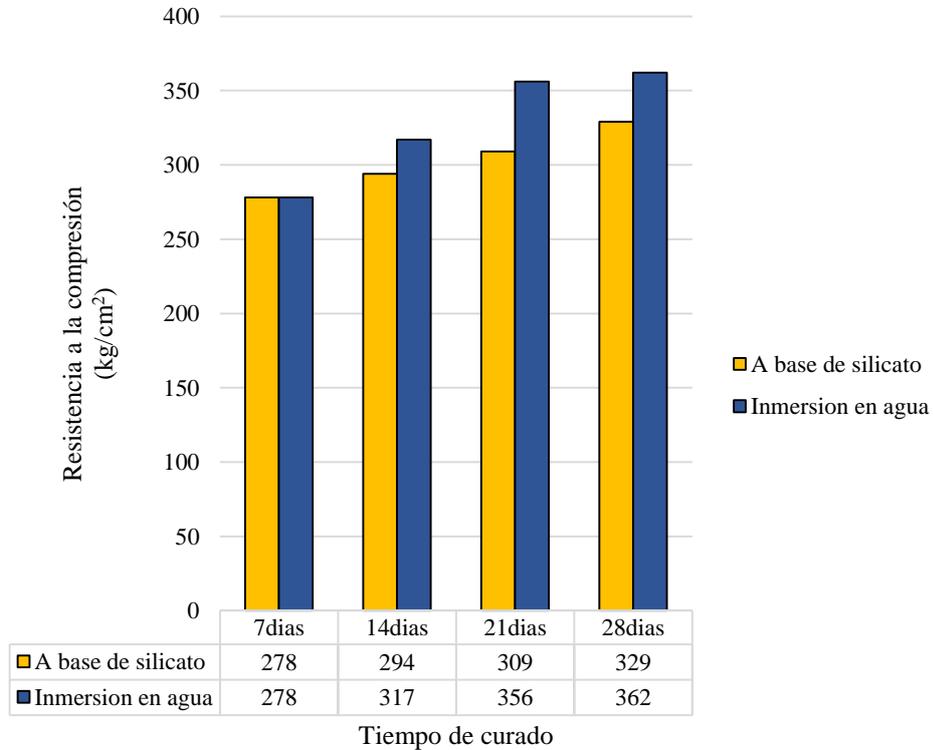


Figura 29. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Alvarado, 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

Contreras y Velazco, 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el Aditivo químico de curado Antisol S a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.56, diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.47; diseñado a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

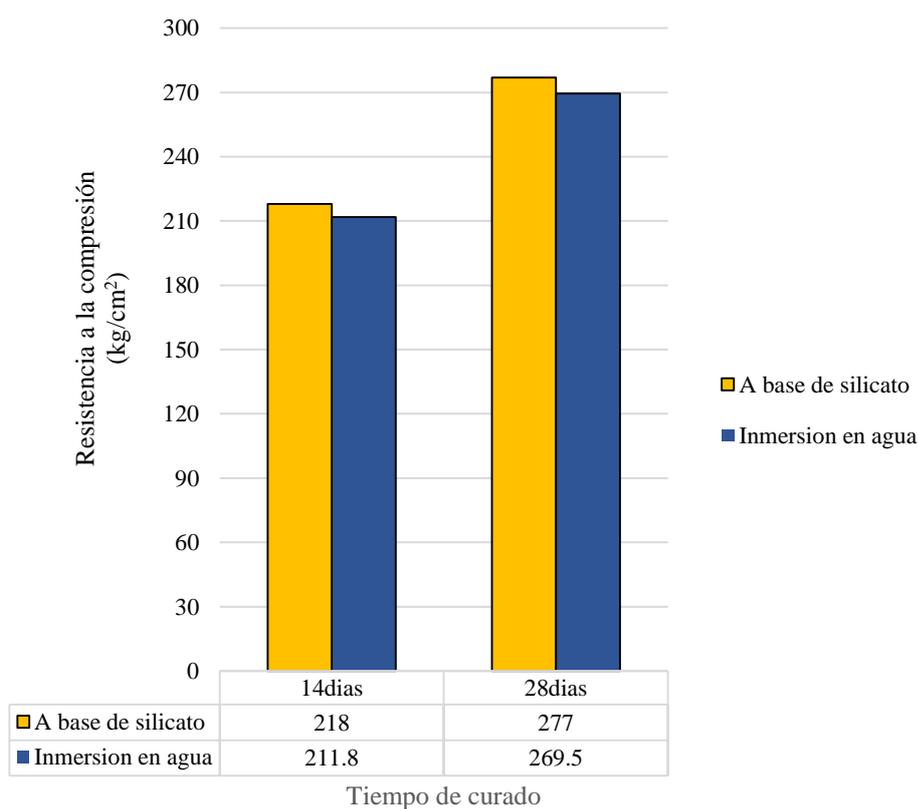


Figura 30. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Contreras y Velazco, 2018

Fuente: Elaboración Propia

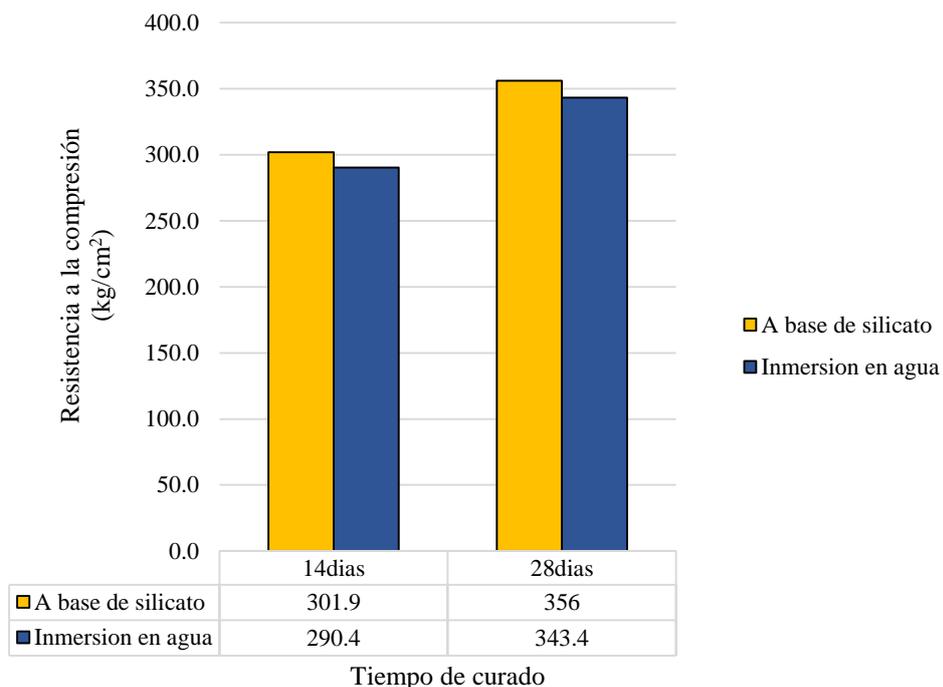


Figura 31. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Contreras y Velazco, 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Aguilar, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de silicato (Sika Antisol S) y dos aditivos base de acrílico (Super Curador Chema y Per kurevista), que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue manual con brocha.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación  $a/c$  de 0.53, diseñado a  $f'c = 230 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

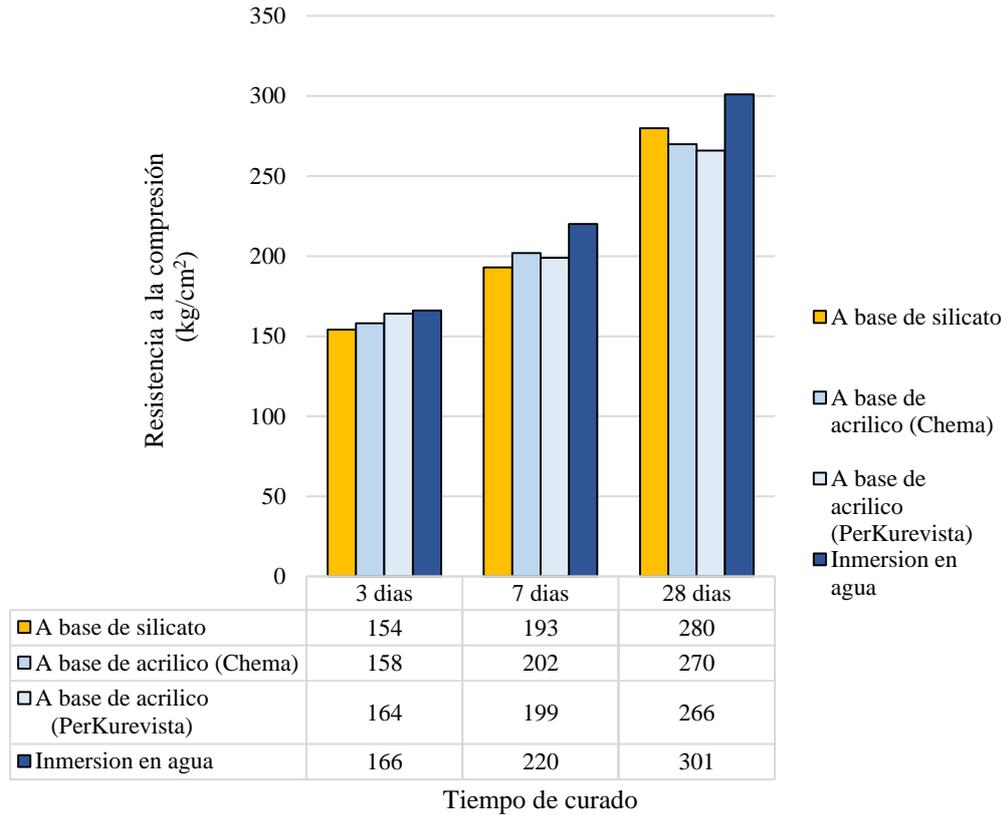


Figura 32. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Aguilar, 2019 ( $f'c=230 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Horna, 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: dos a base de silicato (Sika Antisol S y Z membraba Blanco) y dos aditivos base de acrílico (Chema Membranil y Eucocure), que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.58, diseñado a  $f'c = 195 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

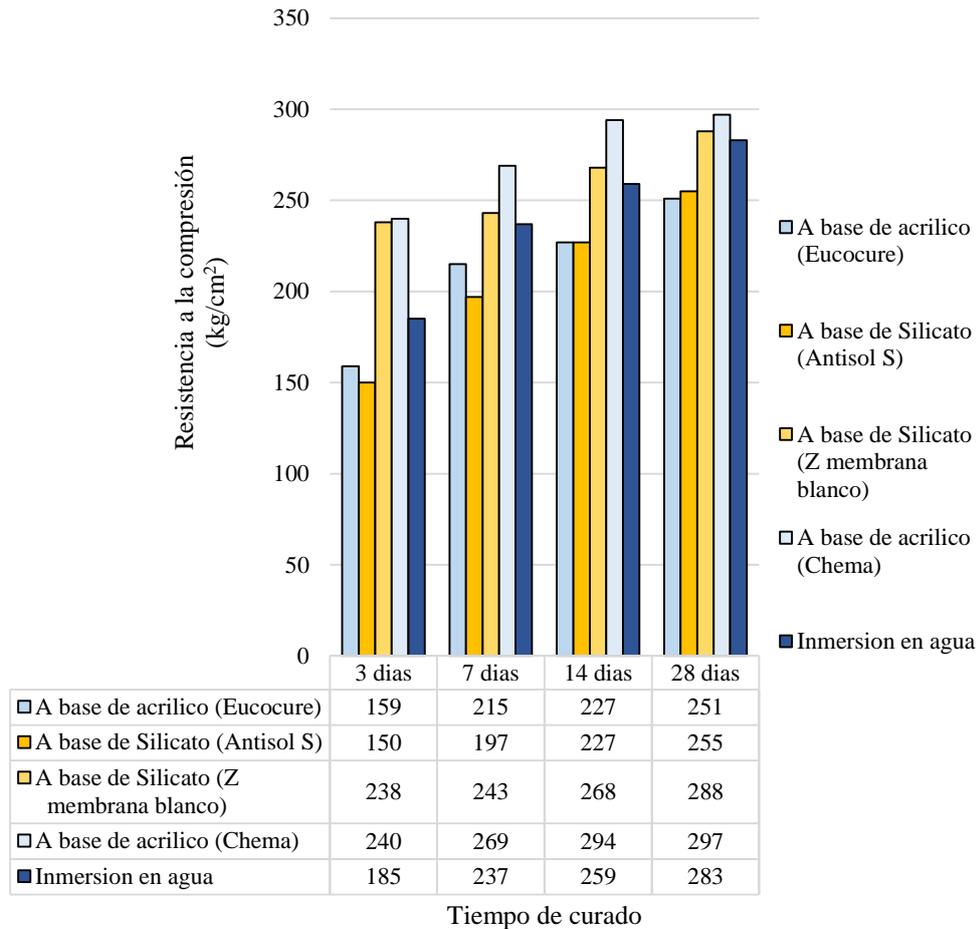


Figura 33. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Horna, 2018 ( $f'c=195 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Ortiz, 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó un Aditivo químico de curado Sika Antisol a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación  $a/c$  de 0.68, diseñado a  $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

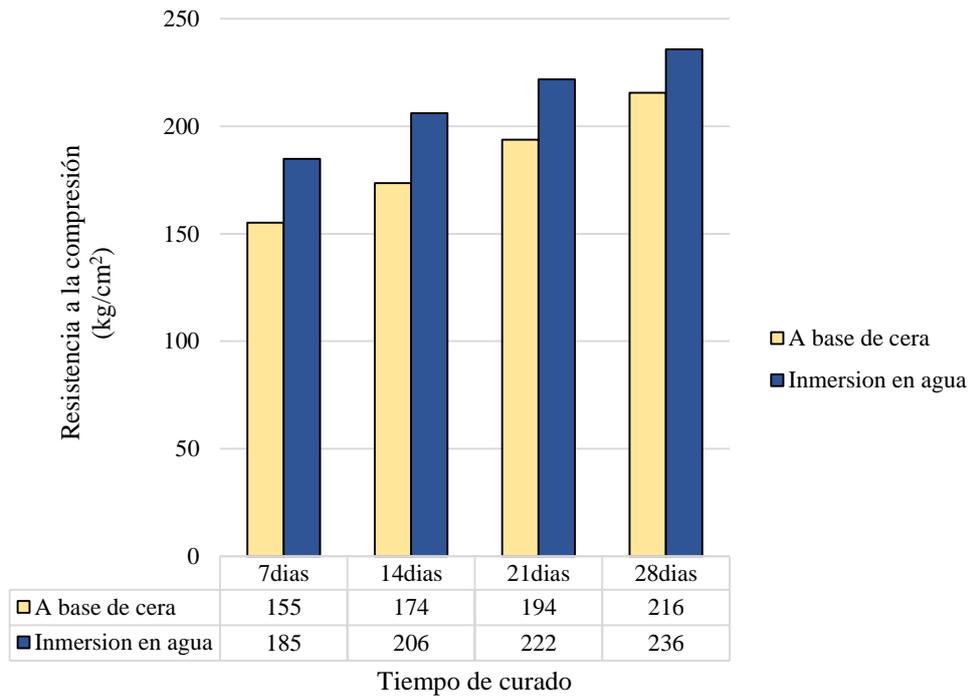


Figura 34. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Ortiz, 2020 ( $f'c=130 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Jácomo, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de silicato (Sikacemcurador) y a base de acrílico (Chema Membranil Vista), que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.56, diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

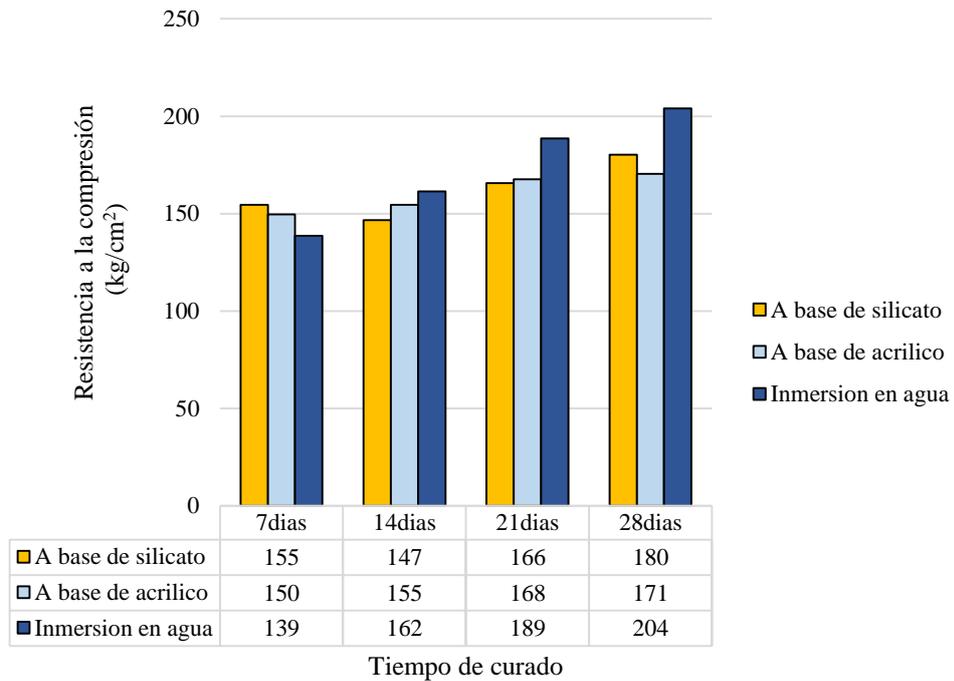


Figura 35. Resistencia a la compresión del vs el tiempo de curado según Jácobo, 2019 ( $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Valenzuela, 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el Aditivo químico de curado Antisol S a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.56, diseñado a  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.48; diseñado a  $f'c = 245$  kg/cm<sup>2</sup>, en la tercera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.44; diseñado a  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

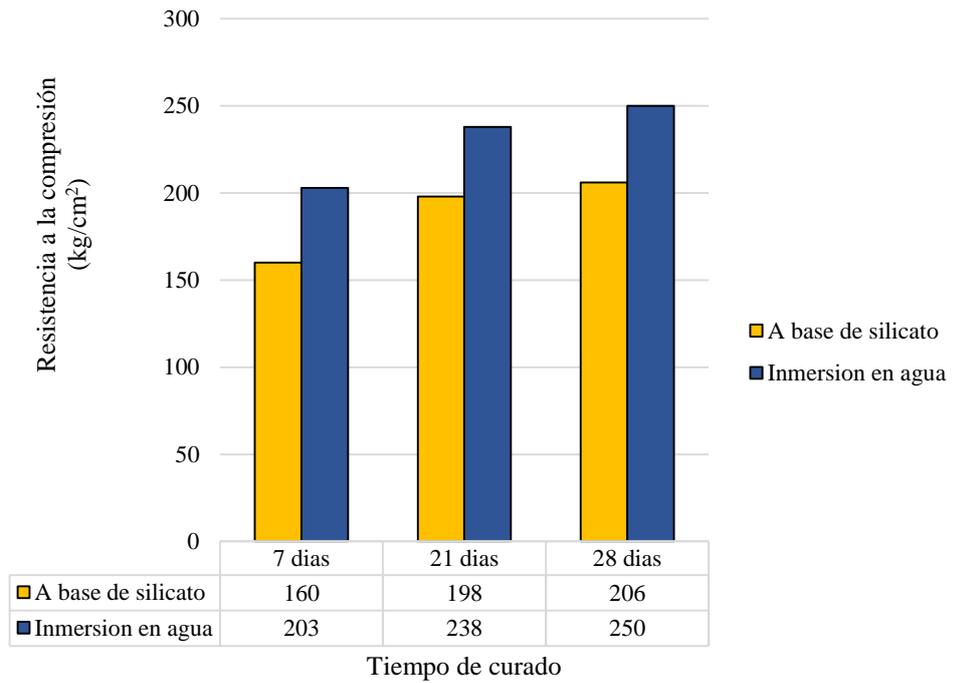


Figura 36. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.

Fuente: Elaboración Propia

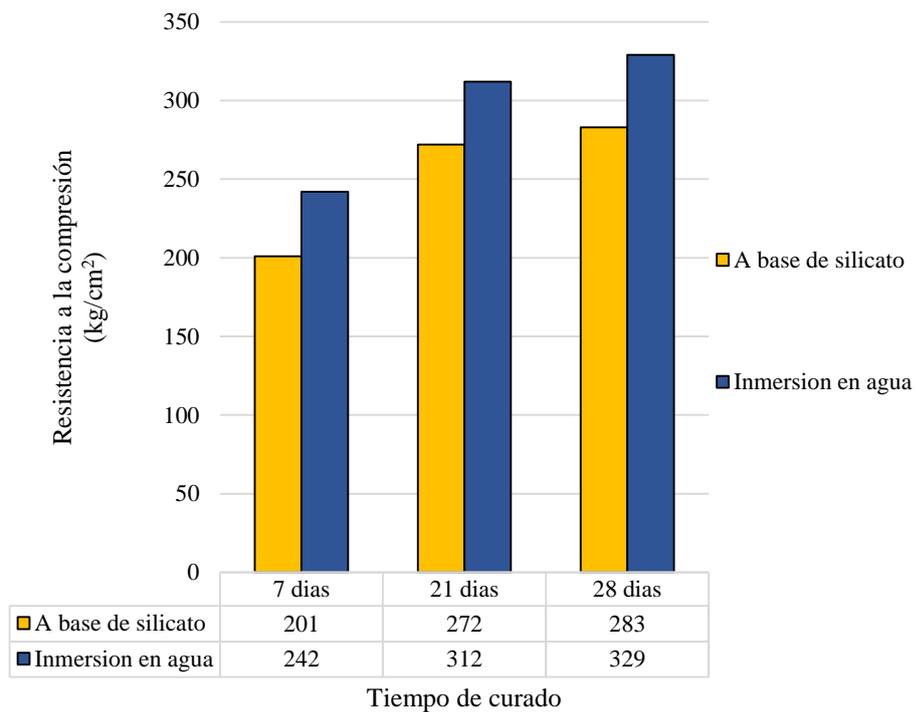


Figura 37. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.

Fuente: Elaboración Propia

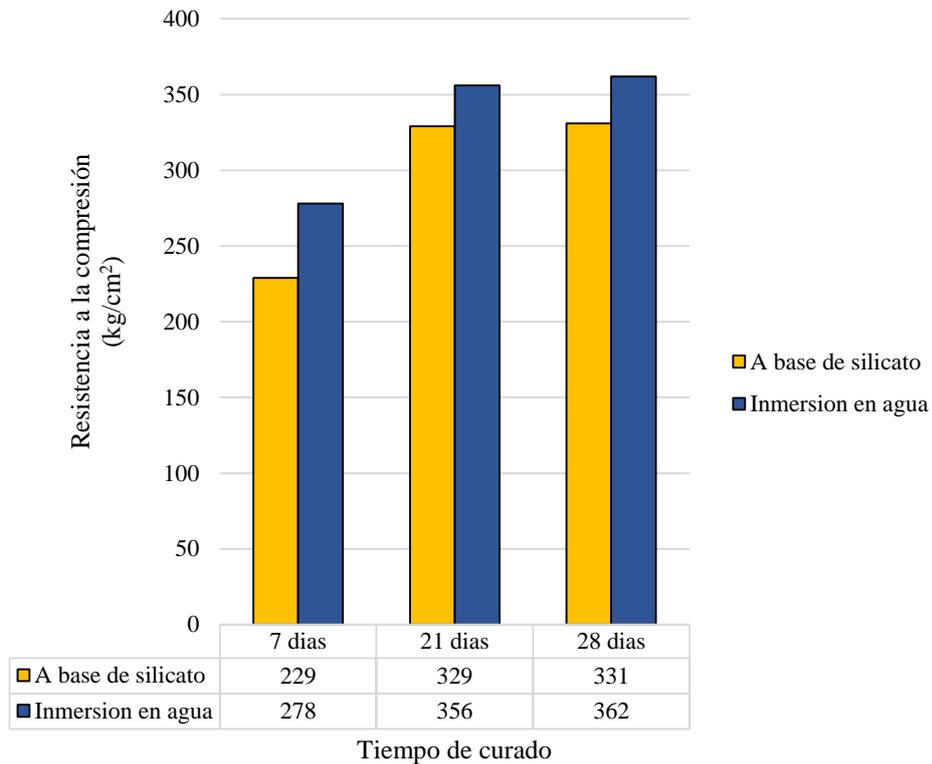


Figura 38. Resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  vs el tiempo de curado según Valenzuela, 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Rios, 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se usaron los Aditivos químicos de curado Membranil Vista y Per Membrana R, que son a base de acrílicos, aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.56, diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

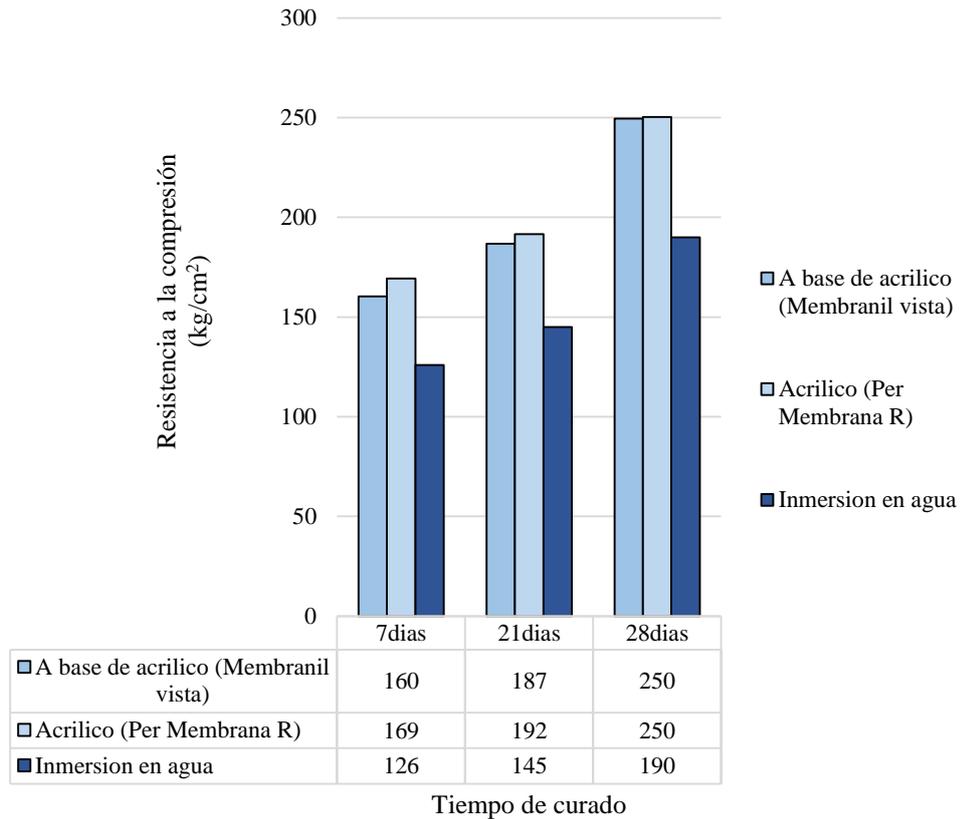


Figura 39. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Rios, 2018 ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Luna, 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se usaron los Aditivos químicos de curado Curet Z a base de acrílico y Per kuret a base de silicato, aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.58, diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

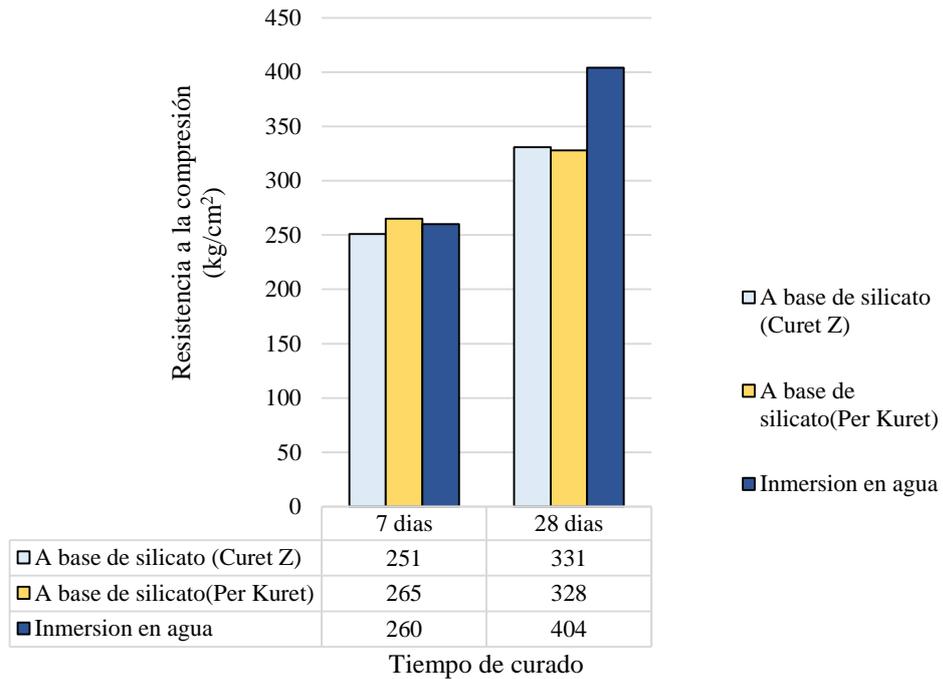


Figura 40. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Luna, 2020 ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

Asmal y González, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Sika Antisol a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.51, diseñado a  $f'c = 244 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

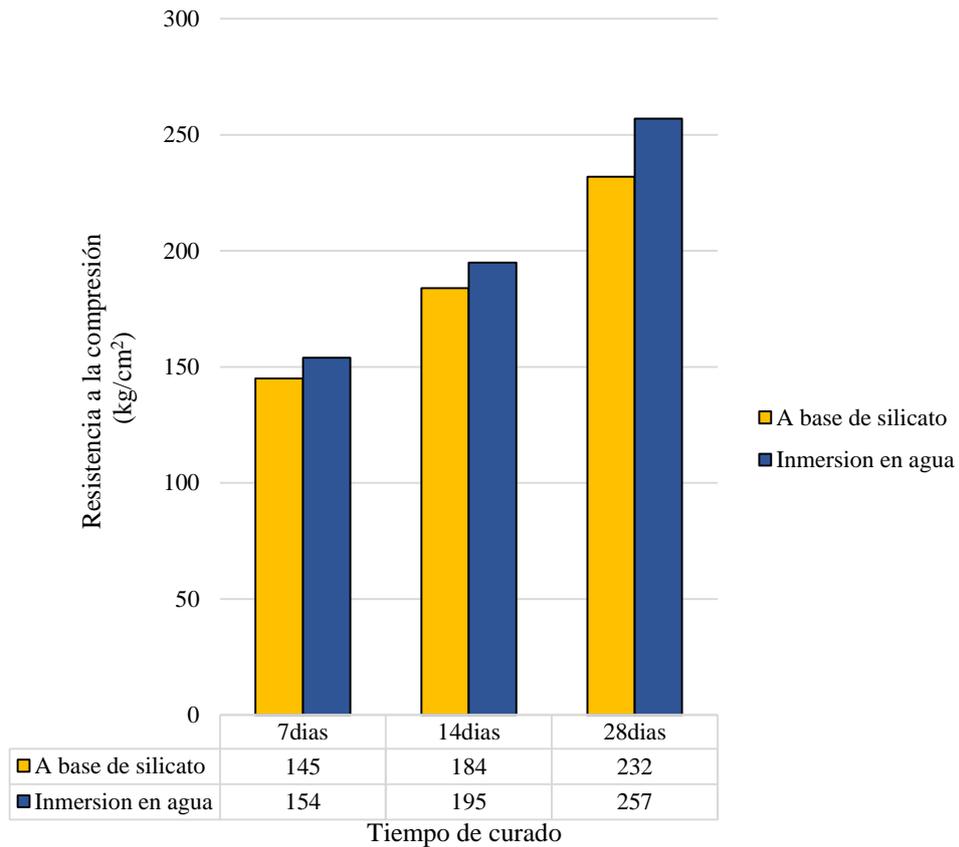


Figura 41. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Asmal y González, 2019 ( $f'c=244 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

Claver, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Concure WB a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.45, diseñado a  $f'c = 295 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la compresión se ensayaron de acuerdo con el “*Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*” según ASTM C 39M.

Resultado del ensayo experimental:

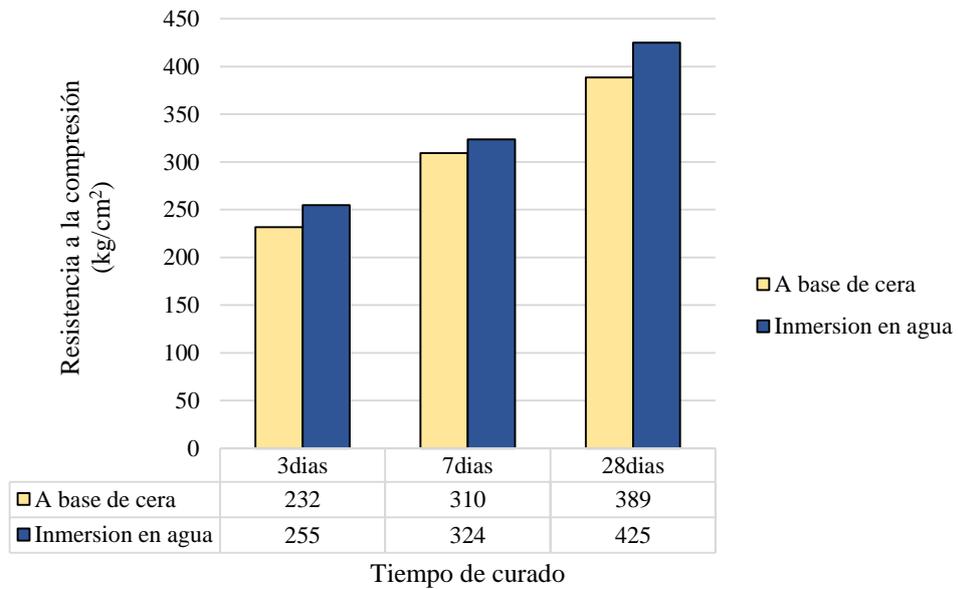


Figura 42. Resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019 ( $f'_c=295 \text{ kg/cm}^2$ )  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la tracción del concreto

Muhammad et al., 2021:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el aditivo Antisol E-10, que es un compuesto químico a base de cera que forma una membrana alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.40; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación a/c de 0.40; con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 31.58 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

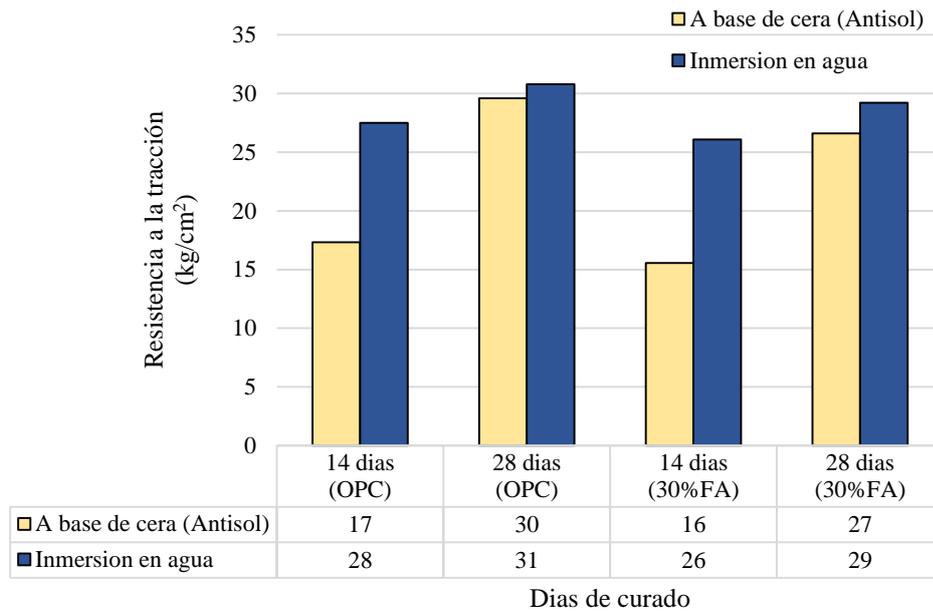


Figura 43. Resistencia a la tracción de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado a los 14 y 28 días según Muhammad et al., 2021.  
Fuente: Elaboración Propia

Nematollahzade et al., 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó el Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron tres diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.35 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.35, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 33.62 \text{ kg/cm}^2$ ; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.29 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.40, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 31.58 \text{ kg/cm}^2$ ; en la tercera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.19 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.45, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 29.20 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

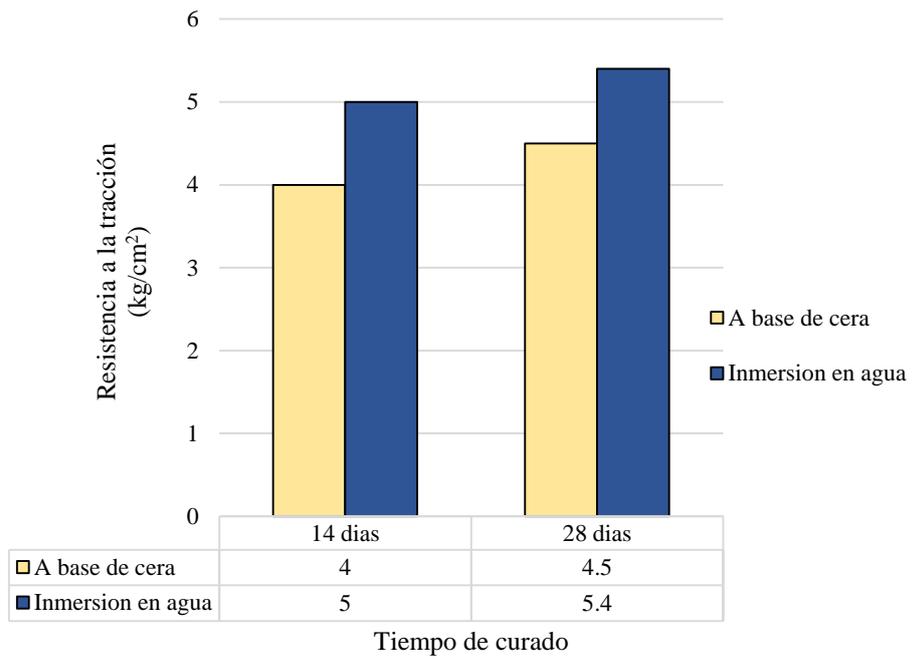


Figura 44. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.35$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

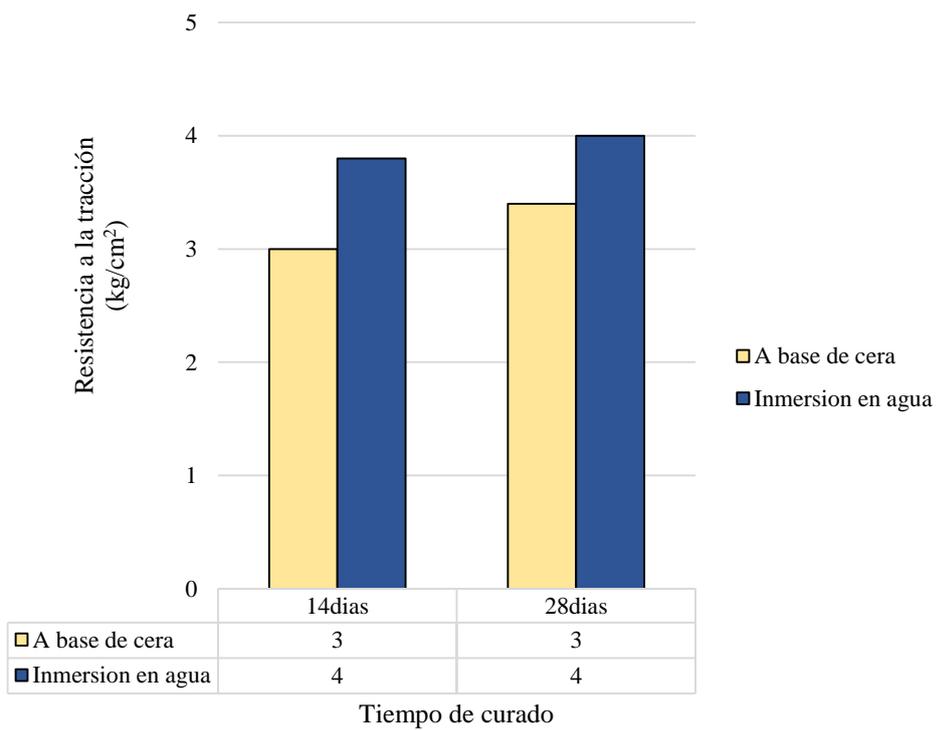


Figura 45. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.40$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

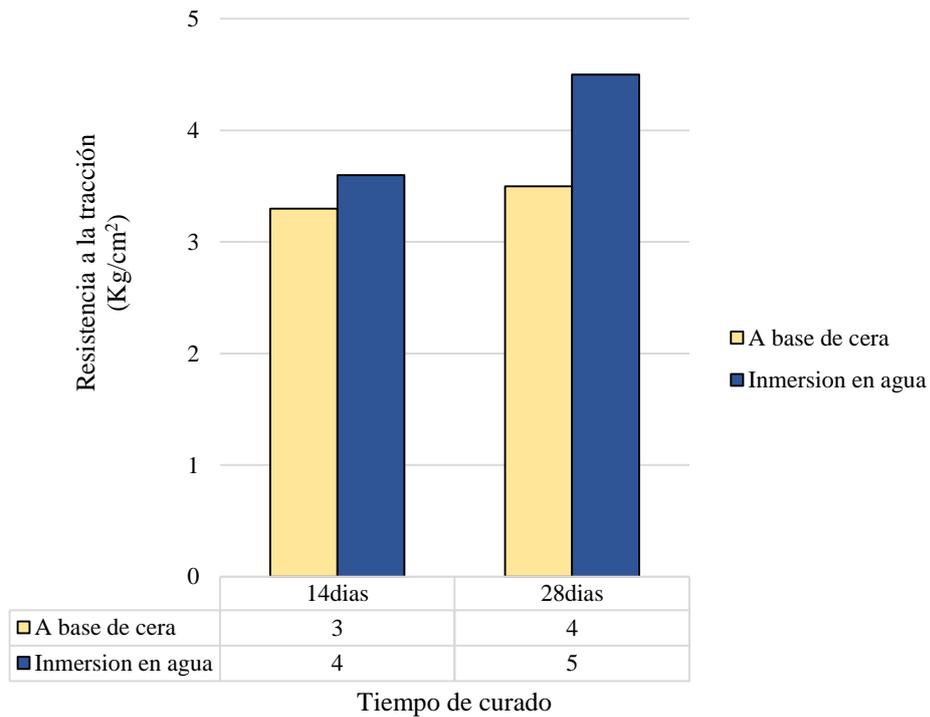


Figura 46. Resistencia a la tracción de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.45$  vs el tiempo de curado según Nematollahzade et al., 2020.

Fuente: Elaboración Propia

Nasir et al, 2017:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso el aditivo Antisol E-10, que es un compuesto químico a base de cera que forma una membrana alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación  $a/c$  de 0.40; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación  $a/c$  de 0.40; ambos con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 31.58 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

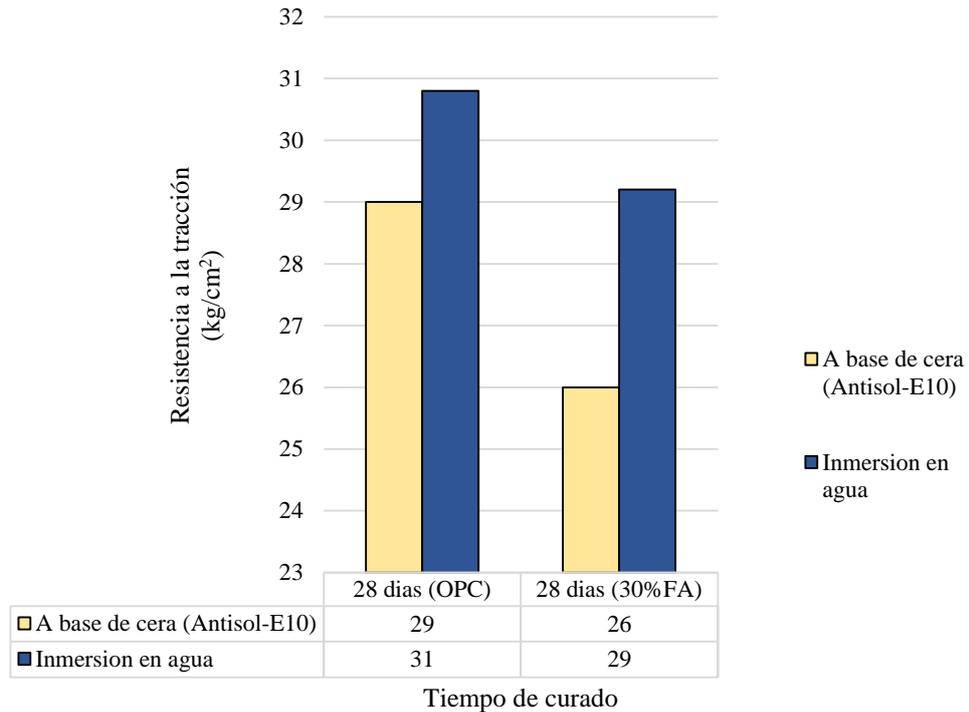


Figura 47. Resistencia a la tracción de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado según Nasir et al, 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Chougule et al., 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.38, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 32.43 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

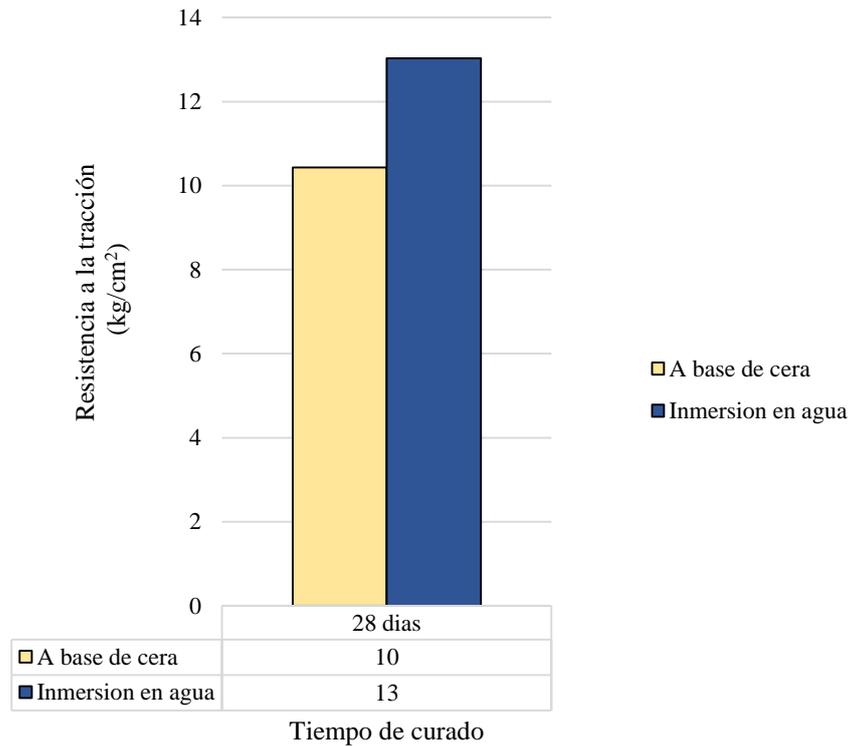


Figura 48. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Princy y Elson, 2015:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera y a base de acrílico, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 32.03 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

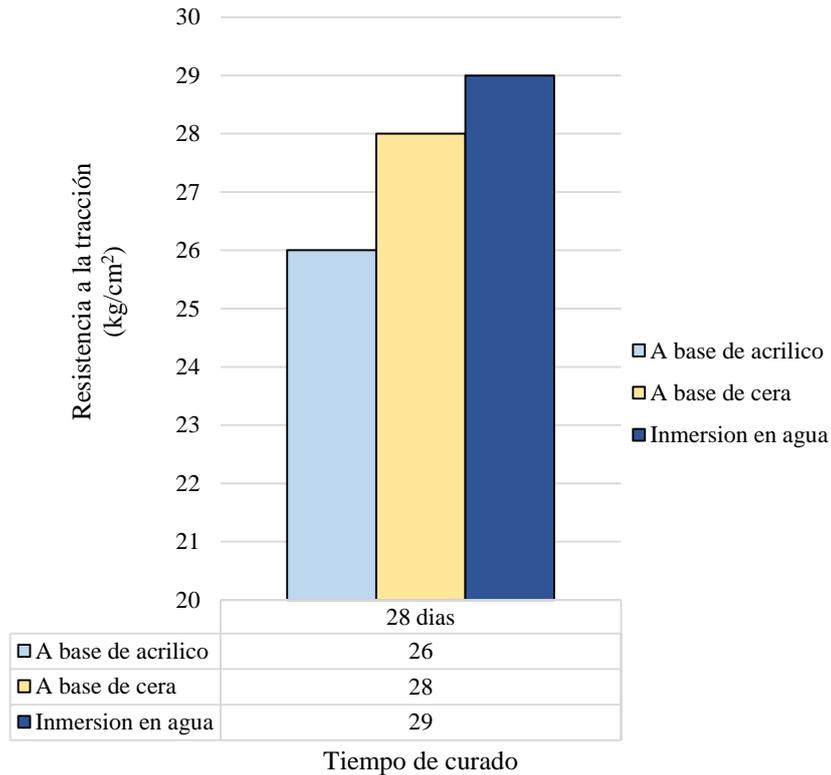


Figura 49. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015.

Fuente: Elaboración Propia

Claver, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Concure WB a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.45, con un valor promedio de diseño  $f_{sp} = 29.20 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: La resistencia a la tracción por rotura se evaluó de acuerdo con ASTM C496 en probetas cilíndricas de hormigón de 75 mm de diámetro y 150 mm de alto.

Resultado del ensayo experimental:

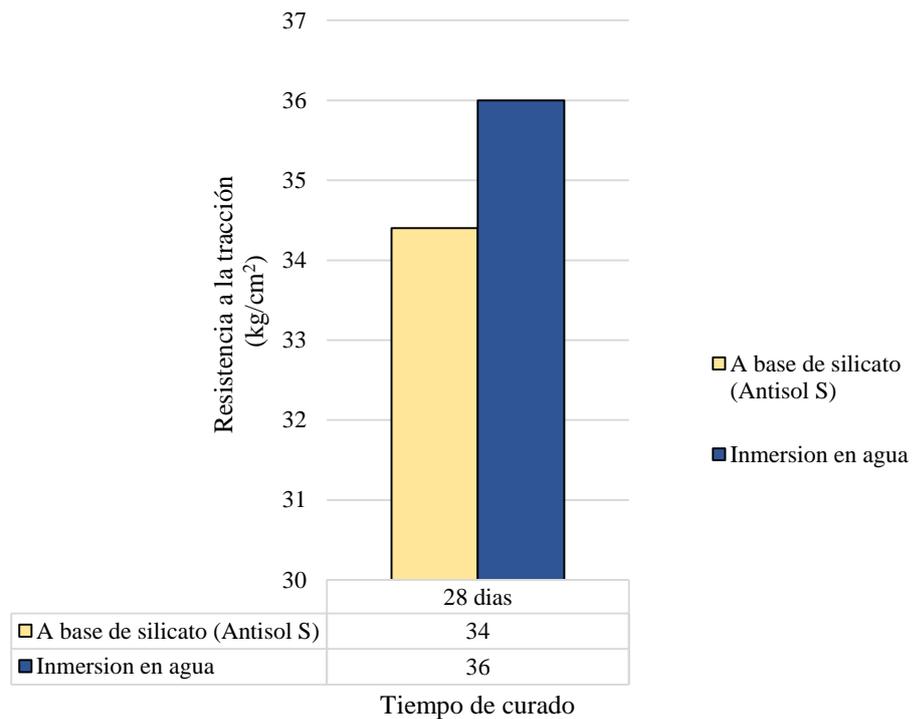


Figura 50. Resistencia a la tracción del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019.  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la resistencia a la flexión del concreto

Xue et al., 2015:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó tres tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera (parafina), a base de acrílico y a base de silicato, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, con un valor promedio de  $f_r = 25.23 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C78.

Resultado del ensayo experimental:

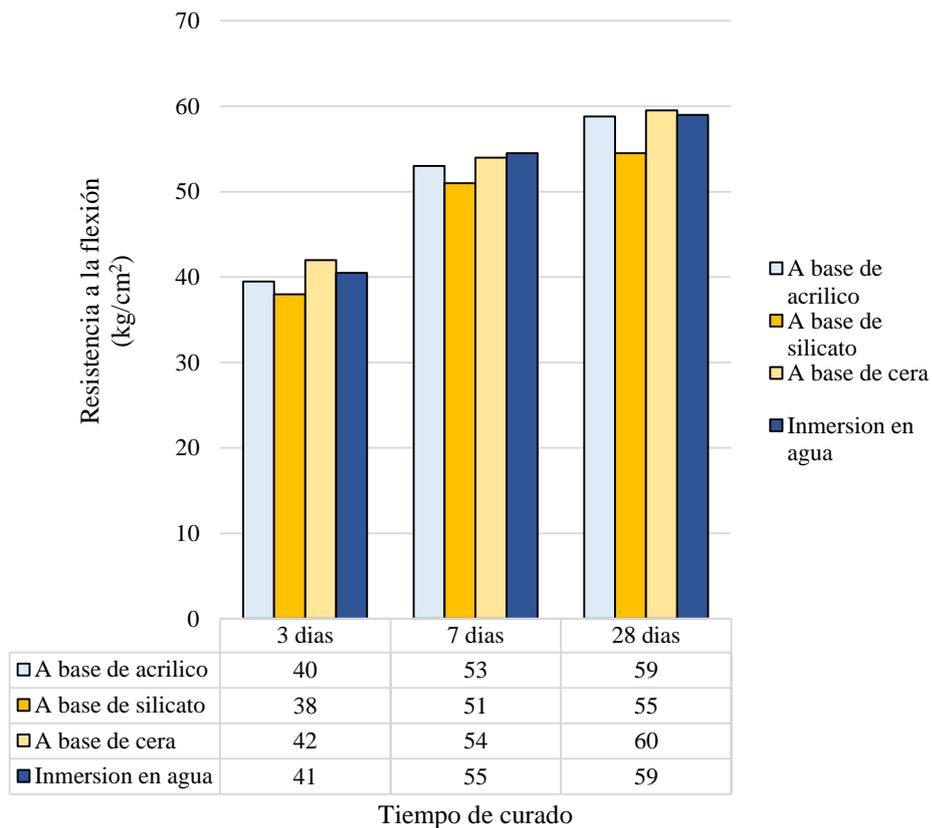


Figura 51. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Xue et al., 2015.  
Fuente: Elaboración Propia

Chougule et al., 2018:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron tres diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.38, con un valor promedio de  $f_r = 25.37 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C78.

Resultado del ensayo experimental:

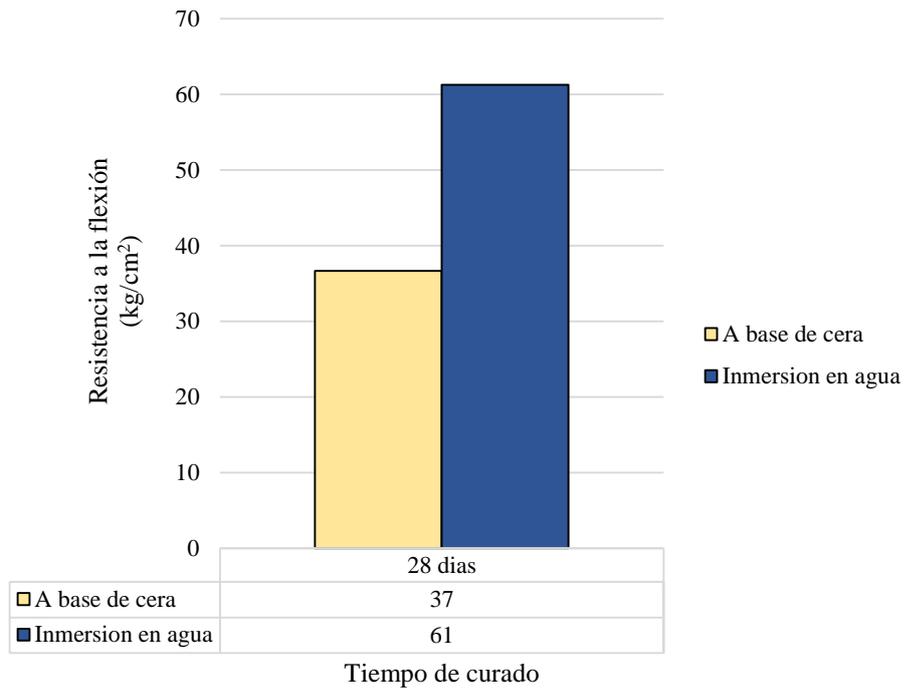


Figura 52. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Chougule et al., 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Princy y Elson, 2015:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de cera y a base de acrílico, que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, con un valor promedio de  $f_r = 25.06 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C78.

Resultado del ensayo experimental:

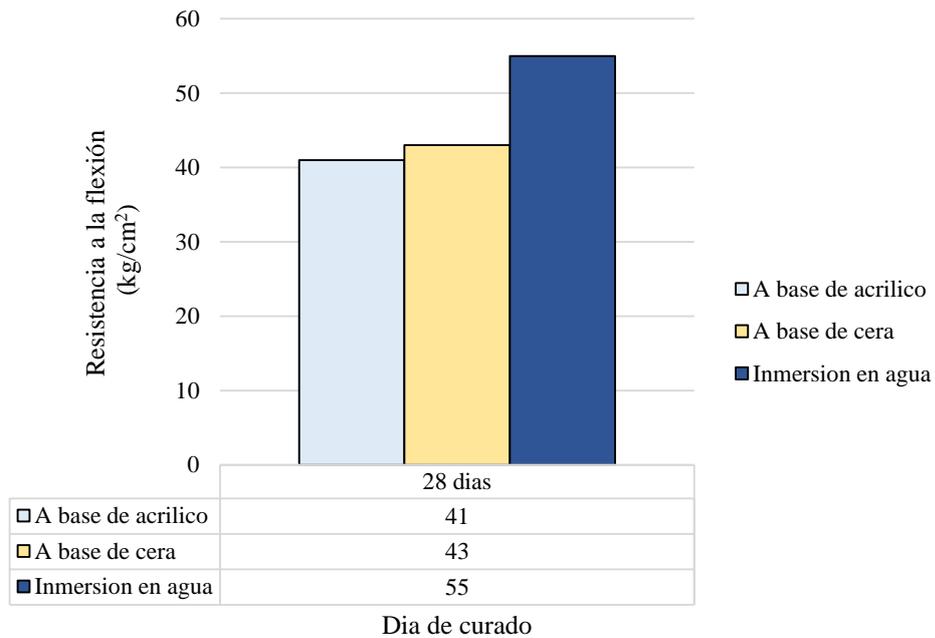


Figura 53. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Princy y Elson, 2015.

Fuente: Elaboración Propia

Benli et al., 2017:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron dos diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.39, con un valor promedio de  $f_r = 25.06 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060; en la segunda se empleó 70% cemento Portland Ordinario (OPC) y 30% Cenizas Volantes (FA), con una relación a/c de 0.48; con un valor promedio de  $f_r = 21.65 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C293.

Resultado del ensayo experimental:

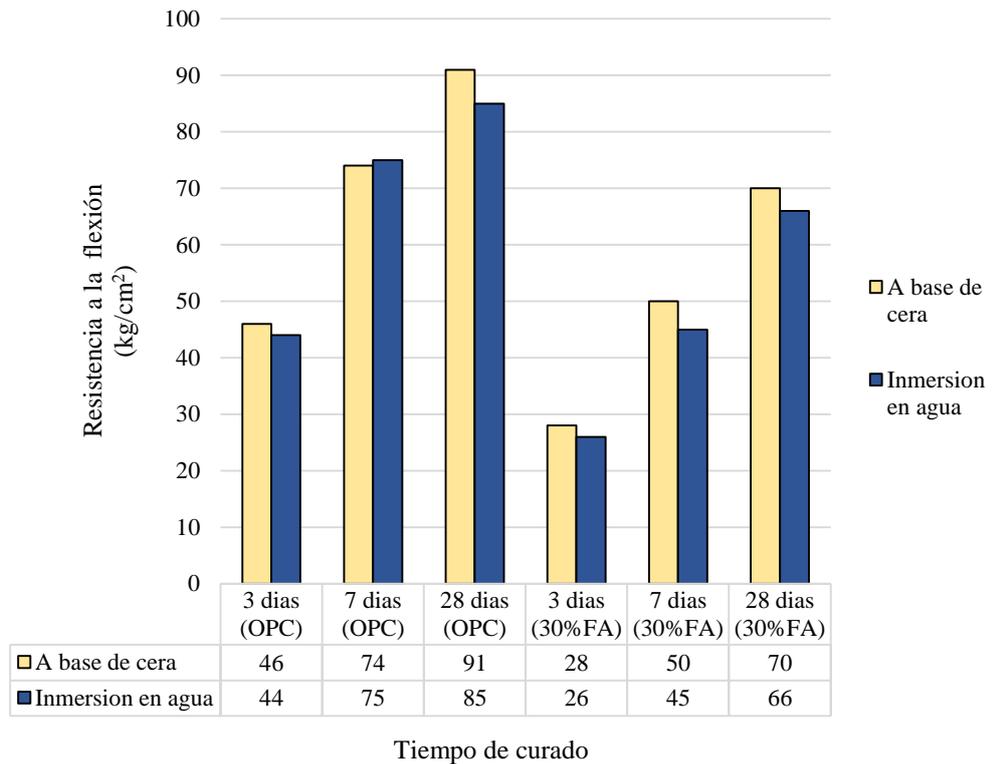


Figura 54. Resistencia a la flexión de las mezclas de concreto con OPC y 30% FA vs el tiempo de curado según Benli et al., 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Asmal y González, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Sika Antisol a base de silicato, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.51, con un valor promedio de  $f_r = 20.76 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C78.

Resultado del ensayo experimental:

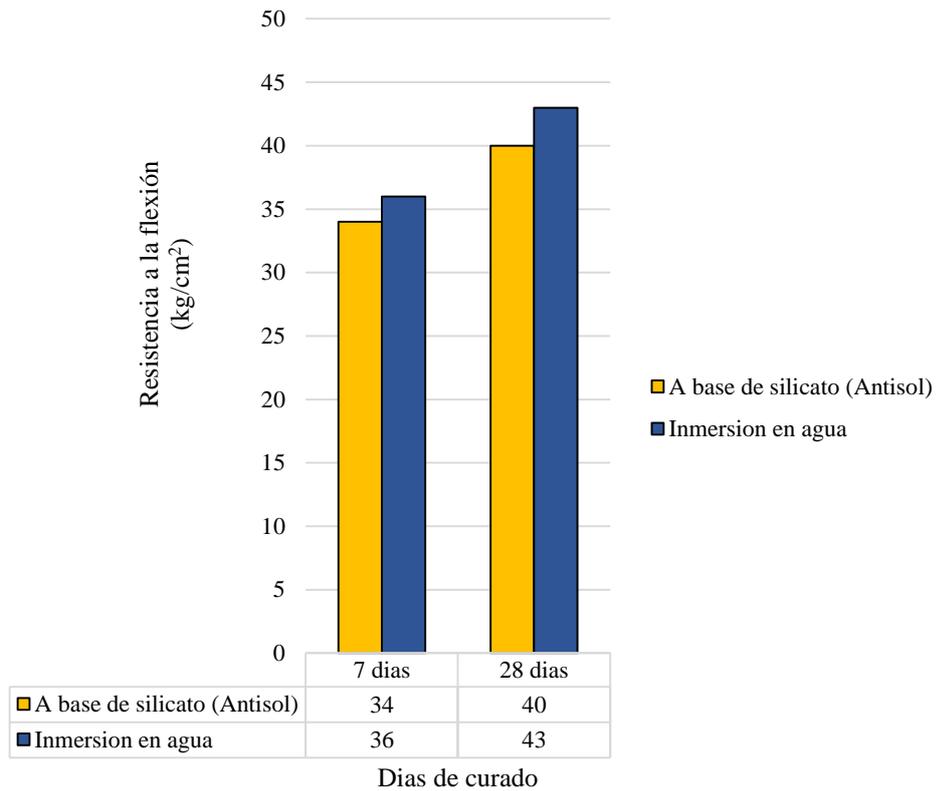


Figura 55. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Asmal y González, 2019

Fuente: Elaboración Propia

Claver, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Concure WB a base de cera, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.45, con un valor promedio de  $f_r = 22.84 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E.060.
- Método de ensayo: La resistencia a la flexión se ensayaron de acuerdo al ASTM C78.

Resultado del ensayo experimental:

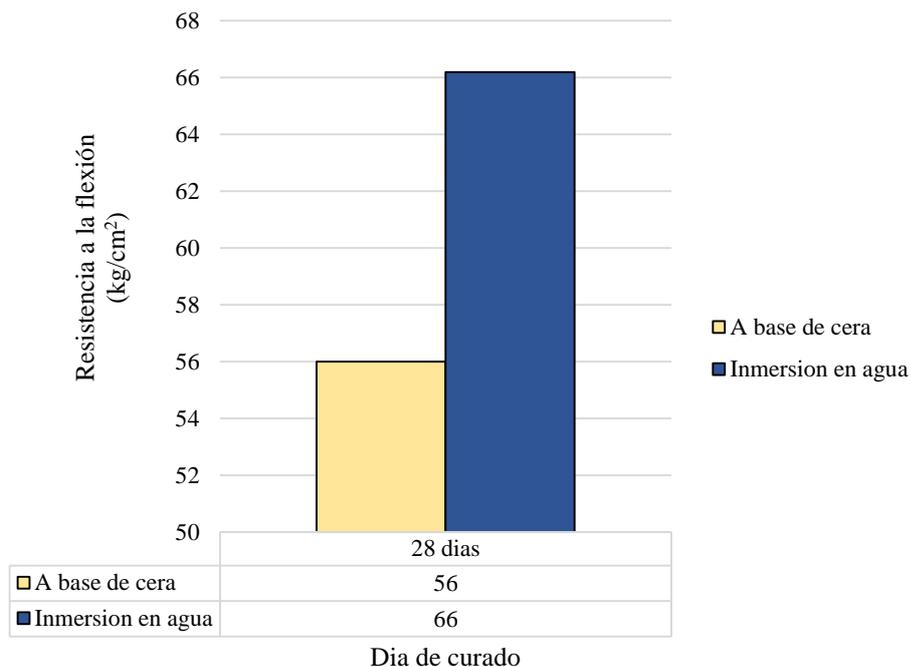


Figura 56. Resistencia a la flexión del concreto vs el tiempo de curado según Claver, 2019.  
Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.4. Relación entre el tiempo de curado con aditivos químicos y la absorción capilar del concreto

Nematollahzade et al., 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se usó el Aditivo químico de curado a base de cera (parafina), aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se usaron tres diseños de mezclas, en la primera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.35 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.35, diseñado a  $f'c = 391 \text{ kg/cm}^2$ ; en la segunda se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.29 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.40, diseñado a  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ ; en la tercera se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con adición de superplastificante al 0.19 % de la mezcla, con una relación a/c de 0.45, diseñado a  $f'c = 295 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: El método de ensayo para determinar el ritmo de absorción capilar de agua (sorptividad) en el hormigón de cemento hidráulico fue según ASTM C 1585.

Resultado del ensayo experimental:

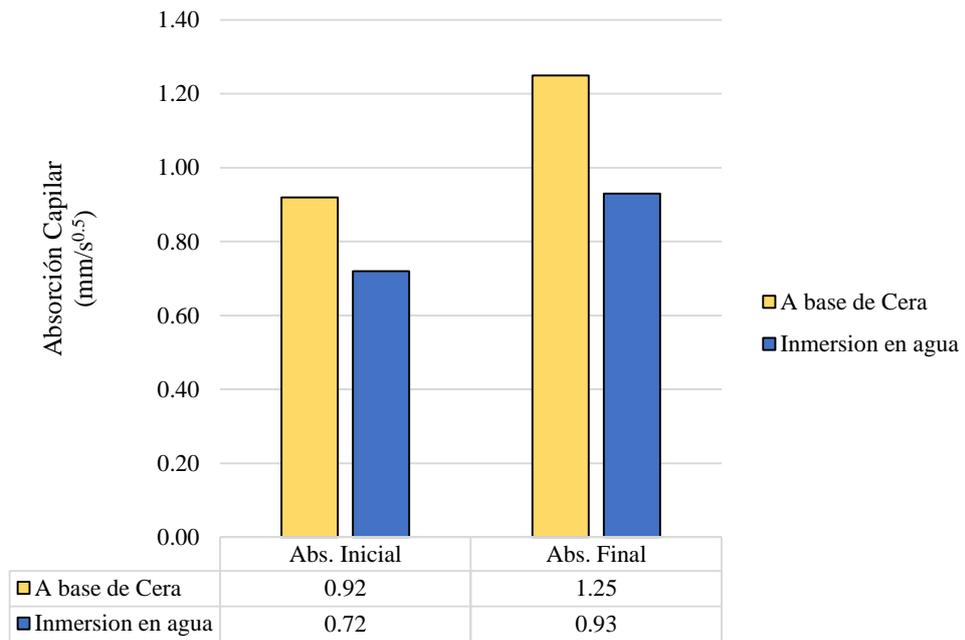


Figura 57. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.35$  vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

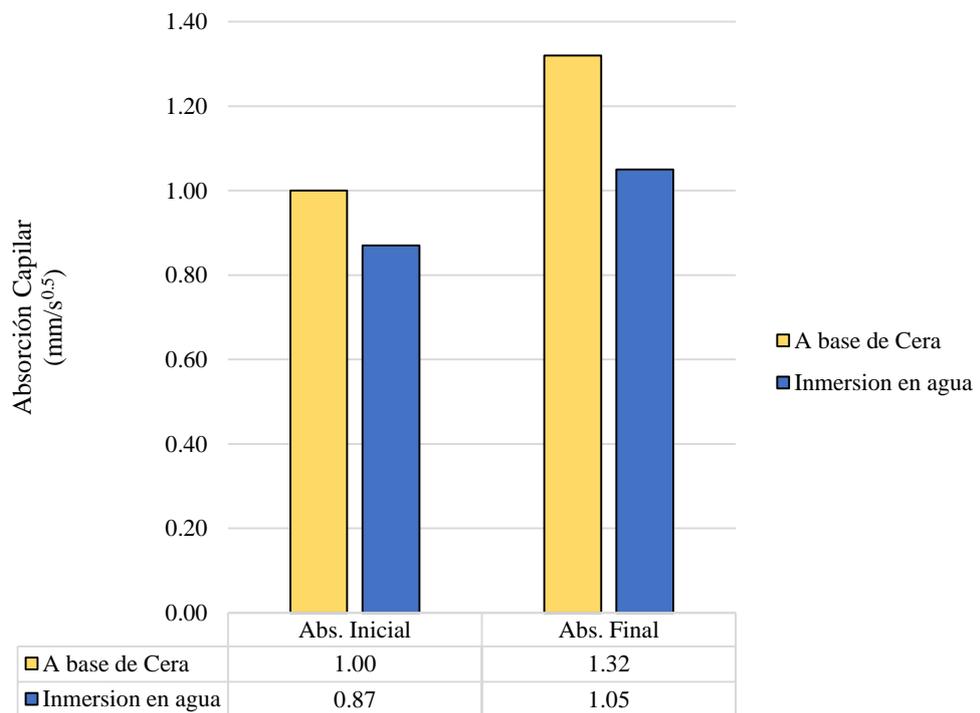


Figura 58. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.40$  vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020.  
Fuente: Elaboración Propia

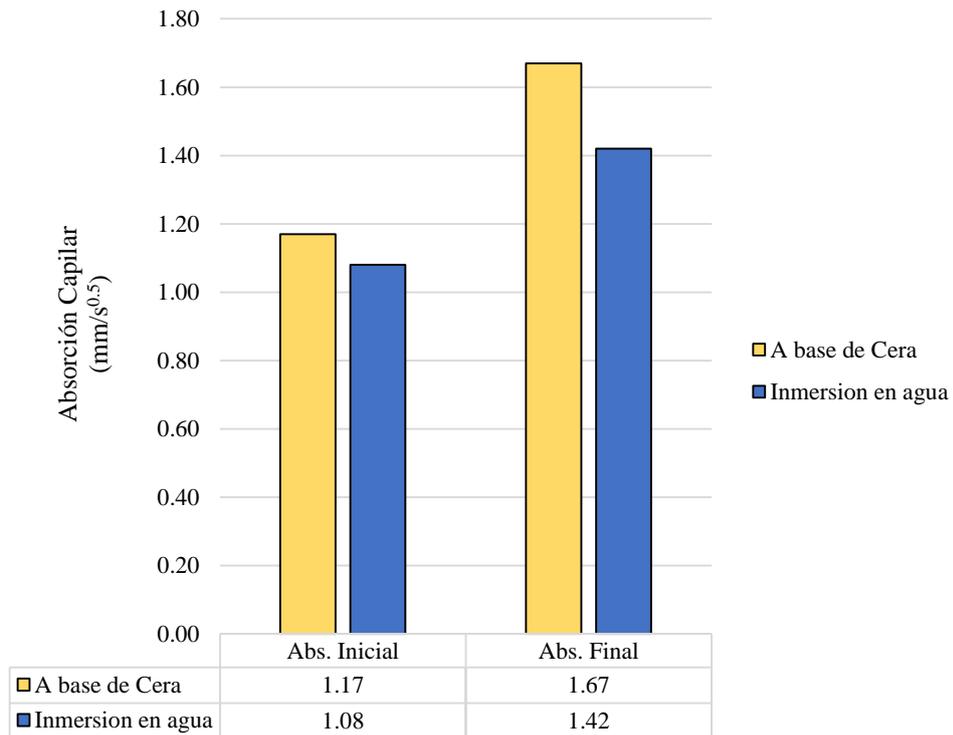


Figura 59. Absorción Capilar de la mezcla de concreto con  $a/c = 0.45$  vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Nematollahzade et al., 2020.

Fuente: Elaboración Propia

Aguilar, 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso dos tipos de compuestos químicos de curado: a base de silicato (Sika Antisol S) y dos aditivos base de acrílico (Super Curador Chema y Per kurevista), que se aplicaron alrededor del espécimen. Su aplicación fue manual con brocha.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación  $a/c$  de 0.53, diseñado a  $f'c = 230 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: El método de ensayado para determinar el ritmo de absorción de agua (sorptividad) en el hormigón de cemento hidráulico fue según ASTM C 1585.

Resultado del ensayo experimental:

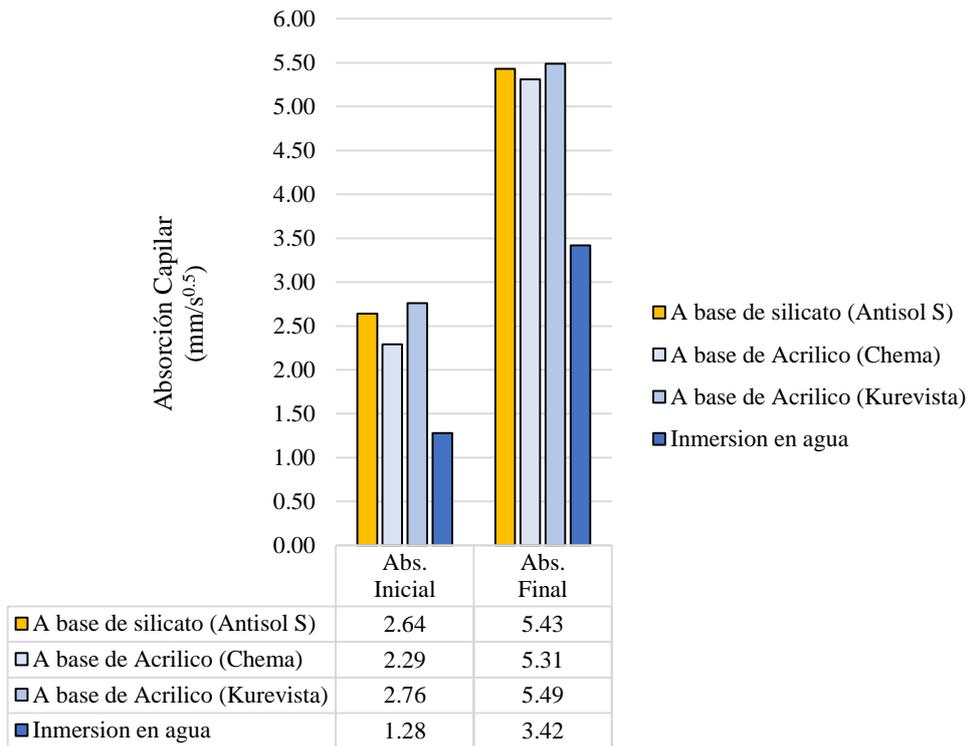


Figura 60. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según el Aguilar, 2019.

Fuente: Elaboración Propia

Luna, 2020:

- Tipo de Aditivo químico: Se usaron los Aditivos químicos de curado Curet Z a base de acrílico y Per kuret a base de silicato, aplicado alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.58, diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: El método de ensayado para determinar el ritmo de absorción de agua (sorptividad) en el hormigón de cemento hidráulico fue según ASTM C 1585.

Resultado del ensayo experimental:

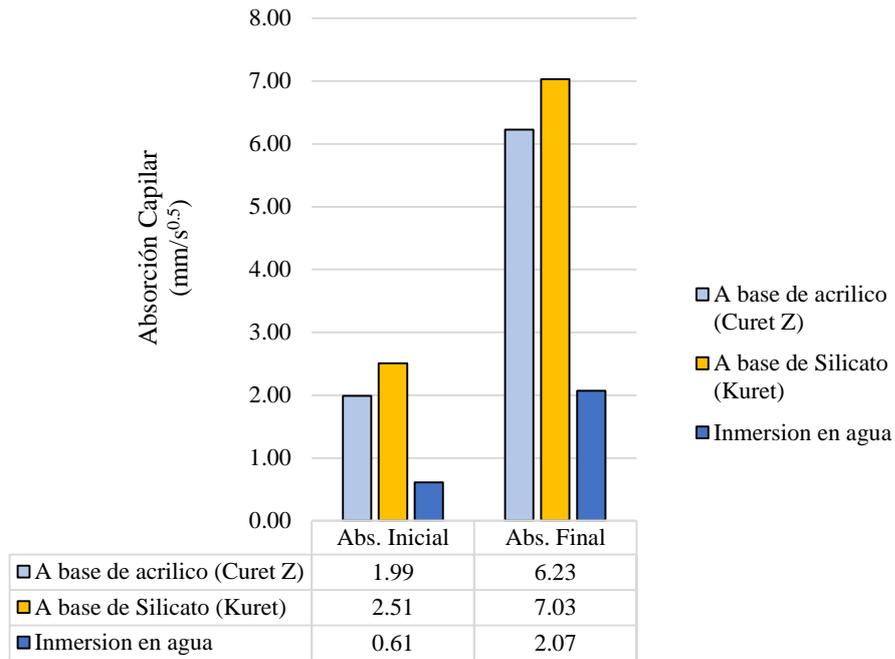


Figura 61. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Luna, 2020.

Fuente: Elaboración Propia

Ponce et al., 2019:

- Tipo de Aditivo químico: Se uso un Aditivo químico de curado Membranil Chema a base de acrílico, que se aplicó alrededor del espécimen. Su aplicación fue mediante fumigadora manual.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento Portland Ordinario (OPC), con una relación a/c de 0.47, diseñado a  $f'c = 275 \text{ kg/cm}^2$ .
- Método de ensayo: El método de ensayado para determinar el ritmo de absorción de agua (sorptividad) en el hormigón de cemento hidráulico fue según ASTM C 1585.

Resultado del ensayo experimental:

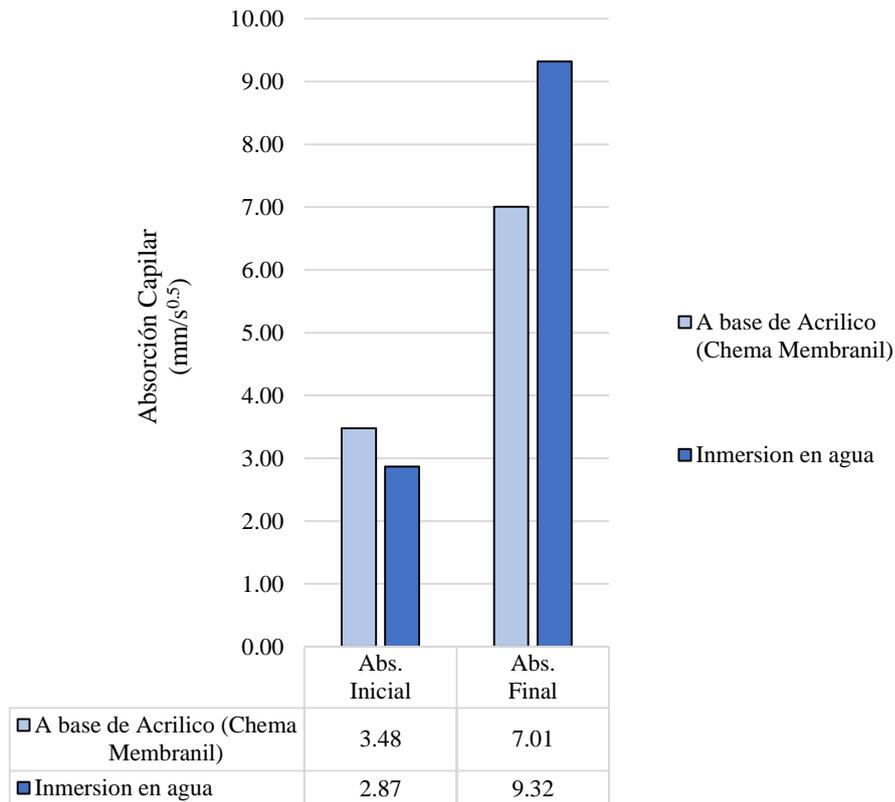


Figura 62. Absorción Capilar del concreto vs la fase inicial y final al tiempo de curado de 28 días según Ponce et al., 2019.

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. Análisis e interpretación de los resultados

### 5.2.1. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a compresión del concreto

- Según los autores Muhammad et al., 2021:

En la figura 10, se tiene que: A los 180 días de curado, supera la resistencia de diseño en  $106.40 \text{ kg/cm}^2$ , que es un 30.80% más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 11, se tiene que: A los 180 días de curado, supera la resistencia de diseño en  $86.60 \text{ kg/cm}^2$ , que es un 25.10% más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Xue et al., 2015:

En la figura 12, se tiene que: A los 28 días de curado, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico, silicato y cera (parafina), superan la resistencia de diseño en  $115 \text{ kg/cm}^2$ ,  $54 \text{ kg/cm}^2$  y  $72 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 31.94 %, 15 % y 20 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Nematollahzade et al., 2020:

En la figura 13, se tiene que: En la mezcla de concreto con a/c de 0.35 a los 7, 14 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 51 kg/cm<sup>2</sup>, 87 kg/cm<sup>2</sup> y 120 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 13.04 %, 22.25 % y 30.70 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 14, se tiene que: En la mezcla de concreto con a/c de 0.40 a los 7, 14 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 26 kg/cm<sup>2</sup>, 83 kg/cm<sup>2</sup> y 123 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 7.54 %, 24.05 % y 35.65 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 15, se tiene que: En la mezcla de concreto con a/c de 0.45 a los 7, 14 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 30 kg/cm<sup>2</sup>, 85 kg/cm<sup>2</sup> y 125 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 10.17 %, 28.81 % y 42.37 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Nasir et al, 2017:

En la figura 16, se tiene que: En la mezcla de concreto solo con OPC y la mezcla con 30% FA a los 28 días, el curado con aditivo químico no supera la resistencia de diseño.

- Según los autores Surana et al., 2017:

En la figura 17, se tiene que: A los 7, 14 y 28 días, el curado con el aditivo químico, supera la resistencia de diseño en 1 kg/cm<sup>2</sup>, 41 kg/cm<sup>2</sup> y 73 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 0.40 %, 16.40 % y 29.20 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Chougule et al., 2018:

En la figura 18, se tiene que: A los 28 días, el curado con aditivo químico no supera la resistencia de diseño.

- Según los autores Mohamed y Najm, 2019:

En la figura 19, se tiene que: En la mezcla de concreto con a/c de 0.36 y 0.33 a los 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 200 kg/cm<sup>2</sup> y 98 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 52.36 % y 19.60 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Stalin et al., 2020:

En la figura 20, se tiene que: A los 7, 14 y 28 días, el curado con el aditivo químico, superan la resistencia de diseño en  $68.10 \text{ kg/cm}^2$ ,  $71.60 \text{ kg/cm}^2$  y  $100.80 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 37.83 %, 39.78 % y 56 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Princy y Elson, 2015:

En la figura 21, se tiene que: A los 28 días, el curado con el aditivo químico a base de acrílico y a base de cera, superan la resistencia de diseño en  $17 \text{ kg/cm}^2$  y  $9 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 4.79 % y 2.54 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Rahman y Chamberlain, 2016:

En la figura 22, se tiene que: A los 28 días, el curado con el aditivo químico supera la resistencia de diseño en  $133 \text{ kg/cm}^2$ , que es un 45.08 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Padmanabhan et al., 2016:

En la figura 23, se tiene que: A los 7 días, el curado con los aditivos químicos a base de: cera y acrílico, superan la resistencia de diseño en  $0 \text{ kg/cm}^2$  y  $41 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 0.00 % y 11.55 % más, respecto a la resistencia de diseño. A los 28 días, el curado con los aditivos químicos a base de: cera y acrílico, superan la resistencia de diseño en  $46 \text{ kg/cm}^2$  y  $134 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 12.96 % y 37.75 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Rao et al., 2021:

En la figura 24, se tiene que: A los 7 y 28 días, el curado con el aditivo químico supera la resistencia de diseño en  $97.60 \text{ kg/cm}^2$  y  $203.10 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 28.29 % y 58.87 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Benli et al., 2017:

En la figura 25, se tiene que: En la mezcla de concreto con OPC, a los 7, 28 y 180 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en  $46 \text{ kg/cm}^2$ ,  $144 \text{ kg/cm}^2$  y  $196 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, que son un 12.95 %, 40.56 % y 77.18 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 26, se tiene que: En la mezcla de concreto con 30% FA, a los 28 y 180 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 23 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 8.68 % y 79.25 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Alvarado, 2020:

En la figura 27, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7, 14, 21 y 28 días, el curado con aditivo químico no supera la resistencia de diseño.

En la figura 28, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , a los 21 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 27 kg/cm<sup>2</sup> y 37 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 11.02 % y 15.10 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 29, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14, 21 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 14 kg/cm<sup>2</sup>, 29 kg/cm<sup>2</sup> y 49 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 5 %, 10.36 % y 17.50 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Contreras y Velazco, 2018:

En la figura 30, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 8 kg/cm<sup>2</sup> y 67 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 3.81 % y 31.90 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 31, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 21.9 kg/cm<sup>2</sup> y 76 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 7.82 % y 27.14 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Aguilar, 2019:

En la figura 32, se tiene que: A los 28 días, el curado con los aditivos químicos a base de: silicato, acrílico (Chema) y acrílico (PerKurevista), superan la resistencia de diseño en 50 kg/cm<sup>2</sup>, 40 kg/cm<sup>2</sup> y 36 kg/cm<sup>2</sup>,

respectivamente, que son un 21.74 %, 17.39 % y 15.65 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Horna, 2020:

En la figura 33, se tiene que: A los 7 días, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico (Eucofire), silicato (Antisol S), silicato (Z membrana) y acrílico (Chema), superan la resistencia de diseño en 20 kg/cm<sup>2</sup>, 2 kg/cm<sup>2</sup>, 48 kg/cm<sup>2</sup> y 74 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 10.26 %, 1.03 %, 24.62 % y 37.95 % más, respecto a la resistencia de diseño. A los 14 días, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico (Eucofire), silicato (Antisol S), silicato (Z membrana) y acrílico (Chema), superan la resistencia de diseño en 32 kg/cm<sup>2</sup>, 32 kg/cm<sup>2</sup>, 73 kg/cm<sup>2</sup> y 99 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 16.41 %, 16.41 %, 37.44 % y 50.77 % más, respecto a la resistencia de diseño. A los 28 días, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico (Eucofire), silicato (Antisol S), silicato (Z membrana) y acrílico (Chema), superan la resistencia de diseño en 56 kg/cm<sup>2</sup>, 60 kg/cm<sup>2</sup>, 93 kg/cm<sup>2</sup> y 102 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, que son un 28.72 %, 30.77 %, 47.69 % y 52.31 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Ortiz, 2020:

En la figura 34, se tiene que: A los 7, 14, 21 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en 25 kg/cm<sup>2</sup>, 43.60 kg/cm<sup>2</sup>, 63.80 kg/cm<sup>2</sup> y 85.60 kg/cm<sup>2</sup>, que son un 19.23 %, 33.54 %, 49.08 % y 65.85 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Jacobo, 2019:

En la figura 35, se tiene que: A los 7, 14, 21 y 28 días de curado con aditivo químico, no supera la resistencia de diseño.

- Según el autor Valenzuela, 2018:

En la figura 36, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7, 21 y 28 días de curado con aditivo químico, no supera la resistencia de diseño.

En la figura 37, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , a los 21 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en  $27 \text{ kg/cm}^2$  y  $38 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 11.02 % y 15.51 % más, respecto a la resistencia de diseño.

En la figura 38, se tiene que: En la mezcla de concreto diseñado a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , a los 24 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en  $49 \text{ kg/cm}^2$  y  $51 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 17.50 % y 18.21 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Ríos, 2018:

En la figura 39, se tiene que: A los 28 días de curado con aditivos químicos a base de: acrílico (Membranil Vista) y acrílico (Per membrana R), superan la resistencia de diseño en  $39.50 \text{ kg/cm}^2$  y  $40.30 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 18.81 % y 19.19 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según el autor Luna, 2020:

En la figura 40, se tiene que: A los 7 días de curado con aditivos químicos a base de: silicato (Curet Z) y silicato (PerKuret), superan la resistencia de diseño en  $41 \text{ kg/cm}^2$  y  $55 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 19.52 % y 26.19 % más, respecto a la resistencia de diseño. A los 28 días de curado con aditivos químicos a base de: silicato (Curet Z) y silicato (Perkuret), superan la resistencia de diseño en  $121 \text{ kg/cm}^2$  y  $118 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 57.62 % y 56.19 % más, respecto a la resistencia de diseño.

- Según los autores Asmal y González, 2019:

En la figura 41, se tiene que: A los 7, 14 y 28 días de curado con aditivo químico, no supera la resistencia de diseño.

- Según el autor Claver, 2019:

En la figura 42, se tiene que: A los 7 y 28 días de curado con aditivo químico, superan la resistencia de diseño en  $14.50 \text{ kg/cm}^2$  y  $93.50 \text{ kg/cm}^2$ , que son un 4.92 % y 31.69 % más, respecto a la resistencia de diseño.

5.2.2. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a tracción del concreto

- Según los autores Muhammad et al., 2021:

En la figura 43, se tiene que: En la mezcla de concreto con OPC, a los 14 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 10.18 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 1.20 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. En la mezcla de concreto con 30% FA, a los 14 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 10.52 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 2.60 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

- Según los autores Nematollahzade et al., 2020:

En la figura 44, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.35$ , a los 14 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 1 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 0.90 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

En la figura 45, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.40$ , a los 14 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 0.80 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 0.60 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

En la figura 46, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.45$ , a los 14 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 0.30 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de 1.00 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

- Según los autores Nasir et al., 2017:

En la figura 47, se tiene que: En la mezcla de concreto con OPC, a los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de  $1.80 \text{ kg/cm}^2$  del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos. En la mezcla de concreto con 30% FA, a 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de  $3.20 \text{ kg/cm}^2$  del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

- Según los autores Chougule et al., 2018:

En la figura 48, se tiene que: A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de  $2.60 \text{ kg/cm}^2$  del curado en agua y el curado aplicando aditivos químicos.

- Según los autores Princy y Elson, 2015:

En la figura 49, se tiene que: A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de  $3 \text{ kg/cm}^2$  y  $1 \text{ kg/cm}^2$ , del curado en agua con el curado aplicando aditivos químicos a base de acrílico y cera respectivamente.

- Según el autor Claver, 2019:

En la figura 50, se tiene que: A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la tracción diametral es de  $1.6 \text{ kg/cm}^2$ , del curado en agua y el curado aplicando aditivo químico.

### 5.2.3. Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a flexión del concreto

- Según los autores Xue et al., 2015:

En la figura 51, se tiene que: A los 3 días de curado, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico, silicato y cera (parafina), tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (-)  $1 \text{ kg/cm}^2$ , (-)  $2.50 \text{ kg/cm}^2$  y (+)  $1.50 \text{ kg/cm}^2$ , con respecto al curado en agua. A los 7 días de curado, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico, silicato y cera (parafina), tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (-)  $1.50 \text{ kg/cm}^2$ , (-)  $3.50 \text{ kg/cm}^2$  y (-)  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ , con respecto al curado en agua. A los 28 días, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico,

silicato y cera (parafina), tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (-) 0.20 kg/cm<sup>2</sup>, (-) 4.50 kg/cm<sup>2</sup> y (+) 0.50 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al curado en agua.

- Según los autores Chougule et al., 2018:

En la figura 52, se tiene que: A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la flexión de (-) 24.60 kg/cm<sup>2</sup>, del curado en agua y el curado aplicando aditivo químico.

- Según los autores Princy y Elson, 2015:

En la figura 53, se tiene que: A los 28 días, el curado con los aditivos químicos a base de: acrílico y cera (parafina), tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (-) 14 kg/cm<sup>2</sup> y (-) 12 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al curado en agua.

- Según los autores Benli et al., 2017:

En la figura 54, se tiene que: En la mezcla de concreto con OPC, a los 3, 7, 28 días, el curado con aditivo químico, tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (+) 2 kg/cm<sup>2</sup>, (-) 1 kg/cm<sup>2</sup> y (+) 6 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al curado en agua. En la mezcla de concreto con 30%FA, a los 3, 7, 28 días, el curado con aditivo químico, tienen una diferencia de la resistencia a la flexión de (+) 2 kg/cm<sup>2</sup>, (+) 5 kg/cm<sup>2</sup> y (+) 4 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al curado en agua.

- Según los autores Asmal y González, 2019:

En la figura 55, se tiene que: A los 7 y 28 días, la diferencia de la resistencia a la flexión es de (-) 2 kg/cm<sup>2</sup> y (-) 3 kg/cm<sup>2</sup> del curado en agua y el curado aplicando aditivo químico.

- Según el autor Claver, 2019:

En la figura 56, se tiene que: A los 28 días de curado, la diferencia de la resistencia a la flexión de (-) 10.20 kg/cm<sup>2</sup>, del curado en agua y el curado aplicando aditivo químico.

#### 5.2.4. Analizar el tiempo de curado para reducir la absorción capilar del concreto

- Según los autores Nematollahzade et al., 2020:

En la figura 57, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.35$ , a los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $0.20 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $0.32 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico y del curado en agua.

En la figura 58, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.40$ , a los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $0.13 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $0.27 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico y del curado en agua.

En la figura 59, se tiene que: En la mezcla de concreto con  $a/c = 0.45$ , a los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $0.08 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $0.25 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico y del curado en agua.

- Según el autor Aguilar, 2019:

En la figura 60, se tiene que: A los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $1.36 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $2.01 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico a base de silicato y del curado en agua. La diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $1.02 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $1.89 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico a base de acrílico (Chema) y del curado en agua. La diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $1.49 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $2.07 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico a base de acrílico (kurevista) y del curado en agua.

- Según el autor Luna, 2020:

En la figura 61, se tiene que: A los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $1.38 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $4.16 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico a base de acrílico y del curado en agua. La diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+)  $1.90 \text{ mm/s}^{0.5}$  y (+)  $4.96 \text{ mm/s}^{0.5}$ , del curado aplicando aditivo químico a base de silicato y del curado en agua.

- Según los autores Ponce et al., 2019:

En la figura 62, se tiene que: A los 28 días, la diferencia de la Absorción capilar inicial y final son de (+) 0.61 mm/s<sup>0.5</sup> y (-) 2.31 mm/s<sup>0.5</sup>, del curado aplicando aditivo químico y del curado en agua.

### 5.3. Contrastación de Resultados

#### 5.3.1. Hipótesis 1: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la compresión del concreto

Para analizar la influencia del tiempo de curado aplicando los aditivos químicos, y luego comprobar su resistencia a la compresión, se requieren los resultados más favorables de los ensayos de laboratorio que se encuentran en los artículos de investigaciones científicas.

Hipótesis auxiliar

H0: A mayor tiempo de curado no incrementa la resistencia a la compresión del concreto.

H1: A mayor tiempo de curado si incrementa la resistencia a la compresión del concreto.

Observaciones:

Tabla 8. Porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al f'c del concreto para los autores.

Autor	Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		Supera al f'c (%)	Base del aditivo
	Apli. Aditivos Químicos	f'c		
Princy, 2015	372	355	4.79	Acrílico
Alvarado, 2020	329	280	17.5	Silicato
Valenzuela, 2018	331	280	18.21	Silicato
Rios, 2018	250	210	19.19	Acrílico
Aguilar, 2019	280	230	21.74	Silicato
Surana et al., 2017	323	280	29.2	Cera
Claver, 2019	389	295	31.69	Cera
Contreras, 2018	356	280	31.9	Silicato
Xue et al., 2015	475	360	31.94	Acrílico
Padmanabhan et al., 2016	489	355	37.75	Acrílico
Benli et al., 2017	499	355	40.56	Cera
Nematollahzade et al., 2020	420	295	42.37	Cera
Rahman, 2016	428	295	45.08	Cera
Horna, 2018	297	195	52.31	Acrílico
Mohamed y Najm, 2021	582	382	52.36	Acrílico
Stalin et al., 2020	281	180	56.00	Cera
Luna, 2020	328	210	57.62	Silicato
Rao et al., 2021	548	345	58.87	Cera
Ortiz et al., 2020	216	130	65.85	Cera

Fuente: Elaboración propia

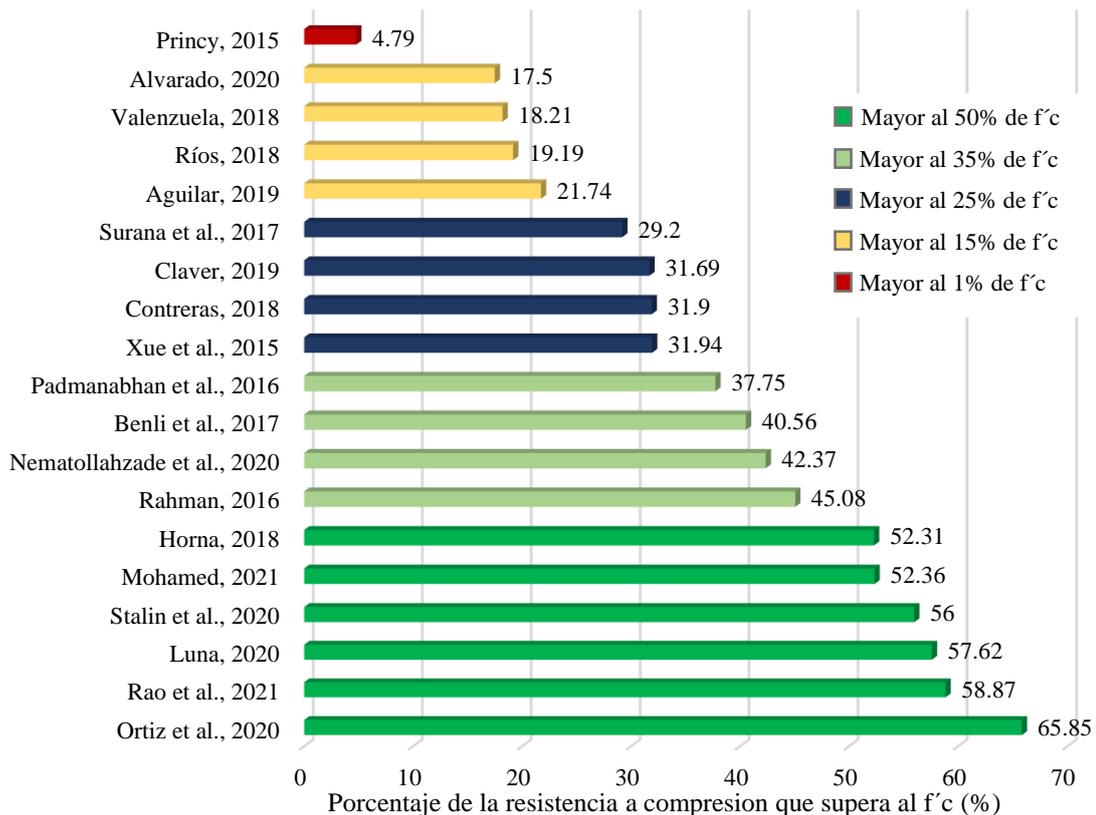


Figura 63. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al f'c del concreto para cada uno de los autores, cuando se aplica curadores químicos.

Fuente: Elaboración Propia

Los datos de la Tabla 8 graficados en la figura 63, se aprecia que los autores Mohamed et al., 2021, Stalin et al., 2020, Rao et al., 2021, Horna, 2018, Ortiz, 2020 y Luna, 2020, obtienen una resistencia mayor al 50% del f'c cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos. La mayor resistencia se obtuvo en el autor Ortiz 2020, fue con el aditivo químico a base de silicato (Antisol S). En los demás artículos, obtienen valores entre 17 % a 45 % de excedencia del f'c, pero solo el autor Princy y Elson, 2015, obtiene una resistencia de excedencia de 4.79% del f'c.

En la figura 64, no se tomaron los autores Muhammad et al., 2021, Nasir et al, 2017, Chougule et al., 2018, Jacobo, 2019 y, Asmal y González, 2019, ya que no superaron la resistencia f'c a los 28 días de curado. Por lo que se tiene un total de 79.17% de casos favorables en las investigaciones aplicando aditivos químicos para el curado. En el caso del autor Muhammad et al., 2021, si logro superar la resistencia de diseño, pero a los 180 días de curado, lo que deja como una posibilidad que los artículos

que no cumplieron a los 28 días de curado, puedan lograr superar el  $f'c$  a un tiempo mayor de curado.

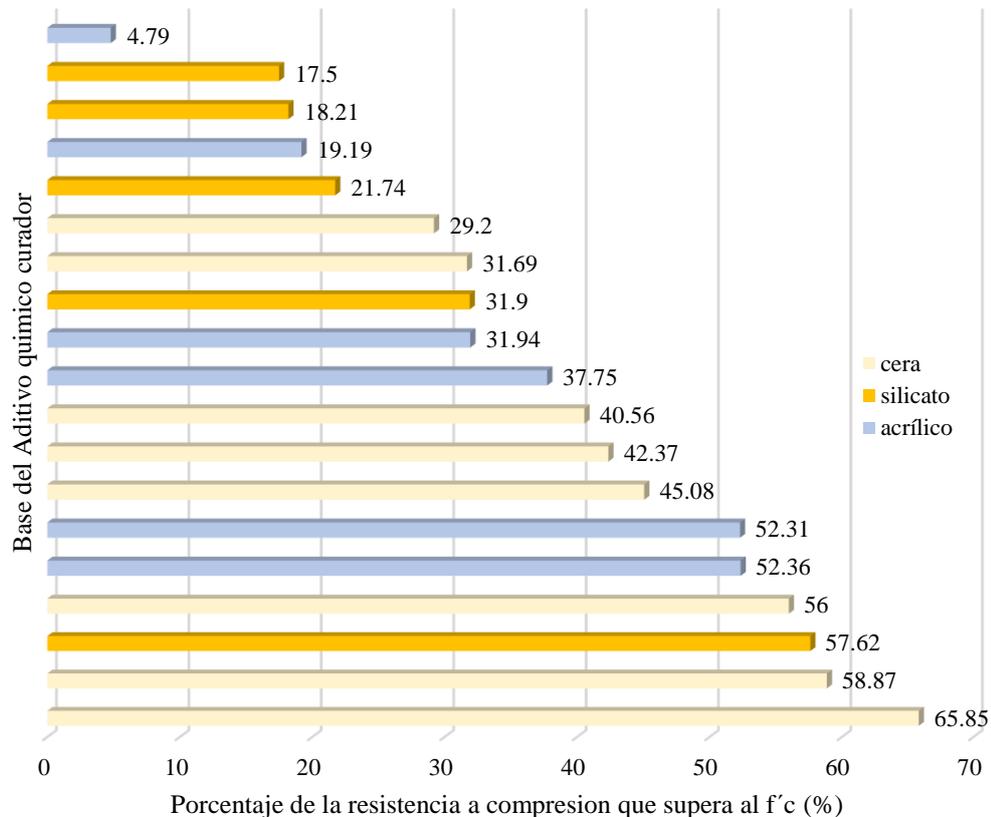


Figura 64. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la compresión que supera al  $f'c$  del concreto en base del aditivo químico curador.

Fuente: Elaboración Propia

La figura 64 muestra que, en los artículos de investigación consultados, usaron curadores químicos a base de cera un 42 %, a base de acrílico un 32% y a base de silicato un 26%. Se aprecia que, de los 8 autores del aditivo curador a base de cera, en 7 de ellos se obtuvieron valores mayores del 30% de superación a la resistencia de diseño. Además, de los 6 autores del aditivo curador a base de acrílico, en 4 de ellos se obtuvieron valores mayores del 30% de superación a la resistencia de diseño. En el caso del aditivo curador a base de silicato, de los 5 autores, solo 2 superaron el 30% la resistencia de diseño, pero en uno se obtuvo un gran desempeño.

Por lo antes expuesto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que se demuestra según las observaciones, que la resistencia a la compresión incrementa al mayor tiempo de curado.

5.3.2. Hipótesis 2: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la tracción del concreto

Para analizar la influencia del tiempo de curado aplicando los aditivos químicos, y luego comprobar su resistencia a la tracción, se requieren los resultados más favorables de los ensayos de laboratorio que se encuentran en los artículos de investigaciones científicas.

Hipótesis auxiliar

H0: A mayor tiempo de curado no incrementa la resistencia a la tracción del concreto.

H1: A mayor tiempo de curado si incrementa la resistencia a la tracción del concreto.

Observaciones:

Tabla 9. Porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 14 días.

Autor	Tiempo de curado a los 14 días			Base del aditivo
	Resistencia a Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		Respecto al curado en agua (%)	
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Muhammad et al., 2021	17	28	64	Cera
Nematollahzade et al., 2020	4	5	93	Cera

Fuente: Elaboración propia

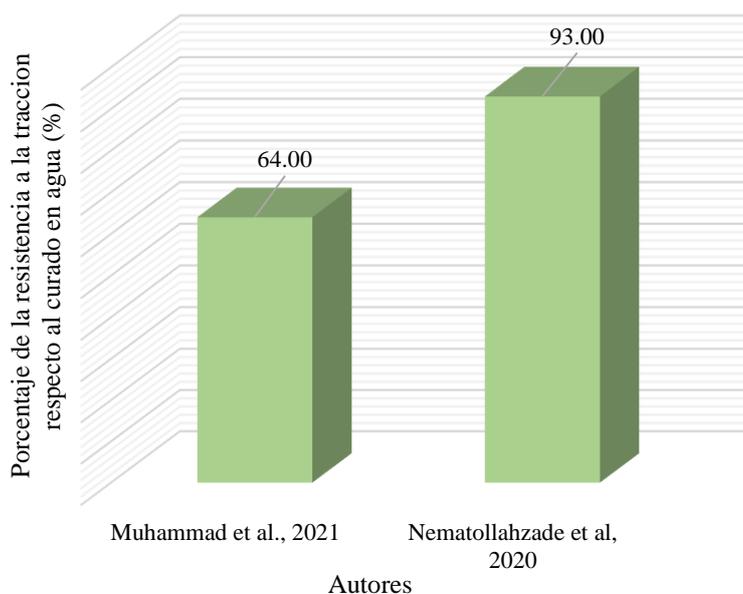


Figura 65. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 14 días para cada uno de los autores. Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Tabla 9 graficados en la figura 65, se aprecia que, a los 14 días de curado, para los de autores Muhammad et al., 2021 y Nematollahzade et al., 2020, tienen menor resistencia a la tracción, cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos respecto al curado inmerso en agua. El que tuvo menor desempeño fue el de Muhammad et al., 2021 con una resistencia de 64% respecto al curado en agua, y el que estuvo más semejante al curado inmerso en agua es Nematollahzade et al., 2020 con una resistencia de 93% respecto al curado en agua.

Tabla 10. Porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días.

Autor	Tiempo de curado a los 28 días			Base del aditivo
	Resistencia a Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		Respecto curado en agua (%)	
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Chougule et al., 2018	10	13	80	Cera
Nasir et al., 2017	29	31	88	Cera
Claver, 2019	34	36	94	Cera
Princy y Elson, 2015	28	29	96	Cera
Muhammad et al., 2021	30	31	97	Cera
Nematollahzade et al., 2020	5	5.4	97	Cera

Fuente: Elaboración propia

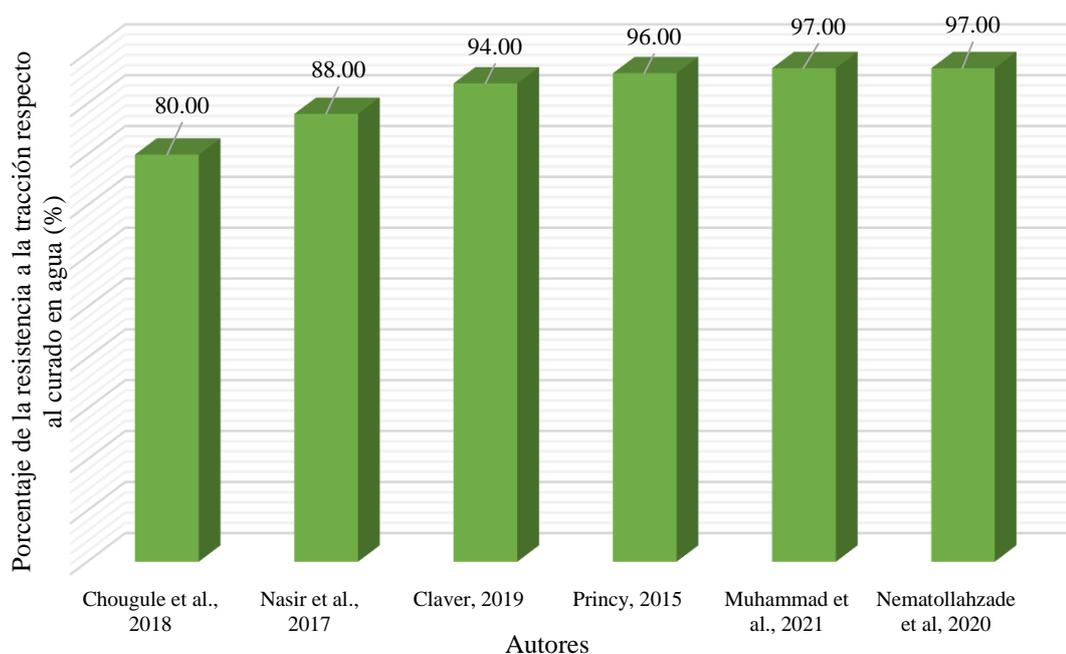


Figura 66. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la tracción cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores.  
Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Tabla 10 graficados En la figura 66, se aprecia que no superan la resistencia a la tracción cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos respecto al curado inmerso en agua. También se observa que el que tuvo menor desempeño es del autor Chougule et al., 2018, con una resistencia de 80% respecto al curado en agua, y los que estuvieron más semejante al curado inmerso en agua son Muhammad et al., 2021, y Nematollahzade con una resistencia de 97%.

Relacionando las figuras 64 y 65, Muhammad et al., 2021, la diferencia de resistencia a la tracción diametral disminuye notablemente a los 28 días, teniendo un valor de 64% a los 14 días pasa a 97% a los 28 días. Y para Nematollahzade et al., 2020, la diferencia de resistencia a la tracción diametral disminuye a los 28 días, teniendo primero un valor de 93% a los 14 días pasa a 97% a los 28 días.

La resistencia a tracción diametral con el curado aplicando aditivos químicos, también es menor a la resistencia “fsp” hallada según la ecuación (1) descrita en 2.3.8 (Split test). Por lo que no se superó ni el valor promedio en relación a la resistencia de compresión de diseño ( $f'_c$ ).

Para la mayoría de los artículos que se ensayaron a la resistencia a la tracción diametral, utilizaron curador químico a base de cera, pero en el caso de los autores Princy y Elson, 2015, también usaron un curador químico a base de acrílico, obteniendo valores menos favorables que el curador químico a base de cera.

Por lo antes expuesto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que se demuestra según las observaciones, que la resistencia a la tracción incrementa al mayor tiempo de curado.

### 5.3.3. Hipótesis 3: A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la flexión del concreto

Para analizar la influencia del tiempo de curado aplicando los aditivos químicos, y luego comprobar su resistencia a la flexión, se requieren los resultados más favorables de los ensayos de laboratorio que se encuentran en los artículos de investigaciones científicas.

Hipótesis auxiliar

H0: A mayor tiempo de curado no incrementa la resistencia a la flexión del concreto.

H1: A mayor tiempo de curado si incrementa la resistencia a la flexión del concreto.

Observaciones:

Tabla 11. Porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 3 días.

Autor	Tiempo de curado a los 3 días		Respecto curado en agua (%)	Base del aditivo
	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Xue et al., 2015	42	41	104	Cera
Benli et al., 2017	46	44	105	Cera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Porcentaje de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 7 días.

Autor	Tiempo de curado a los 7 días		Respecto curado en agua (%)	Base del aditivo
	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Xue et al., 2015	54	55	99	Cera
Benli et al., 2017	74	75	97	Cera
Asmal, 2019	34	36	94	Silicato

Fuente: Elaboración propia

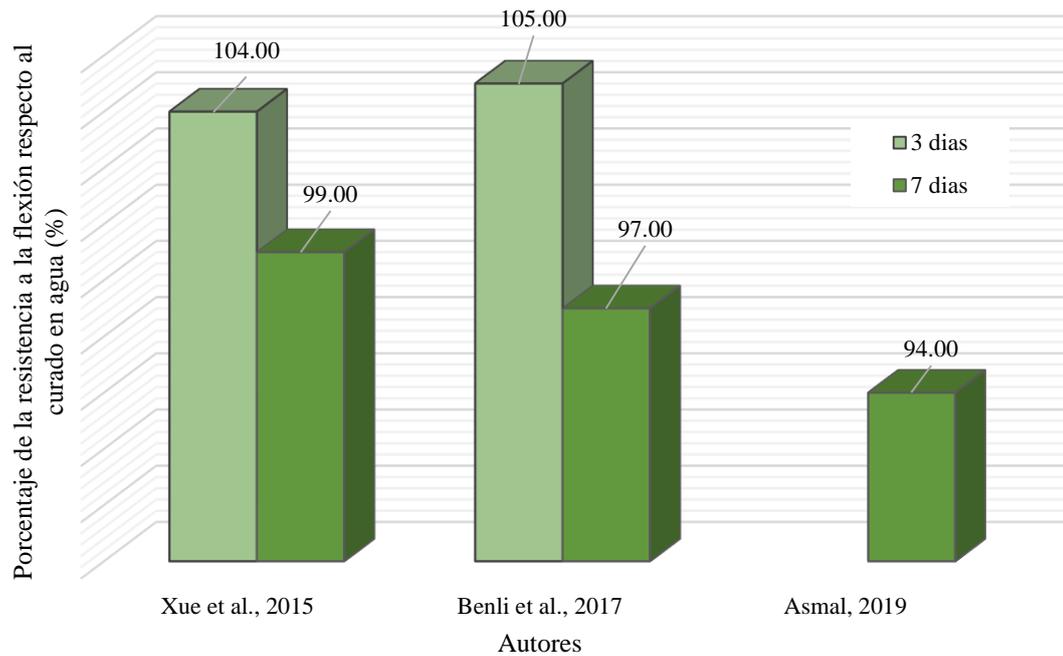


Figura 67. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 3 y 7 días para cada uno de los autores.  
Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Tabla 11 y Tabla 12 graficados en la figura 67, se aprecia que para los autores Xue et al., 2015 y Benli et al., 2017, tienen mayor resistencia a la flexión a los 3 días superando en 3% y 5% cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos respecto al curado inmerso en agua, pero a los 7 días, tienen menor resistencia de flexión de 99% y 97% respecto al curado en agua. También se observa que el que tuvo menor desempeño es Asmal y González, 2019, a los 7 días, con una resistencia de flexión de 94% respecto al curado en agua, y el que estuvo más semejante al curado inmerso en agua es del autor Xue et al., 2015, a los 7 días con una resistencia de 99% respecto al curado en agua.

Tabla 13. Porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días.

Autor	Tiempo de curado a los 28 días		Respecto curado en agua (%)	Base del aditivo
	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Chougule et al., 2018	37	61	61	Cera
Princy, 2015	41	55	78	Cera
Claver, 2019	56	66	85	Cera
Asmal, 2019	40	43	93	Silicato

Xue et al., 2015	60	59	101	Cera
Benli et al., 2017	91	85	107	Cera

Fuente: Elaboración propia



Figura 68. Resultados de los porcentajes de la resistencia a la flexión cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores.

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Tabla 13 graficados en la figura 68, se aprecia que los autores Chougule et al., 2018, Princy y Elson, 2018, Claver, 2019, Asmal y González, 2019, tienen menor resistencia a la flexión, cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos dando resistencias a la flexión entre 61% al 93% respecto al curado en agua a los 28 días. Para Xue et al., 2015 y Benli et al., 2017, superaron la resistencia a flexión del concreto en 1% y 7% respecto al curado en agua a los 28 días. Se observa también, que el que tuvo menor desempeño fue Chougule et al., 2018, con una resistencia de 61% respecto al curado en agua, y el que estuvo más semejante al curado inmerso en agua es Xue et al., 2015, a los 28 días con una resistencia de 101% respecto al curado en agua. La resistencia a la flexión con el curado aplicando aditivos químicos, es mayor a la resistencia “fr” hallada según la ecuación (3) descrita en 2.3.8, dada por la Norma E.060. Por lo que superó el valor promedio en relación a la resistencia de compresión de diseño ( $f'c$ ).

Relacionando las figuras 66 y 67, según Xue et al., 2015, se observa que la resistencia a la flexión incrementa en el tiempo, teniendo un valor 99% a los 7 días pasar a 101% a los 28 días. Y para Benli et al., 2107, incrementa de 97% a los 7 días pasar a 107% a los 28 días. En el caso de Asmal y González, 2019, la resistencia a la flexión se mantuvo con una diferencia similar de los 7 días y a los 28 días, teniendo un valor 93% pasar a 94%.

Para la mayoría de los artículos que se ensayaron a la resistencia a la flexión, utilizaron curador químico a base de cera, pero el autor Asmal y González, 2019, utilizó un curador químico a base de silicato, obteniendo el segundo valor más semejante al curado inmerso en agua.

Por lo antes expuesto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) ya que se demuestra según las observaciones, que la resistencia a la flexión incrementa al mayor tiempo de curado.

#### 5.3.4. Hipótesis 4: A mayor tiempo de curado se reduce la absorción capilar del concreto

Para analizar la influencia del tiempo de curado aplicando los aditivos químicos, y luego comprobar la absorción capilar del concreto, se requieren los resultados más favorables de los ensayos de laboratorio que se encuentran en los artículos de investigaciones científicas.

Hipótesis auxiliar

H0: A mayor tiempo de curado no reduce la absorción capilar del concreto.

H1: A mayor tiempo de curado si reduce la absorción capilar del concreto.

Observaciones:

Tabla 14. Porcentajes de la absorción capilar inicial cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días.

Autor	Absorción Inicial (mm/s <sup>0.5</sup> )		Respecto curado en agua (%)	Base del aditivo
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Aguilar, 2019	2.64	1.28	179	Cera
Ponce et al., 2019	3.48	2.87	121	Acrílico
Nematollahzade et al., 2020	0.92	0.72	108	Cera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Porcentajes de la absorción capilar final cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días.

Autor	Absorción Final (mm/s <sup>0.5</sup> )		Respecto curado en agua (%)	Base del aditivo
	Curado con Aditivos Químicos	Curado en agua		
Aguilar, 2019	5.49	3.42	155	Acrílico
Ponce et al., 2019	7.01	9.32	75	Acrílico
Nematollahzade et al., 2020	0.92	0.72	118	Cera

Fuente: Elaboración propia

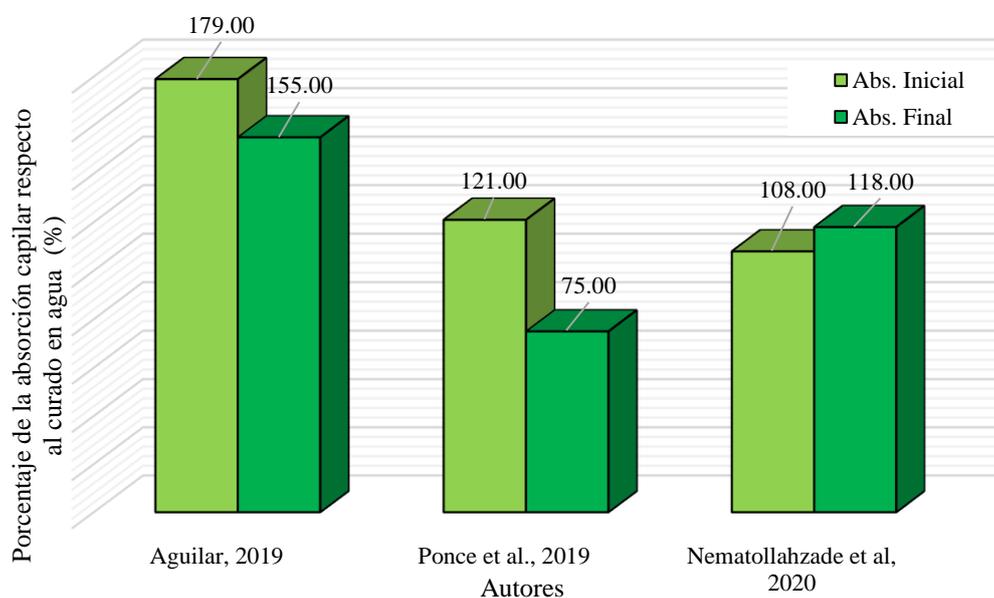


Figura 69. Resultados de los porcentajes de la absorción capilar del concreto cuando se aplica curadores químicos, respecto al curado en agua a los 28 días para cada uno de los autores.

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Tabla 14 y Tabla 15 graficados en la figura 69, se tiene mayor absorción capilar Inicial, cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos respecto al inmerso en agua, observado a los 28 días de curado. Los autores Nematollahzade et al., 2020, y Aguilar, 2019, tienen mayor absorción capilar final, cuando se aplicó el método de curado aplicando aditivos químicos de 18% a 55% respecto al curado inmerso en agua. Pero Ponce et al., 2019, tiene un 75% de absorción capilar final respecto al curado inmerso en agua, lo cual el curador químico ayudo a reducir la absorción capilar del concreto. Se observa también, que estuvo más semejante al curado inmerso en agua es Nematollahzade et al., 2020, con una absorción capilar inicial de 108% y con una absorción

capilar final de 118% respecto al curado en agua. Los autores que obtuvieron resultados favorables fueron Nematollahzade et al., 2020 y Ponce et al., 2019, y no favorable fue Aguilar, 2019.

Para los artículos que se ensayaron a la absorción capilar del concreto, utilizaron curador químico a base de cera, acrílico y silicato, donde en el caso de Aguilar, 2019, obtuvo mejor resultado con el curador químico a base de acrílico.

Por lo antes expuesto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que se demuestra según las observaciones, que a mayor tiempo de curado no reduce la absorción capilar del concreto.

## DISCUSIÓN

Con la búsqueda de los artículos relacionados a los objetivos e hipótesis de la investigación, se analizó cada uno los diferentes resultados, y se observó cómo afectan las propiedades mecánicas del concreto.

Ortiz et al., 2020, con una mezcla de diseño  $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ , ensaya sus especímenes de concreto a los 28 días de curado aplicando curadores químicos, obtiene una resistencia a la compresión de  $216 \text{ kg/cm}^2$  que supera en 65.85% respecto al  $f'c$ , logrando el mayor porcentaje que supera al  $f'c$  entre los demás autores. En la figura 63 se observa a todos los autores que logran superar al  $f'c$  a los 28 días, pero Muhammad et al., 2021, con una mezcla de diseño  $f'c = 345 \text{ kg/cm}^2$ , ensaya sus especímenes de concreto a los 180 días de curado aplicando curadores químicos, obteniendo una resistencia de  $451 \text{ kg/cm}^2$  superando en 31% respecto al  $f'c$ , dando a conocer que a un tiempo de curado mayor de 28 días incrementa su resistencia a la compresión superando así al  $f'c$  de diseño. De los 6 autores que superan al  $f'c$  en más del 50% a los 28 días de curado, Ortiz et al. 2020, Rao et al. 2021 y Stalin et al. 2020, aplican aditivos químicos a base de cera para el curado; Horna 2018 y Mohamed 2021, aplican aditivos químicos a base de acrílico para el curado; y Luna 2020, aplica aditivos químicos a base de silicato para el curado.

Muhammad et al., 2021 y Nematollahzade et al., 2020, ensayan sus especímenes de concreto a los 14 días de curado aplicando curadores químicos, obtiene una resistencia a la tracción de  $17 \text{ kg/cm}^2$  y  $4 \text{ kg/cm}^2$  que relacionando con el curado en agua son un 64% y 93% de la resistencia a la tracción, como se muestra en la figura 65, dejando como mejor comportamiento a Nematollahzade. A los 28 días de curado, Muhammad et al., 2021 y Nematollahzade et al., 2020, son los que tienen el mejor comportamiento a la resistencia a la tracción del concreto aplicando aditivos químicos, con un 97% de resistencia a la tracción respecto al curado en agua. Chougule et al, 2018, es el resultado menos favorable, ya que obtiene un 80% de resistencia a la tracción del concreto aplicando aditivos químicos respecto al curado en agua.

Xue et al., 2015 y Benli et al., 2017, ensaya sus especímenes a los 3 y 7 días de curado, como se muestra en la figura 68, obteniendo un mejor comportamiento a los 3 días. Donde Benli et al., 2017, tuvo la mayor resistencia, superando en 5%

al curado inmerso en agua a los 3 días. Xue et al., 2015, Benli et al., 2017 y Asmal y González, 2019, ayudan a relacionar la resistencia a la flexión respecto al tiempo de curado, al analizar primero los especímenes a un tiempo de 7 días, aumentando su resistencia a la flexión a los 28 días de curado aplicando aditivos químicos, donde solo Xue et al. 2015 y Benli et al. 2017, superan la resistencia a flexión en 1% y 7% respecto al curado en agua. En el caso de Chougule et al., 2018, tiene el peor comportamiento a la resistencia a la flexión con una resistencia de 61% respecto al curado en agua. Princy y Elson, 2015 y Claver, 2019 con resistencias a la flexión de 78% y 85% respecto al curado en agua, que son los resultados término medio, pero que no se puede intuir más, ya que no ensayaron sus especímenes a un tiempo de curado más temprano.

En los resultados de absorción capilar respecto al tiempo curado: Nematollahzade et al., 2020, como se muestra en la figura 69, el curado aplicando aditivos químicos tiene una Abs. capilar inicial mayor en 8% respecto al curado en agua y una Abs. capilar final mayor en 18% respecto al curado en agua, estos fueron los valores más semejantes al método de curado inmerso en agua. Ponce et al., 2019, obtuvo menor Abs. capilar final aplicando aditivos químicos con un valor de 75% de absorción de capilar del concreto respecto al curado en agua y es el único caso favorable de un total de 4 artículos de investigación, en el caso de Luna, 2020, tiene mayor Abs. inicial de  $1.38 \text{ mm/s}^{0.5}$  y Abs. final de  $4.16 \text{ mm/s}^{0.5}$  aplicando aditivo químico a base acrílico para el curado, esta diferencia no se relaciona o no tienen un parecido a los otros autores y da a entender que la investigación consultada podría tener datos defectuosos.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación de aditivos químicos para el curado tiene una resistencia a la compresión, que supera en 66% al  $f'c$  a los 28 días de curado; una resistencia a la tracción promedio de 92% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado; una resistencia a la flexión promedio de 99% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado; y una mayor absorción capilar final e inicial promedio de 37% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado.
2. La resistencia a la compresión del concreto aplicando aditivos químicos para el curado, supera al  $f'c$  con un máximo de 66% y en promedio un 40% del  $f'c$  a los 28 días de curado. También, los aditivos curadores a base de cera son los más usados, le sigue el acrílico y por último el silicato. Además, en el mismo orden citado anteriormente, es la eficacia de los resultados que superaran el  $f'c$  de diseño, con un promedio de 47% a base de cera, 39% a base de acrílico y 29% a base de silicato; por ello el mejor comportamiento es con el curado aplicando el aditivo químico a base de cera.
3. La resistencia a la tracción del concreto curado con aditivos químicos, es en promedio un 79% respecto al curado inmerso en agua a los 14 días de curado y es en promedio un 92% a los 28 días de curado, deduciendo que mejora su resistencia a mayor tiempo de curado.
4. La resistencia a la flexión del concreto curado con aditivos químicos, supera en promedio un 5% respecto al curado inmerso en agua a los 3 días de curado, es en promedio un 97% respecto al curado inmerso en agua a los 7 días de curado y es en promedio un 99% a los 28 días de curado tomando como referencia solo a los autores que ensayaron sus especímenes a los 3 y 7 días de curado, deduciendo que mejora su resistencia a mayor tiempo de curado.
5. La absorción capilar final e inicial del concreto curado con aditivos químicos, es mayor en promedio un 37% con respecto al curado inmerso en agua a los 28 días de curado. Tuvo un mejor comportamiento en la absorción inicial fue con el curador químico a base de cera y en la absorción final fue con el curador químico a base de acrílico.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar curadores químicos a base de cera, para superar la resistencia de diseño a compresión del concreto donde sea de difícil acceso el uso del agua. A pesar que en la minoría de artículos, no llegan a superar la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días, un ensayo a tiempo de curado de 180 días, si logro superarlo. Así que se sugiere investigar la resistencia a compresión, a tiempos de curado del concreto mayores de 28 días, pero menores de 180 días aplicando aditivos químicos, para observar su comportamiento mecánico.
2. Investigar la aplicación de curadores químicos a base de silicatos y acrílicos, para observar la resistencia a la tracción del concreto, ya que en los artículos investigados solo aplicaron curadores químicos a base de cera. También se sugiere investigar la resistencia a tracción, a tiempos de curado del concreto de 3, 7 y 14 días, aplicando aditivos químicos, para observar su comportamiento.
3. Igual que en el anterior mencionado, investigar la aplicación de curadores químicos a base de silicatos y acrílicos, para observar la resistencia a la flexión del concreto. También se sugiere investigar la resistencia a flexión, a tiempos de curado del concreto de 3, 7 y 14 días, aplicando aditivos químicos, para observar su comportamiento.
4. Investigar a fondo acerca del comportamiento de la absorción capilar del concreto, aplicando diferentes curadores químicos a base de cera, silicatos y acrílicos, además de ver su comportamiento en la diferencia de la relación agua/cemento en las mezclas de concreto.
5. A las futuras investigaciones ligadas al tema de curado del concreto aplicando aditivos químicos, orientar su investigación a un desarrollo más tecnológico, con respecto a los nuevos curadores químicos para el concreto expuestos a diferentes condiciones climáticas, ya que la información sobre el concreto curado expuesto a diferentes temperaturas es mínima. Hay muy poca información del curado aplicando aditivos químicos a temperaturas bajas, esto puede deberse a que el curador químico actúa como una capa o película que retiene la humedad, mas no protege contra la congelación, por lo que se sugiere investigar este factor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2020). Edición N°17. *¿Cómo verificar la resistencia a la compresión del concreto?* Recuperado de: [https://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion\\_17/mucho-ojo-al-reglamento-resistencia-a-la-compresion-del-concreto.html](https://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_17/mucho-ojo-al-reglamento-resistencia-a-la-compresion-del-concreto.html)
- Aceros Arequipa. (2020). *Construye seguro: Manual del maestro constructor*. Recuperado de: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/el-cemento>
- ACI Committee 308. (2016). *Guide to external curing of concrete*. American Concrete Institute. Recuperado de: [https://www.academia.edu/9825141/Pr%C3%A1ctica\\_est%C3%A1ndar\\_para\\_el\\_curado\\_del\\_concreto\\_ACI\\_308](https://www.academia.edu/9825141/Pr%C3%A1ctica_est%C3%A1ndar_para_el_curado_del_concreto_ACI_308)
- Aditivos especiales S.A.C. (2016). *Curadores de concreto*. Recuperado de: <https://www.aditivosespeciales.com.pe/index.php?cat=120>
- Aguilar, J. E. (2019). *Influencia del curado del concreto con aditivos químicos en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto convencional, Trujillo 2019*. (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21162>
- Ahmed, M., Saeed A., Saleh A., Saiful I., Roohul A., and Mohd D. (2021). *Development of Self-Cured Sustainable Concrete Using Local Water-Entrainment Aggregates of Vesicular Basalt*. Sustainability 13, no. 12: 6756. <https://doi.org/10.3390/su13126756>
- Al-Kheetan, M. J., Rahman, M. M., y Chamberlain, D. A. (2018). *A novel approach of introducing crystalline protection material and curing agent in fresh concrete for enhancing hydrophobicity*. Construction and Building Materials, 160, 644–652. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.108
- Alvarado, J. (2020). *Variación de la resistencia a compresión del concreto 210, 245, 280 kg/cm<sup>2</sup> frente a diferentes métodos de curado, Lima – 2019*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú
- Andrzejczak, K., Karlowski, A., y Paslawski, J. O. (2017). *Flexible management for concrete curing at low temperature based on learning from cases*. Waterloo: IAARC Publications. Retrieved from

<http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/conference-papers-proceedings/flexible-management-concrete-curing-at-low/docview/1943519354/se-2?accountid=45097>

- Argos. (2020). *¿Cuál es la composición química del cemento y cómo afecta sus propiedades?* Recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/191cu1931-es-la-composici211n-qu205mica-del-cemento-y-c211mo-afecta-sus-propiedades>
- Arkiplus. (2021). Portal especializado en temas de arquitectura, construcción, paisajismo y arte con más de 2300 artículos publicados a la fecha. Título del artículo: “*Historia del concreto*”. Recuperado de: <https://www.arkiplus.com/historia-del-concreto/>
- Asmal Peña, G. A., y González Guamán, P. F. (2019). *Influencia en la resistencia final de elementos de hormigón de geometría variable sometidos a diferentes condiciones de curado* (Bachelor's thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33504>
- Asocreto. (2010). *Tecnología del concreto Tomo I; materiales, propiedades y diseño de mezclas*. Bogotá, D.C.: Asocreto
- ASTM International. (2021). *¿Qué es el ASTM?* Recuperado de: <https://la.astm.org>
- Atoyebi, O., Ikubanni P., Adesina A., Araoye O. y Davies I. (2020) *Effect of curing methods on the strength of interlocking paving blocks*. Cogent Engineering, 7:1, DOI: 10.1080/23311916.2020.1770914
- Ayuque, E. (2019). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica. (Tesis pregrado). Recuperado de: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3178>
- Basf The chemical Company (2014). MasterKure CC123- *Compuesto líquido para el curado del concreto*. Recuperado de: <https://www.master-builders-solutions.com/es-centroamerica/products/masterkure/masterkure-cc-123>
- Bayliss, C.R. Hardy, B.J. (2012). *Transmission and Distribution Electrical Engineering (4th Edition)*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BJRB9A/transmission-distribution/concrete-strength>
- Benli, A., Karataş, M., y Bakir, Y. (2017). *An experimental study of different curing regimes on the mechanical properties and sorptivity of self-compacting mortars*

- with fly ash and silica fume*. *Construction and Building Materials*, 144, 552–562.  
doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03
- Bentz D. P. and Stutzman P. E. *Curing, Hydration, and Microstructure of Cement Paste*. *ACI Materials Journal*, 2006, September–October, 348–356.
- Building trust Sika. (2014). *Hoja técnica Sika Antisol S*. Recuperado de:  
<http://www.mvsrepresentaciones.com/documentos/concreto/hts.pdf>
- Cárdenas, N.B, Robles, S.L. (2016). *Comparación de la resistencia del concreto normal a la compresión, mediante el proceso de curado por el método de hidratación directa o inmersión vs exudación por recubrimiento en vinipel*. Bogotá-Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10983/8269>
- Ceballos, Martin A. (2016). *El concreto, Material fundamental para la infraestructura*. Recuperado de: <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2016/experto.pdf>
- Cemex. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión del concreto?* Recuperado de: <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- CEMEX. (2020). *Hablando de Cementos Portland*. Recuperado de:  
<https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- Cemex. (2020). *Tipos de concreto*. Recuperado de:  
<https://www.cemexcolombia.com/concretos/fluido>
- Cemex. (2021). *Concreto de baja contracción*. Recuperado de:  
<https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757466/concreto-baja-contraccion.pdf/c190e0f1-9a12-fb14-9475-4b36c636c962>
- Cemex. (2021). *Uso del concreto ligero*. Recuperado de:  
<http://cemexparaindustriales.com/uso-del-concreto-ligero>
- Challa, D. K., Ruthvik, G., y G, S. V. (2020). *Study on the influence of the methods of curing on the strength properties of concrete*. *I-Manager's Journal on Structural Engineering*, 9(1), 10-16. Retrieved: doi:  
<http://dx.doi.org/10.26634/jste.9.1.17006>
- Chema. (2017). *Hoja técnica: Membranil Vista*. Recuperado de:  
<http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/HT%20MEMBRANIL%20VISTA%20V01.2017.pdf>
- Chema. (2017). *Hoja técnica: Super curador Chema*. Recuperado de:  
<http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/HT%20SUPER%20CURADOR%20CHEMA%20V01.2017.pdf>

- Chougule, A.R., Patil, M.B. y Prakash, K.B. *An experimental study of different curing methods on the properties of HVGGBFS concrete*. J Build Rehabil 3, 9 (2018). <https://doi.org/10.1007/s41024-018-0038-0>
- CIRIA. (1997). *Project Report 49, On-site curing - Influence on the durability of concrete: A review*. Recuperado de: <https://www.ciria.org/ItemDetail?iProductCode=C530yCategory=BOOKyWebsiteKey=3f18c87a-d62b-4eca-8ef4-9b09309c1c91>
- Civilgeeks.com. (2011). *La Resistencia a la tracción del concreto*. Recuperado de: <https://civilgeeks.com/2011/12/10/la-resistencia-a-la-traccin-del-concreto/>
- Claver C. (2019). *Comparative study on external self-curing concrete and conventional curing concrete using different binding materials (OPC and PPC)*. (Thesis of master). Department of Civil Engineering National Institute of Technology Karnatakasurathkal.
- Concrete.org. (2020). *American Concrete Institute*. Recuperado de: <https://www.concrete.org>
- Constructivo.com17. (2020). *Concreto estándar*. Recuperado de: <https://constructivo.com/novedad/cementos-pacasmayo-concreto-estandar-1597869310>
- Construyentoseguro.com. (2018). *Los tipos de concreto y sus usos*. Recuperado de: <https://www.construyentoseguro.com/los-tipos-de-concreto-y-sus-usos/>
- Contreras, S. y Velazco, C. (2018). *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa-Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5522>
- Corrales, R. (2018). *Efecto del tipo de curado en la resistencia a la compresión, el cambio de longitud y retención de agua en un concreto hidráulico*. (Tesis de pregrado). Costa Rica. Recuperado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/6558/1/43412.pdf>
- Corrales, S. (2015). *Análisis de la resistencia a la compresión desarrollada en el concreto al ser curado con compuestos líquidos formadores de membrana*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

- Coutinho, A. de S., *Fabrico e propiedades do betão*. Lisboa: LNEC editora. v.1. 1997. 610p. Recuperado de: <https://hormigonaldia.ich.cl/tecniirreportaje/aditivos-para-hormigon-una-historia-de-exito/>
- curing methods. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 1126(1) doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1126/1/012002>
- Ďubek, M., Bederka, M., y Makýš, P. (2020). *The curing of concrete samples with water - experimental verification of the concrete properties*. Key Engineering Materials, 868, 65-69. Retrieved: doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.868.65>
- El Constructor Civil. (2011). *Concreto: Resistencia a la Flexión*. Recuperado de: <https://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-resistencia-la-flexion.html>
- Euclid Group Toxement. (2016). *Ficha técnica: Curaseal*. Recuperado de: <https://www.toxement.com.co/media/2765/curaseal.pdf>
- Euclid Group Toxement. (2017). *Ficha técnica: Euco curador ER.*, Costa Rica. de: <https://www.toxement.com.co/media/3216/euco-curador-er.pdf>
- Flatt, Roussel y Cheeseman. (2013). *Op.cit.* (p. 2787). Recuperado de: [http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar\\_gutierrez/En\\_Concreto/Materia4.html](http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar_gutierrez/En_Concreto/Materia4.html)
- Forde, Mike. (2009). *ICE Manual of Construction Materials, Volume 1 - Fundamentals and Theory; Concrete; Asphalts in Road Construction; Masonry - 11.3.1 The Effect of Curing Conditions*. ICE Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U1PMY2/ice-manual-construction/effect-curing-conditions>
- Freyssinet. (2021). *Concreto Lanzado*. Recuperado de: [http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet\\_mx.nsf/sb/reparacion-concreto-lanzado.concreto-lanzado](http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_mx.nsf/sb/reparacion-concreto-lanzado.concreto-lanzado)
- Gawatre, D. W., Sawant, K., Mule, R., Waydande, N., Randeve, D., y Shirsath, T. (2017). *Effectiveness of curing compound on concrete*. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 14(3), 73-76. Recuperado de: <https://bit.ly/2UhSJ4u>
- geometría variable sometidos a diferentes condiciones de curado. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador.

- Grupo Morbeck. (2014, febrero 12). *6 métodos de curado del concreto*. Recuperado: 3 de julio de 2021, de <https://www.grupomorbeck.com/site/es/blog/bloques-de-homigon/6-metodos-de-curado-del-concreto>
- Herrera de casas, J.L. (2018). *Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento*. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427>
- Horna, J. A. (2018). *Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018* (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Lima-Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/14969>
- IFUNAM. (2020). *Propiedades Mecánicas y Magnéticas de Materiales*. Recuperado de: [https://www.fisica.unam.mx/es/areas\\_investigacion/propiedades\\_mecanicas\\_magneticas\\_materiales.php](https://www.fisica.unam.mx/es/areas_investigacion/propiedades_mecanicas_magneticas_materiales.php)
- Imcyc, (Julio 2004). *Conceptos Básicos del concreto. Propiedades del concreto. Capítulo 02*. Recuperado de: <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>
- Ingenieria Civil blogspot. (2008). *Ensayo de Abrams toma de muestras para ensayos de compresión*. Recuperado de: [http://ingevil.blogspot.com/2008/10/ensayo-de-abrams-toma-de-muestras-para\\_07.html](http://ingevil.blogspot.com/2008/10/ensayo-de-abrams-toma-de-muestras-para_07.html)
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (Imcyc). (2016). *Curado del concreto ACI 308-92*: Recuperado de: [https://www.academia.edu/9825141/Práctica\\_estándar\\_para\\_el\\_curado\\_del\\_concreto\\_ACI\\_308](https://www.academia.edu/9825141/Práctica_estándar_para_el_curado_del_concreto_ACI_308)
- Jabonero, C., Ryu, S. W., Park, J. Y., Cho, Y., y Kim, I. T. (2017). *The analyses of environmental factors for curing concrete pavements inside tunnels*. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(3), 766-773. Recuperado: doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12205-016-0524-3>
- Jácobo, A.K. (2019). *Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12326>
- Jimenez, Z y Ordoñez, D. (2021). *Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la*

- compresión*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa. Barranquilla-Colombia.
- Kalbande, A. V., Chavan, A. G., y Khan, F. H. (2017). *Membrane curing of concrete*. International Journal of Advance Engineering and Research Development, 4(5), 11-15. Recuperado de: <https://bit.ly/3Ang710>
- Karolina, R., Handana, M. A. P., Inanda, R., y Wiranti, A. D. (2020). *The analysis of tensile strength and elasticity in slag concrete with curing variations at 90 days age*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 801, 012109. doi:10.1088/1757-899x/801/1/012109
- Khaliq, W., y Javaid, W. (2016). *Characterization of Conventional and Modern Curing Techniques in Concrete*. Key Engineering Materials, 711, 1118–1125. doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.711.1118
- Koroteev, D. D., Kharun, M., Galishnikova, V. V., y Stashevskaya, N. A. (2017). *Strength of modified concretes curing without care in dry and hot climate conditions*. Key Engineering Materials, 753, 337-342. Recuperado: doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.753.337>
- Lamond, Joseph F. Pielert, James H. (2006). *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials: (STP 169D) - 40.1 Introduction*. ASTM International. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00B5IX23/significance-tests-properties/curing-mat-introduction>
- Lang Li, Long Shi, Qingyuan Wang, Yongjie Liu, Jiangfeng Dong, Hong Zhang, Guomin Zhang. (2020). *A review on the recovery of fire-damaged concrete with post-fire-curing*, *Construction and Building Materials*, Volume 237. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117564>.
- Luna, J. Y. (2020). *Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad, Trujillo 2020*. (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/24548>
- Manobanda, C. (2013). *El curado del Hormigón y sus incidencias en las propiedades mecánicas finales*. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6528>
- Marsh, B.K. and Ali, M.A. (1994) *Assessment of the effectiveness of curing on the durability of reinforced concrete*. In Malhotra V.M. (ed.), 3rd CANMET/ACI

- International Conference on the Durability of Concrete ACI SP-145, pp. 1161-1176.
- Master Builders Solutions. (2017). *Masterkure 106*. Recuperado de: <https://assets.master-builders-solutions.com/en-bd/masterkure-106-tds.pdf>
- Master Builders Solutions. (2020). *Masterkure CC 127*. Recuperado de: <https://assets.master-builders-solutions.com/es-mx/masterkure%20cc%20127%20-%20ficha%20técnica.pdf>
- Meeks, K., y Carino, N. (1999). *Curing of high-performance concrete: report of the state of the art*. National Institute of Standards and Technology. Recuperado de: <https://www.nist.gov/publications/curing-high-performance-concrete-report-state-art>
- Menu, B., Jacob-Vaillancourt, T., Jolin, M., y Bissonnette, B. (2020). *Influence of curing methods on moisture loss and drying shrinkage of shotcrete at early age*. *ACI Materials Journal*, 117(4), 95-103. doi: <http://dx.doi.org/10.14359/51724624>
- Mindess, Sidney. (2019). *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (2nd Edition) - 3.4 Mechanical Properties*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0122YV81/developments-in-formulation/mechanical-properties>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Minagri). (2015). *Normas Técnicas Peruanas*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima- Perú. Recuperado de: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)
- MixtoListo. (2021). *Concreto baja permeabilidad*. Recuperado de: <https://www.mixtolisto.com/concreto-baja-permeabilidad/>
- Mohamed, O., y Najm, O. (2019). *Effect of Curing Methods on Compressive Strength of Sustainable Self-Consolidated Concrete*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471, 032059. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/3/032059>
- Muhammad Umar Khan, Muhammad Nasir, Omar S. Baghabra Al-Amoudi, Mohammed Maslehuddin, (2021). *Influence of in-situ casting temperature and curing regime on the properties of blended cement concretes under hot climatic conditions*, *Construction and Building Materials*, Volume 272.

- Murillo, M., Abudinen, D., M del, R., Serrato, N., Patrón, L., y Ramírez, J. (2021). *Comparative analysis of the compressive strength of concrete under different*
- Nasir, M., Baghabra Al-Amoudi, O. S., y Maslehuddin, M. (2017). *Effect of placement temperature and curing method on plastic shrinkage of plain and pozzolanic cement concretes under hot weather*. *Construction and Building Materials*, 152, 943–953. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.068
- Navarrete, F. (2018). *Comparar los efectos de la resistencia del concreto en losas aligeradas e=0.20 m, curado con diferentes métodos, Chiclayo - 2018*. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27364>
- Nematollahzade, M., Tajadini, A., Afshoon, I., y Aslani, F. (2020). *Influence of different curing conditions and water to cement ratio on properties of self-compacting concretes*. *Construction and Building Materials*, 237, 117570. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117570
- Neville A. M. *Properties of Concrete*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Newman, John Choo, Ban Seng. (2003). *Advanced Concrete Technology, 4 Volume Set*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CBVDR3/advanced-concrete-technology/history-portland-cement>
- Norma técnica peruana NTP 339.046 -2008. Hormigón (Concreto). *Método de ensayo para determinar la densidad, rendimiento y contenido de aire del hormigón*. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/determinar-la-densidad-c-airentp-339046-5-pdf-free.html>
- NRMCA. (2016). *CIP 16 – Resistencia a la flexión del concreto*. Recuperado de: <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- Ortiz, F. K. (2020). *Comparación entre el curado convencional de concreto y curado con Antisol en la resistencia del concreto*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo-Per. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1542>
- Ospina Triana, T. (2020). *Procedimiento aproximado de curado, para estructuras aporticadas de concreto, en condiciones meteorológicas similares a las de la ciudad de Medellín*. Medellín - Arquitectura - Maestría en Construcción. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78473>

- Ottazzi, G. (2014). *Apuntes del curso de concreto armado I*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.
- Padmanabhan, Vandana y Gettu, Ravindra. (2016). *Study of the efficiency of spray-on curing compounds*. Indian Concrete Journal. 90. 64-69.
- Patil, S., Vaidya, R., y Math, V. (2016). *Effect of curing compounds on strength and durability of concrete mixes*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 3(6), 2874-2879. Recuperado de: <https://www.irjet.net/archives/V3/i6/IRJET-V3I6540.pdf>
- Peña, C.A, López, L.E. (2019). *Evaluación de la resistencia del concreto a flexión MR 4.2 sin curado y sometido a dos tipos de curado*. Pereira-Colombia. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17834/EVALUACION%20DE%20LA%20RESISTENCIA%20DEL%20CONCRETO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, M. (s.f.). *Concreto: Material de Construcción del siglo XXI*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/cyt/junio04/siglo.htm>.
- Ponce, E., Eugenio, F., Gonzales, T y Alcides, F. (2019). *Análisis de la influencia del tipo de curado en la permeabilidad y la absorción capilar del concreto hidráulico en la ciudad de Huánuco*. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Universidad Nacional Hemilio Valdizan. Recuperado de: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/5501>
- Popovics, Sandor. (1992). *Concrete Materials - Properties, Specifications and Testing (2nd Edition) - 5.2 Mixing Water*. William Andrew Publishing/Noyes. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00531HG1/concrete-materials-properties/mixing-water>
- Portal de arquitectura Arqhys.com. Equipo de redacción profesional. (2012, 12). *Concreto simple y reforzado*. Escrito por: Arqhys Casas. Recuperado en fecha 06, 2021, desde el sitio web: <https://www.arqhys.com/casas/concreto-simple-reforzado.html>.
- Portland Cement Association, P. (1978). *Proyecto y control de mezclas de concreto*. México. Recuperado de: [https://www.academia.edu/33383752/Diseño\\_Y\\_Control\\_De\\_Mezclas\\_De\\_Concreto\\_Steven\\_H\\_Kosmatka\\_Beatriz\\_Kerkhoff\\_and\\_William\\_C\\_Panarese\\_1ra\\_Edición\\_](https://www.academia.edu/33383752/Diseño_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_Steven_H_Kosmatka_Beatriz_Kerkhoff_and_William_C_Panarese_1ra_Edición_)

- Princy K. P, Dr. Elson John (2015). *Study on the Effectiveness of Various Curing Methods on the Properties of Concrete*. International journal of engineering research y technology (IJERT). Volume 04, Issue 11 (November 2015), <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV4IS110263>
- Rahman, M. M., y Chamberlain, D. A. (2016). *Application of crystallising hydrophobic mineral and curing agent to fresh concrete*. Construction and Building Materials, 127, 945–949. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.150
- Ramezani pour, A. A. (2014). *Cement Replacement Materials*. Springer Geochemistry/Mineralogy. doi:10.1007/978-3-642-36721-2
- Rao, Tadivaka Venkateswara, Seshagiri Rao, Meduri V y Rao, Pasumarthi Jagannadha. (2021). *Strength properties of double blend and triple blend self-compacting concrete subjected to different curing methods*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1126/1/012085>
- Ríos Eguizabal, O. (2018). *Influencia de curadores formadores de membrana en la resistencia y evaporación de agua del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro. Huaráz-Perú.
- Rodríguez, P. (2018). *Análisis y comparación de diferentes métodos de curado para elaborar concreto con resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú.
- Shaikh, A. S., Lahare, P. S., Nagpure, V. B., y Ghorpde, S. S. (2017). *Curing of concrete*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(3), 913-917.
- Sika. (2009). *Sika Informaciones técnicas: Curado del concreto*. Recuperado de: <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/e/Curado%20del%20Concreto.pdf>
- Sika. (2020). *Hoja de datos del producto Sika Antisol E*. Recuperado de: [https://esp.sika.com/content/dam/dms/es01/e/sika\\_antisol\\_e.pdf](https://esp.sika.com/content/dam/dms/es01/e/sika_antisol_e.pdf)
- Sika. (2021). *Hoja de datos del producto SikaCem Curador*. Recuperado de: [https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/1/sikacem\\_curador.pdf](https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/1/sikacem_curador.pdf)
- Stalin, W., Mieles Y., C. Pavón, E. Solorzano y L. Palacios. (2020). *Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto*. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Volumen Especial, 2020, No. 2, 19-25. Guayaquil-Ecuador.
- Sudario, R.G. (2018). *Evaluación de la incorporación del aditivo sikacem impermeable en un concreto  $f'c= 280\text{kg/cm}^2$  elaborado con cemento tipo I, Ventanilla*

2018. (*Tesis de pregrado*). Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27865>
- Surana, S., Pillai, R. G., y Santhanam, M. (2017). *Performance evaluation of curing compounds using durability parameters*. *Construction and Building Materials*, 148, 538–547. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.055
- Surana, Saarthak y Pillai, Radhakrishna y Santhanam, Manu. (2017). *Performance evaluation of field curing methods using durability index tests*. *Indian Concrete Journal*. 91.
- Tecmaterialesbravo.blogspot, (2015), Agregados. Recuperado de: <http://www.tecmaterialesbravo.blogspot.com/2015/09/semana-6-y-7-agregados.html>
- Tighare, P., y Singh, R. C. (2017). *Study of different methods of curing of concrete y curing periods*. *International Journal for Research in Applied Science y Engineering Technology (IJRASET)*, 5(V), 444-447.
- Toxement. (2019). *Guía básica para el curado del concreto*. Recuperado en junio 1, 2021 de [https://www.toxement.com.co/media/3899/curado\\_concreto-comprimido.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3899/curado_concreto-comprimido.pdf)
- Universidad industrial de Santander - UIS. (2009). *Desarrollo metodológico electroquímico de un modelo de predicción de la corrosividad de estructuras de concreto sometidas a los ambientes marinos de las costas del pacífico colombiano*. Bucaramanga: UIS - Grupo de investigaciones en corrosión, 2009., p. 10. Recuperado de: [http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar\\_gutierrez/En\\_Concreto/Materia4.html](http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar_gutierrez/En_Concreto/Materia4.html)
- UPTC. (2017,07). *El cementante*. Recuperado en fecha 06, 2021, desde el sitio web: [http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar\\_gutierrez/En\\_Concreto/Materia4.html#:~:text=El%20concreto%20es%20un%20material,aditivos%20químicos%2C%20aire%20y%20agua](http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar_gutierrez/En_Concreto/Materia4.html#:~:text=El%20concreto%20es%20un%20material,aditivos%20químicos%2C%20aire%20y%20agua)
- USGS. (2020). *Annual Publications Mineral Commodity Summaries Cement*. Recuperado en mayo 30, 2021, de <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-cement.pdf>
- Valenzuela, L.A. (2018). *Estudio de la variación de la resistencia del concreto en obra aplicando diferentes métodos de curado*. Lima 2018. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú

- Xue, B., Pei, J., Sheng, Y., y Li, R. (2015). *Effect of curing compounds on the properties and microstructure of cement concretes*. *Construction and Building Materials*, 101, 410–416. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.10.124
- Z Aditivos. (2021). *Curadores*. Recuperado de: <https://www.zaditivos.com.pe/curadores-de-concreto/>
- Zareth Laiz, A.J.J., y Ordoñez Deart, D. (2021). *Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla-Colombia. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11323/8211>

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de Consistencia

#### Aditivos químicos aplicados durante el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente		
¿Cómo los aditivos químicos aplicados durante el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto?	Analizar los aditivos químicos aplicados durante el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, según normas utilizadas por los investigadores.	Los aditivos químicos aplicados en el curado mejoran las propiedades mecánicas del concreto.	Aditivos químicos para el curado	Tiempo de curado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La presente investigación es un estudio bibliográfico y descriptivo. El método empleado fue el deductivo, orientación aplicada, enfoque es cuantitativo y el instrumento de recolección de datos que proponen es retrolectivo.</li> <li>• Tipo de investigación descriptiva y explicativa.</li> <li>• Es de nivel descriptiva.</li> <li>• El diseño según propósito de estudio es experimental; según el número de mediciones es longitudinal; según su cronología de las observaciones es retrospectivo y según el estudio del diseño es “cohorte”.</li> </ul>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Dependiente		
a) ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la compresión del concreto?	a) Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a compresión del concreto.	a) A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la compresión del concreto.		Resistencia a compresión	
b) ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la Tracción del concreto?	b) Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a Tracción del concreto.	b) A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la Tracción del concreto.	Propiedades Mecánicas del Concreto	Resistencia a Tracción	
c) ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la resistencia a la flexión del concreto?	c) Analizar el tiempo de curado para incrementar la resistencia a flexión del concreto.	c) A mayor tiempo de curado incrementa la resistencia a la flexión del concreto.		Resistencia a Flexión	

d) ¿De qué manera el tiempo de curado influye en la absorción capilar del concreto? d) Analizar el tiempo de curado para reducir la absorción capilar del concreto. d) A mayor tiempo de curado se reduce la absorción capilar del concreto.

Absorción capilar

---

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 2: Matriz de Referencias Bibliográficas

#	Título	Ideas Principales	Subtemas (Indicadores)	Método	Conclusiones	Recomendaciones	Revista	Año
1	Influence of in-situ casting temperature and curing regime on the properties of blended cement concretes under hot climatic conditions	La influencia de la temperatura de vaciado durante el curado en las propiedades del hormigón	Resistencia a compresión, resistencia a la tracción, tiempo de curado	Experimental aplicado	Las propiedades de los especímenes de concreto curados sumergidos en agua fueron mejores que los curados cubriéndolos con arpillera húmeda o aplicando un compuesto de curado	La temperatura óptima para el vaciado de hormigones de cemento lisos es 32°C y mezclados es 38°C en el momento de la colocación	Construction and Building Materials	2021
2	Effectiveness of Curing Compound on Concrete	Curado del concreto con diferentes productos químicos	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Después del estudio experimental, llegamos a la conclusión de que la fuerza de compresión con el curado de la membrana no es eficiente en comparación con el curado convencional mediante el uso de GGBS.	El curado convencional mediante el uso de GGBS es recomendable como método de curado.	IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering	2017
3	Membrane Curing Of Concrete	Diferentes métodos de curado	curado en general	Descriptivo	Utilizando los métodos de curado por membrana se logró un 90% de productividad en comparación con el método de curado convencional, especialmente en columnas y áreas inaccesibles.	Para conservar el agua en las temporadas de verano o en las regiones de escasez de agua, se pueden adoptar técnicas de curado para reducir al máximo el consumo de agua.	International Journal of Advance Engineering and Research Development	2017
4	Effect of curing compounds on strength and durability of concrete mixes.	Curado de mezcla de concreto con compuestos de curado comparado con el curado con agua	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Independientemente de los compuestos de curado empleados y la metodología de su aplicación utilizada, el método de encharcamiento de agua proporciona mayor resistencia y menor permeabilidad que con los compuestos de curado.	Ambos compuestos de curado se tienen los mismos resultados.	International Research Journal of Engineering and Technology	2016
5	Curing of concrete	Métodos de curado del concreto	curado en general	Descriptivo	Se puede concluir que el método de curado tiene un efecto fundamental en las propiedades mecánicas, incluida la resistencia a la compresión, a la tracción dividida, a la flexión y al corte del SCC (concreto con químico para autocurado "self-cure chemical").	Las fortalezas se encuentran mejores para SCC que NVC. El curado con agua caliente logra resultados satisfactorios para todas las fortalezas.	International Research Journal of Engineering and Technology	2017

6	Study of different methods of curing of concrete & curing periods	Metodos y periodo del curado del concreto	Resistencia a la compresion	Descriptivo	El uso de los siguientes métodos de curado: inmersión en agua de cal; cubrir con alfombra mojada; cubrir con láminas de plástico; e inmersión en agua, debe limitarse al periodo de curado de 28 días. Después de un periodo de curado de 28 días, el aumento de la resistencia a la compresión no fue significativo, excepto para los cubos de concreto secados al aire.	Recomendo curar con componentes de curado en lugares en donde el agua es escasa; el metodo que da mejores resultados es el de inmersión en agua pero se pueden tener valores aceptable tratandolo con los otros metodos de curado.	International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology(IJRASET)	2017
7	Study on the influence of the methods of curing on the strength properties of concrete	Estudiar y analizar la influencia del curado en la resistencia del hormigón.	resistencia a compresión, resistencia a la flexion, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se observa que el patrón de aumento de resistencia es casi el mismo en los 3 métodos de curado.	El curado de membrana realizado con emulsiones pigmentadas de aceite de linaza sería el mejor método para curar en el sitio. No implica ninguna escala de recursos, incluidos el agua, la mano de obra, la electricidad, etc., durante todo el proceso de curado.	I-manager	2020
8	Influence of curing methods on moisture loss and drying shrinkage of shotcrete at early age	Métodos de curado en el concreto recién colocado	Permeabilidad, resistencia a compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	La protección de la superficie a una edad temprana afecta significativamente la pérdida de peso y los cambios de volumen del hormigón proyectado.	El método de curado húmedo es el más eficaz porque a tiempos más largos produjeron una mayor resistencia a la compresión y menores tasas de contracción. Las muestras curadas al aire después de 7 días de curado húmedo muestran mejor resistencia que las muestras curadas continuamente en húmedo durante 28 días.	International Concrete Abstracts Portal	2020
9	Comparative analysis of the compressive strength of concrete under different curing methods	Métodos de curado del concreto	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	De los resultados de la presente investigación se concluye que las técnicas donde la inmersión en agua y la técnica de recubrimiento con plástico de polietileno alrededor de las probetas son los métodos más efectivos para realizar el curado en sitio.	Se recomienda continuar analizando la influencia de los métodos de curado del concreto sobre otros parámetros como durabilidad, absorción de agua, penetración de carbonatos, entre otros; y también se recomienda realizar un análisis microestructural de las muestras ensayadas para profundizar aún más en la interpretación de los resultados obtenidos, así como tomar un mayor número de muestras por lote.	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2021

10	Effect of curing compounds on the properties and microstructure of cement concretes	Curado del concreto con compuestos quimicos	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, Permeabilidad, resistencia a la flexion	Experimental aplicado	Los compuestos de curado investigados en este estudio, a saber, compuestos de curado a base de compuestos, a base de acrilico, a base de parafina ya base de silicato, fueron efectivos para aumentar la resistencia a la compresión y la flexión de los hormigones de cemento.	Los datos obtenidos en este estudio han indicado que los compuestos de curado podrían usarse para curar el hormigón de cemento sin ningún efecto negativo sobre las propiedades mecánicas y duraderas y la microestructura.	Construction and Building Materials	2015
11	Influence of different curing conditions and water to cement ratio on properties of self-compacting concretes	Influencia de las diferentes condiciones de curado y la relación agua / cemento en las propiedades de los hormigones autocompactantes	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, Permeabilidad, resistencia a la traccion	Experimental aplicado	Para diferentes proporciones de agua a cemento y edades del concreto, Los curados: curado por agua (wc), curado de plástico (pc), curado de arpillera húmeda (wbc), compuesto de curado al aire ambiente (rac), curado al aire ambiente (rac), curado al aire (oac) y compuesto de curado al aire (oacc), obtienen la resistencia a la compresión más alta, respectivamente.	Se observa que si se traba con un concreto de mayo relacion A/C hay que tener mejor cuidado con el curado ya que se observan mayor variacion en la resistencia a la compresion+L16	Construction and Building Materials	2020
12	Effect of placement temperature and curing method on plastic shrinkage of plain and pozzolanic cement concretes under hot weather	Efecto de la temperatura en diferentes metodos de curado	Resistencia a la traccion ,resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	La resistencia a la tracción por compresión y división y la velocidad de pulso fueron óptimas en los hormigones de cemento Tipo I y SF a 32 ° C, mientras que los hormigones de cemento VFFA, FA, BFS y NP funcionan mejor a 38 ° C. Estos resultados están en estrecha conformidad con los resultados de contracción plástica.	El cemento Tipo I se comporta mejor que todos los materiales puzolánicos a una temperatura de concreto más baja de 25 y 32 ° C, mientras que el concreto de cemento puzolánico es beneficioso a una temperatura de colocación del concreto más alta para disminuir la deformación por contracción plástica.	Construction and Building Materials	2017
13	A novel approach of introducing crystalline protection material and curing agent in fresh concrete for enhancing hydrophobicity	Desempeño de agentes de curado en condiciones duras y curado al aire.	Resistencia, tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	La aplicación del material impermeabilizante cristalizante seguido de agentes de curado sobre el hormigón ha reducido la permeabilidad del hormigón, donde los valores de la tasa de absorción de agua para todos los cubos, en general, han disminuido pero con una eficacia diferente entre los compuestos de curado a base de agua ya base de cera.	La investigación sobre la impermeabilización del concreto en condiciones de curado adversas está en curso, con el uso de diferentes aditivos protectores y agentes de curado. También se está estudiando la protección del hormigón de los ataques de cloruros, utilizando diferentes aditivos.	Construction and Building Materials	2018

14	Performance evaluation of curing compounds using durability parameters	Parametros de Durabilidad del concreto con compuestos de curado	resistencia a la compresion, Tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	Un compuesto de curado a base de cera presenta un mejor rendimiento que el curado al aire. Los otros compuestos encerados y los tres compuestos a base de resina exhiben un rendimiento muy deficiente hasta el punto de que el rendimiento de estos cuatro compuestos ni siquiera se puede diferenciar del secado al aire (sin curado).	El aumento en la temperatura de curado de 25 a 45 C, en general, parece degradar tanto las características de transporte como la resistencia a la compresión como se esperaba.	Construction and Building Materials	2017
15	Characterization of Conventional and Modern Curing Techniques in Concrete	Diversas técnicas de curado para cuantificar los efectos en el hormigón	Resistencia a la compresion, Tiempo de curado	Experimental aplicado	La investigación muestra que el curado en el hormigón es de vital importancia ya que traduce las cualidades finales de resistencia a la compresión y durabilidad del hormigón.	El curado del concreto con un aditivo superplastificante cubierto de compuesto químico tiene valores cercanos al curado sumergido al agua	Key Engineering Materials	2016
16	Effect of curing methods on the strength of interlocking paving blocks	Resistencia a la compresion en diferentes métodos y días de curado	Resistencia a la compresion, Tiempo de curado	Experimental aplicado	El método de puesta a tierra dio el tercer valor más alto de resistencia a la compresión, aunque las manchas permanentes obtenidas de la tierra quedarían en las piedras entrelazadas y requeriría mucho trabajo para sacarlas y mantenerlas limpias.	El método de curado por encharcamiento es el mejor método de todos los métodos utilizados. Sin embargo, en lugares donde hay un suministro de agua inadecuado, se puede adoptar el método de membrana, el método de membrana es una mejor alternativa que podría adoptarse para una mejor resistencia a la compresión de las baldosas de hormigón.	Cogent Engineering	2020
17	An experimental study of different curing methods on the properties of HVGGGBFS concrete	Técnicas de curado en la aplicación de GGBFS para mejorar las propiedades mecánicas del concreto evaluado con diferentes métodos de curado	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, resistencia a la flexion y traccion	Experimental aplicado	Los resultados experimentales de resistencias características obtenidas de diferentes métodos de curado cuando el cemento es reemplazado por GGBFS demuestra que hay una mejora en las resistencias características del concreto HVGGGBFS con un 50% de reemplazo del cemento por GGBFS. Más allá del 50% del nivel de reemplazo, se observa que hay una reducción en las resistencias características del hormigón.	La sustitución del cemento por un 50% de GGBFS ayuda a reducir el contenido de cemento del hormigón, reduciendo así el costo del hormigón. La reutilización de la escoria ayuda a proteger el medio ambiente de la contaminación.	Journal of Building Pathology and Rehabilitation	2018

18	Performance evaluation of field curing methods using durability index tests	Desempeño de metodos de curado en campo en losas de concreto reforzado	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, Permeabilidad	Experimental aplicado	A la edad de 28 días, la resistencia a la compresión mostró variaciones según el método de curado adoptado, aunque con cambios menores. Sin embargo, estas variaciones se vieron ensombrecidas por la gran dispersión involucrada en algunos de los resultados.	Estas observaciones sugieren que se requieren más estudios sobre diferentes tipos de concreto y bajo diferentes condiciones de campo para validar estas observaciones y tomar medidas para mejorar la sensibilidad de los métodos de prueba adoptados.	Indiana Concrete Journal	2019
19	Effect of Curing Methods on Compressive Strength of Sustainable SelfConsolidated Concrete	Comparacion de la resistencia a la compresion con respecto al metodo de curado en el hormigon autoconsolidado sostenible (SCC)	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	Las mezclas sostenibles con un 90% de reemplazo de cemento lograron una resistencia a la compresión cúbica estándar de hasta 76 MPa con una relación a / b de 0,33 y 70 MPa con una relación a / b de 0,36. Las mezclas de alto rendimiento contenían 72.5% (G2.4) o 70% (G1.4) de reemplazo de escoria y 12.5% (G2.4) o 15% (G1.4) de reemplazo de humo de sílice de cemento Portland.	En ambientes donde el agua es escasa o cuando se desea conservar el uso de agua, es aconsejable utilizar compuestos de curado que podrían producir una resistencia a la compresión adecuada para la mayoría de aplicaciones prácticas.	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2019
20	Influence of on-site curing on the compressive strength of concrete	Resistencia a la compresion en diferentes metodos y dias de curado	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	El método de curado por hidratación periódica resultó más eficiente, en cuanto a resistencia a la compresión se refiere, frente al método de curado con el uso de curadores formadores de membrana o el uso de revestimiento con plástico.	No se recomienda por lo tanto en obra el curado con revestimiento plástico, siendo el método de hidratación periódica la mejor opción en obra.	Rev. Téc. Ing. Univ. Zuli	2020
21	Study on the effectiveness of various curing methods on the properties of concrete	Compuestos de curados para mejorar la efectividad en las propiedades del hormigon	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, resistencia a la flexion y traccion	Experimental aplicado	El curado con agua convencional es el método de curado más eficiente en comparación con los métodos de curado con membrana, curado con agua de 7 días, 14 días y curado con aire seco. El uso de un compuesto de curado a base de cera y un compuesto de curado a base de resina acrílica puede lograr un 99% y un 96% de resistencia a la compresión en comparación con el método de curado convencional.	Los compuestos de curado podrían utilizarse en situaciones en las que el curado con agua es difícil. Entre los dos compuestos de curado investigados, el compuesto de curado a base de cera se comportó mejor que el compuesto de curado a base de resina acrílica.	International Journal of Engineering Research & Technology	2015

22	Application of crystallising hydrophobic mineral and curing agent to fresh concrete	Tratamiento superficial temprano con un aditivo y aplicación de un agente de curado	Resistencia, tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	El régimen de curado adverso de 28 días adoptado resultó ser severo, lo que provocó una pérdida de resistencia de más del 50% en el concreto sin tratar. En consecuencia, se incrementó notablemente la permeabilidad del hormigón sin tratar.	La combinación de tratamientos tempranos funciona para salvaguardar la resistencia y la permeabilidad del hormigón contra los efectos negativos de las disposiciones de curado deficientes.	Construction and Building Materials	2016
23	Study of the efficiency of spray-on curing compounds	Estudio de compuestos de curado en su eficiencia en términos de resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	De los resultados obtenidos en este estudio se puede apreciar que la eficiencia de un compuesto de curado a los 28 días, en términos de resistencia a la compresión, puede ser tan baja como 72%, para las coberturas recomendadas.	Es evidente que la recomendación IS 45e-2000 sobre el uso de compuestos de curado como alternativa al curado húmedo, asumiendo una eficiencia del 100%, no es conservadora. Sería seguro considerar una eficiencia de curado del 70% para elementos estructurales recubiertos con compuestos de curado.	The Indian Concrete Journal	2016
24	Strength properties of double blend and triple blend self-compacting concrete subjected to different curing methods.	Efectos de los métodos de curado sobre la resistencia a la compresión del SCC utilizando compuestos de curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	La ganancia temprana de resistencia se observa en todos los cubos curados con membrana a los 7 días, pero la tasa de ganancia de resistencia se reduce a los 28 días en comparación con los cubos curados en estanque de agua.	El rendimiento del compuesto de curado de membrana a base de polímero es mejor que el del compuesto de curado de membrana a base de cera, además de esto, la membrana a base de polímero permite enlucir y pintar sobre la superficie del hormigón.	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2021
25	Development of Self-Cured Sustainable Concrete Using Local Water-Entrainment Aggregates of Vesicular Basalt	Desempeño del concreto autopolimerizable en los indicadores de durabilidad, porosidad y permeabilidad	Resistencia, tiempo de curado	Experimental aplicado	La resistencia del hormigón y la tasa de desarrollo de la resistencia del hormigón autocurado se mejoraron debido a la mejora en el proceso de hidratación del cemento. Esto puede atribuirse a una pérdida variable de agua o a la disponibilidad de agua en condiciones de autocurado.	El hormigón autocurado, que tiene agregados de arrastre de agua de basalto vesicular disponibles localmente y una mayor resistencia y durabilidad, satisface los aspectos socioeconómicos y ambientales de la sostenibilidad, ya que da como resultado una utilización adecuada de los recursos.	Sustainability	2021

26	The analysis of tensile strength and elasticity in slag concrete with curing variations at 90 days age	Comparacion de la magnitud de la resistencia y modulo de elasticidad en diferentes compuestos de curado	Resistencia a la traccion, tiempo de curado	Experimental aplicado	El valor de resistencia a la tracción más alto para el concreto normal es de 4,341 MPa con curado con agua del grifo y el concreto de escoria es de 4,293 MPa con curado con agua de mar.	El concreto de escoria se puede utilizar en la construcción, como muelles o presas que tienen un pH alto, ya que tiene buen comportamiento en el curado con agua de mar.	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2020
27	An experimental study of different curing regimes on the mechanical properties and sorptivity of self-compacting mortars with flyash and silica fume.	Efectos de los regimenes de curado en las propiedades mecanicas en el concreto	Resistencia a la compresion, tiempo de curado, resistencia a la flexion y traccion	Experimental aplicado	La resistencia a la compresión de las mezclas binarias de FA10, FA20 y la muestra de control funcionó mejor para el curado con aire, mientras que la resistencia a la compresión de las mezclas binarias SF y las mezclas ternarias de SF y FA tuvieron los valores más altos para el curado con agua en comparación con otros regimenes de curado a los 28 días.	A medida que aumenta el tiempo de curado con agua, aumenta la resistencia a la compresión. Si bien el curado al aire resultó en una reducción de la resistencia a la compresión, los valores de resistencia más bajos se obtuvieron de todas las muestras curadas al aire para todos los grupos.	Construction and Building Materials	2017
28	Analysis and comparison of different curing methods to make concrete with resistance $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ in Arequipa	Métodos de tratamiento de curado ensayados para identificar cual es mas eficaz	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	El curado por inmersión en los dos diseños y con 3 tipos de cemento alcanzo la resistencia requerida por diseño teniendo resultados más altos con el cemento HE con promedio de 309 $\text{kg/cm}^2$ .	Es importante la hidratación de las estructuras de concreto para poder conseguir la resistencia de diseño requerida para lo cual se tiene que monitorear el tiempo de hidratación y el tipo de cemento que se utilizó.	Universidad Católica Santa María	2018
29	Variation of the compressive strength of concrete 210, 245, 280 $\text{kg/cm}^2$ compared to different curing methods, Lima - 2019.	Determinar la resistencia a compresion frente a diferentes metodos de curado para elegir el mas confiable	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se determinó la resistencia a compresión del curado convencional a los 28 días dando como resultado 242 $\text{kg/cm}^2$ , 332 $\text{kg/cm}^2$ y 362 $\text{kg/cm}^2$ presentando porcentajes de 115.24%, 135.51% y 129.29% mientras que, con compuestos líquidos formadores de membrana a los 28 días dio como resultado 205 $\text{kg/cm}^2$ , y presentó un porcentaje de 97.62% menos al diseño inicial además.	Se recomienda usar como metodos de curado el curador de curado con compuestos líquidos formadores de membrana y con materiales selladores.	Universidad Cesar Vallejo	2020

30	Comparative analysis of the curing method in specimens of simple concrete slabs, simulating construction conditions of work in the city of Arequipa.	Comparar la resistencia a compresión en losas de concreto sometido a métodos de curado distinto	Resistencia a la compresión, flexión, tiempo de curado	Experimental aplicado	No curar un concreto da como resultado una baja resistencia a la compresión, con valores que oscilan entre el 45% y 50% de la resistencia de un concreto con curado óptimo.	Un concreto con relación agua/cemento 0.46, tiene una tasa de desarrollo de impermeabilidad mayor que un concreto con relación agua/cemento 0.56; adicionalmente los curadores químicos desarrollan una película impermeable que conserva la humedad del concreto, pero no adicionan humedad a este.	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	2018
31	Influence of concrete curing with chemical additives on the compressive strength and permeability of conventional concrete mixtures.	Alternativas de curado del concreto con distintos curadores químicos para mejorar las propiedades del concreto en estado endurecido	Resistencia, tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	A los 28 días las probetas que estuvieron inmersas en agua, tienen una mejor resistencia, debido a que, al estar en todo momento en contacto con el agua, llega a saturarse completamente, haciendo que el concreto sea más denso en su interior, que viene a ser el concreto patrón, los testigos cilíndricos curados por los curadores químicos, han obtenido una menor resistencia a la compresión que el concreto patrón inmerso en agua.	El curador Sika Antisol S es la mejor opción en cuanto a costos para curar una superficie de concreto y además cumple con la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días de curado.	Universidad Privada del Norte	2019
32	Influence of curing agents, curing time and number of layers on the concrete surface on compressive strength, Trujillo 2018	Utilización de curadores químicos como alternativa del curado tradicional del concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	El mejor resultado del curador químico Eucocure es aplicándole 3 capas de curado a los 3, 7, 14 y 28 días, es decir conforme se le aplica más capas aumenta su resistencia. El mejor resultado del curador químico Sika Antisol S es de 1 capa para los 3, 7, 14 y 28 días de curado, conforme se le adiciona	El curador Z membrana blanco por ser la mejor opción en cuanto a costos para curar la superficie del concreto, además los resultados de resistencia a 28 días cumplen con el diseño realizado.	Universidad Privada del Norte	2018
33	Comparison between conventional concrete curing and antisol curing in concrete strength	Influencia del curado convencional en comparación del uso de aditivo químico en la resistencia de concreto	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se ha demostrado que el aditivo antisol no mejora la resistencia del concreto en comparación al curado convencional, se sustenta en que el curado en poza a los 28 días sobrepasa la resistencia de diseño y el curado con aditivo sika antisol tiene dificultades en función al número de capas de recubrimiento, a un mayor número de capas el concreto tiene mayor resistencia.	La dosificación del aditivo sika antisol que permite lograr una mejor resistencia de concreto, la cual fue de tres capas con una dosificación de 1.02 lt/ m <sup>2</sup> para asegurar sobrepasar a la resistencia de diseño.	Universidad Peruana Los Andes	2020

34	Influence of concrete curing with water and artificial curing on the compressive strength of concrete	Influencia de los metodos de curado del concreto en la resistencia a la compresion	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se curaron con agua y otras probetas curadas con aditivos químicos y se realizó el proceso del curado mediante dos procedimientos, el primero fue curando las probetas con agua y cal sumergiéndolas en baldes por un periodo de 7 días y el segundo fue utilizando los curadores químicos más usados en el mercado (Sikacemcurador y Curador Membranil Vista) en el cual se roseo con una sola pasada toda el área de las probetas.	La mayor resistencia del concreto se consigue utilizando agua en el curado, con respecto a los curadores Sikacemcurador y Membranil Vista.	Universidad Nacional de Trujillo	2019
35	Study of the variation of the resistance of concrete on site applying different curing methods, Lima 2018	Influencia de los metodos de curado del concreto en la resistencia a la compresion	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	Las resistencias a la compresión obtenidas mediante el curado químico obtuvieron resultados favorables respecto al curado en obra, aunque no logró acercarse a los obtenidos mediante curado convencional.	Aunque el método de curado químico no logró superar al curado convencional, demostró ser una buena alternativa para obtener un óptimo proceso de curado respecto al método de curado en obra.	Universidad Cesar Vallejo	2018
36	Influence of membrane-forming healers on resistance and evaporation of water from concrete $f'c = 210$ kg / cm <sup>2</sup> .	Influencia de compuesto formadores de membrana en la resistencia a la compresion del concreto	Resistencia a la compresion, tiempo de curado	Experimental aplicado	El concreto curado con compuestos formadores de membrana influye de una manera la retención de agua necesaria para el desarrollo de la resistencia.	Los compuestos formadores de membrana si ayudan a la retencion de agua para el proceso de curado, por lo que si es una buena opcion para ahorrar agua.	Universidad San Pedro	2018
37	Influence of the types of curing agents in concrete with plasticizer, retarder and accelerator; on compression and sorptivity	Influencia de los curadores en las propiedades mecanicas del concreto	Resistencia, tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	El mejor resultado de resistencia a los 7 días lo obtuvo Curet Z para concreto con plastificante, retardante y acelerante y Per kuret para concreto sin aditivos, se obtuvo mejores resistencias a compresión con Curet Z de la empresa Z aditivos.	De manera general si en un proyecto lo que se estima es la resistencia a la compresión los resultados mostrados en esta investigación nos brindan información que los curadores trabajan muy bien con esta propiedad mecánica del concreto.	Universidad Privada del Norte	2020

38	Evaluation of the incorporation of the waterproof sika cem additive in a concrete f'c = 280kg / cm2 made with type I cement, Ventanilla 2018	Evaluación del aditivo sika cem en el concreto evaluando sus propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	En base a los resultados obtenidos se evalúa la influencia de la incorporación del aditivo sika cem impermeable en las propiedades del concreto elaborado con cemento tipo I, concluyendo que existe una influencia positiva en las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido, pues con la adición de 2% y 3 % se influyeron propiedades como: asentamiento (slump), peso unitario, resistencia a la compresión, permeabilidad del concreto.	Se recomienda el uso de Sikacem ya que existe una influencia positiva en las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido.	Universidad Cesar Vallejo	2018
39	Compare the effects of concrete strength in lightened slabs e = 0.20 m, cured with different methods, Chiclayo - 2018	Resistencia del concreto en losas aligeradas con diferentes metodos de curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	La resistencia a la compresión que se obtiene al utilizar aditivo curador Sika Antisol, se encuentran por debajo de la resistencia de diseño. La resistencia a la compresión que se obtiene al utilizar bolsas de papel, se encuentran por debajo de la resistencia de diseño.	Se recomienda el método de curado con aditivo, porque es del menor costo y el método de curado con bolsa de papel es el de mayor costo.	Universidad Cesar Vallejo	2018
40	Analysis of the influence of the type of curing on the permeability and capillary absorption of hydraulic concrete in the city of Huánuco.	Análisis de la permeabilidad con compuestos químico formadores de membrana	tiempo de curado, permeabilidad	Experimental aplicado	El empleo del curado con compuestos formadores de membrana no influye en la disminución de la absorción capilar del concreto con respecto a las muestras curadas por inmersión (muestra patrón); por el contrario, las muestras curadas con compuestos formadores de membrana presentan un incremento promedio del 21.20%.	Para obras de concreto que se encuentran en contacto directo con el agua (reservorios, tanques, canales, etc.), las cuales fueron curadas por inmersión el recubrimiento a considerarse es de 4.5cm a 5cm (45 mm a 50mm), para las curadas por aspersión el recubrimiento a considerarse es de 6cm (60mm) y para las curadas con compuestos formadores de membrana el recubrimiento a considerarse es de 6.5cm a 7cm (65mm a 70mm)	Universidad Nacional Hemilio Valdizan	2019
41	Analysis of the influence of the techniques used for curing hydraulic concrete cylinders on the compressive strength.	Influencia sobre la resistencia a la compresión con las diferentes técnicas para el curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se puede concluir que las técnicas de curado son de suma importancia debido a que estas tienen influencia directa en los parámetros de calidad del concreto tales como la resistencia a la compresión, durabilidad, absorción entre otros. La necesidad de que este proceso se ejecute de la mejor manera es punto clave para las estructuras de concreto.	Se recomienda para climas cálidos implementar la técnica de curado húmedo o forrado en polietileno que a su vez protegen las estructuras de los factores externos que pueden alterar las propiedades del concreto.	Universidad de la Costa	2021

42	Influence on the final resistance of concrete elements of variable geometry subjected to different curing conditions.	Análisis en la resistencia de elementos del hormigón expuestos a diferentes condiciones de curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado, flexión	Experimental aplicado	En base a los resultados obtenidos se puede concluir que los especímenes curados con antisol tienen una variación de hasta un 10 % con respecto a los que se curaron en condiciones óptimas de laboratorio, esto se debe a las variaciones de la temperatura del medio al cual fueron expuestos (Cuenca, Ecuador); por lo que es importante considerar una técnica de curado más eficiente para cumplir con la resistencia de diseño.	En toda obra de hormigón se debería extraer núcleos que corroboren la resistencia de diseño, ya que los cilindros de hormigón que se utilizan como control de calidad, no necesariamente son parámetros de aceptación que verifiquen la resistencia final del hormigón, debido a que el curado de los cilindros (sumersión en laboratorio) no se encuentra en las mismas condiciones que el curado aplicado a la estructura en la obra.	Universidad de Cuenca	2019
43	Effect of type of cure on compressive strength, change of length and retention of water of a hydraulic concrete	El efecto de método de curado en la resistencia a la compresión con diferentes métodos de curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Se demuestra que el curado con agua es el método que mejor propicia la hidratación de las partículas de cemento. El menor desarrollo de resistencia se dio cuando se aplicó el curador comercial (curador sin membrana a base de silicatos) como método de curado.	La resistencia del concreto sin curado fue inferior a la obtenida para los métodos de curado húmedo y curado con arena pero superior en aproximadamente un 10 % a la reportada por los especímenes curados con curador comercial. Por lo que se recomienda tener cuidado con el manejo de los curadores químicos.	Universidad de Costa Rica	2018
44	Comparative study on external self curing concrete and conventional curing concrete using different binding materials (OPC and PPC)	Propiedades de la resistencia del concreto al usar diferentes materiales aglutinantes	Resistencia, tiempo de curado, tracción y flexión, permeabilidad	Experimental aplicado	La aplicación por aspersión reduce los costos laborales, elimina la necesidad de sistemas de curado alternativos. El compuesto de curado aumenta la retención de agua para el hormigón autocurado. Hormigón con curado El compuesto proporciona una superficie con un acabado suave y fino que el curado normal. hormigón.	El hormigón autopolimerizable externo es la respuesta a los muchos problemas que se enfrentan en industrias de la construcción debido a la falta de curado adecuado, falta de agua en ciertas áreas y es una alternativa al concreto de curado convencional en regiones desérticas donde la escasez de agua es un problema importante.	Department of Civil Engineering National Institute of Technology Karnataka surathkal	2019
45	Analysis of the compressive strength developed in concrete when cured with liquid membrane-forming compounds	La resistencia del concreto cuando se le aplica compuestos formadores de membrana como método de curado	Resistencia a la compresión, tiempo de curado	Experimental aplicado	Las membranas de curado A y B, le permitieron al concreto de la zona susceptible a la evaporación, tener resistencias aceptables a la edad de 7 días, incluso más altas, de manera significativa, que la resistencia del concreto curado con riego periódico.	Una membrana de curado de calidad comprobada, puede permitirle al concreto de la zona externa, mejores influencias, que el riego con agua, cuando se desean altas resistencias iniciales, previo a los 7 días.	Universidad de Costa Rica	2015

Fuente: Elaboración Propia

### ANEXO 3: Matriz de relación entre subtemas y objetivos

Subtemas (Indicadores)	Definición / Justificación del subtema	Objetivo
Resistencia a la compresión del concreto aplicando curadores químicos en diferente tiempo de curado	La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga axial por unidad de área, a diferente tiempo de curado la resistencia del concreto varía según en cuidado que se le dé; el uso de curadores químicos ayuda y son necesarios para obtener un concreto de buena calidad en cualquier estructura.	Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a compresión del concreto aplicando curadores químicos.
Resistencia a la tracción del concreto aplicando curadores químicos en diferente tiempo de curado	La resistencia a la tracción es una característica mecánica del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga diametral por unidad de área, a diferente tiempo de curado la resistencia del concreto varía según en cuidado que se le dé; el uso de curadores químicos ayuda y son necesarios para obtener un concreto de buena calidad en cualquier estructura.	Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a tracción del concreto aplicando curadores químicos.
Resistencia a la flexión del concreto aplicando curadores químicos en diferentes tiempos de curado	La resistencia a la flexión es una característica mecánica del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga a flexión, a diferente tiempo de curado la resistencia del concreto varía según en cuidado que se le dé; el uso de curadores químicos ayuda y son necesarios para obtener un concreto de buena calidad en cualquier estructura.	Analizar el tiempo de curado para mejorar la resistencia a flexión del concreto aplicando curadores químicos.
Absorción capilar del concreto aplicando curadores químicos en diferente tiempo de curado	La permeabilidad es una característica mecánica del concreto. Se define a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo, a diferente tiempo de curado la resistencia del concreto varía según en cuidado que se le dé; el uso de curadores químicos ayuda y son necesarios para obtener un concreto de buena calidad en cualquier estructura.	Analizar el tiempo de curado para reducir la absorción capilar del concreto aplicando curadores químicos.

Fuente: Elaboración propia

#### ANEXO 4: Matriz de relación entre los subtemas y las referencias bibliográficas

Nº	Autor(es)	Título	Indicador 1: Resist. a la compresión	Indicador 2: Resist. a la tracción	Indicador 3: Resist. a la flexión	Indicador 4: Absorción Capilar
1	Muhammad Umar Khan, Muhammad Nasir, Omar S. Baghabra Al-Amoudi, Mohammed Maslehuddin	Influence of in-situ casting temperature and curing regime on the properties of blended cement concretes under hot climatic conditions	3 días, 28 días, 90 días, 180 días (Cemento OPC + % SF, VFFA, FA y GGBFS)	28 días (Cemento OPC + % SF, VFFA, FA y GGBFS)	-	<u>PROFUNDIDAD DE PENETRACION DEL AGUA</u> (mm) a los 28 días (Cemento OPC, SF, VFFA, FA y GGBFS)
2	Gawatre, D. W., Sawant, K., Mule, R., Waydande, N., Randeve, D., y Shirsath, T.	Effectiveness of Curing Compound on Concrete	3 días, 7 días, 28 días (Cemento portland con % GGBS)	-	-	-
4	Patil, S., Vaidya, R., y Math, V.	Effect of curing compounds on strength and durability of concrete mixes.	7 días y 28 días (Cemento portland)	-	-	-
7	Challa, D. K., Ruthvik, G., y G, S. V.	Study on the influence of the methods of curing on the strength properties of concrete	7 días, 14 días, 28 días (Cemento portland)	-	7 días, 14 días, 28 días (Cemento portland)	-
8	Menu, B., Jacob-Vaillancourt, T., Jolin, M., y Bissonnette, B	Influence of curing methods on moisture loss and drying shrinkage of shotcrete at early age	28 días (Cemento portland + %humo de sílice)	-	-	<u>ABSORCION DE AGUA</u> (%) a los 3 días, 7 días y 28 días (Cemento portland)
9	Murillo, M., Abudinen, D., M del, R., Serrato, N., Patrón, L., y Ramírez, J.	Comparative analysis of the compressive strength of concrete under different curing methods	7 días, 28 días (Cemento portland +% FA)	-	-	-

10	Xue, B., Pei, J., Sheng, Y., y Li, R	Effect of curing compounds on the properties and microstructure of cement concretes	3 días, 7 días, 28 días (Cemento portland)	-	-	<u>PROFUNDIDAD DE PENETRACION DEL AGUA</u> (mm) a los 3, 7 y 28 días (Cemento OPC)
11	Nematollahzade, M., Tajadini, A., Afshoon, I., y Aslani, F	Influence of different curing conditions and water to cement ratio on properties of self-compacting concretes	7 días, 14 días, 28 días, 56 días (Cemento Portland)-Concreto SCC	7 días, 14 días, 28 días, 56 días (Cemento Portland)	-	<u>ABSORCION DE AGUA</u> (%) a los 0.5h, 1h, 5h, 24h, 3 días, 14 días, 28 días y 56 días (Cemento Portland) y <u>ABSORCION CAPILAR</u> (mm/s <sup>0.5</sup> )
12	Nasir, M., Baghabra Al-Amoudi, O. S., y Maslehuddin, M.	Effect of placement temperature and curing method on plastic shrinkage of plain and pozzolanic cement concretes under hot weather	28 días (Cemento Portland, VFFA, FA, SF, BFS, NP)	28 días (Cemento Portland, VFFA, FA, SF, BFS, NP)	-	-
13	Al-Kheetan, M. J., Rahman, M. M., y Chamberlain, D. A.	A novel approach of introducing crystalline protection material and curing agent in fresh concrete for enhancing hydrophobicity	7 días, 14 días, 21 días, 28 días (Cemento portland)	-	-	<u>PRUEBA ISAT</u> (ml/m <sup>2</sup> .s) a los 7 días, 14 días, 21 días, 28 días (Cemento portland) y <u>PENETRACION DEL AGUA</u> (mm) a los 28 días (OPC)
14	Surana, S., Pillai, R. G., y Santhanam, M.	Performance evaluation of curing compounds using durability parameters	3 días, 7 días, 14 días, 28 días (Cemento portland)	-	-	<u>PERMEABILIDAD AL OXIGENO</u> a los 28 días (Cemento OPC)
15	Khaliq, W., y Javaid, W	Characterization of Conventional and Modern Curing Techniques in Concrete	28 días (Cemento portland)	-	-	-

16	O. D. Atoyebi, P. P. Ikubanni, A. Adesina, O. V. Araoye y I. E. E. Davies	Effect of curing methods on the strength of interlocking paving blocks	7 días, 14 días, 21 días, 28 días, 56 días (Cemento portland)	-	-	-
17	Chougule, A.R., Patil, M.B. y Prakash, K.B.	An experimental study of different curing methods on the properties of HVGGBFS concrete	28 días (Cemento portland + %GGBFS)	28 días (Cemento portland y GGBFS)	28 días (Cemento portland y GGBFS)	-
18	Saarthak Surana, Radhakrishna G. Pillai and Manu Santhanam	Performance evaluation of field curing methods using durability index tests	28 días (Cemento portland), diversos días para diferente método de curado	-	-	<u>PERMEABILIDAD AL OXIGENO</u> a los 28 días (Cemento OPC)
19	Mohamed, O., y Najm, O.	Effect of Curing Methods on Compressive Strength of Sustainable Self Consolidated Concrete	28 días (Cemento portland Y OPC+%GGBS+%FA y %humo de sílice)	-	-	-
20	W. Stalin, Y. Mieles, C. Pavón, E. Solorzano y L. Palacios	Influence of on-site curing on the compressive strength of concrete	7 días, 14 días y 28 días (Cemento portland)	-	-	-
21	Princy K. P, Dr. Elson John	Study on the effectiveness of various curing methods on the properties of concrete	28 días (Cemento portland)	28 días (Cemento portland)	28 días (Cemento portland)	-

22	Rahman, M. M., y Chamberlain, D. A.	Application of crystallising hydrophobic mineral and curing agent to fresh concrete	7 días y 28 días (Cemento portland)	-	-	<u>PRUEBA ISAT</u> (ml/m <sup>2</sup> .s) a los 28 días (Cemento portland)
23	Padmanabhan, Vandana y Gettu, Ravindra.	Study of the efficiency of spray-on curing compounds	3 días, 7 días y 28 días (Cemento portland)	-	-	-
24	Rao, Tadvika Venkateswara, Seshagiri Rao, Meduri V y Rao, Pasumarthi Jagannadha.	Strength properties of double blend and triple blend self-compacting concrete subjected to different curing methods.	7 días y 28 días (Cemento portland)- Concreto SCC	-	-	-
25	Ahmed, Mohd., Saeed AlQadhi, Saleh Alsulamy, Saiful Islam, Roohul A. Khan, and Mohd	Development of Self-Cured Sustainable Concrete Using Local Water-Entrainment Aggregates of Vesicular Basalt	3 días, 7 días y 28 días (Cemento portland y cemento escoria)	-	3 días, 7 días y 28 días (Cemento portland)	-
26	Karolina, R., Handana, M. A. P., Inanda, R., y Wiranti, A. D.	The analysis of tensile strength and elasticity in slag concrete with curing variations at 90 days age	-	90 días (Cemento portland y escoria)	-	-
27	Benli, A., Karataş, M., y Bakir, Y.	An experimental study of different curing regimes on the mechanical properties and sorptivity of self-compacting mortars with fly ash and silica fume.	3 días, 7 días, 28 días, 56 días y 180 días (Cemento portland)-Mortero SCM	28 días (Cemento portland)	-	-

28	Rodríguez, P.	Analysis and comparison of different curing methods to make concrete with resistance $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ in Arequipa	3, 7 y 28 días (TIPOS DE CEMENTO. IP-HS-HE)	-	-	-
29	Alvarado, J.	Variation of the compressive strength of concrete 210, 245, 280 $\text{kg/cm}^2$ compared to different curing methods, Lima - 2019.	7, 14 y 28 días (Cemento Portland)	-	-	-
30	Contreras S. y Velazco, C.	Comparative analysis of the curing method in specimens of simple concrete slabs, simulating construction conditions of work in the city of Arequipa.	3, 7 días. (cemento Portland Puzolánico tipo IP)	3, 7 días. (cemento Portland Puzolánico tipo IP)	-	-
31	Aguilar, J	Influence of concrete curing with chemical additives on the compressive strength and permeability of conventional concrete mixtures.	3, 7 y 28 días (Cemento portland tipo I)	-	-	<u>ABSORCION CAPILAR</u> ( $\text{mm/s}^{0.5}$ )
32	Horna, J. A.	Influence of curing agents, curing time and number of layers on the concrete surface on compressive strength, Trujillo 2018	3, 7, 14 y 28 días (El cemento Pacasmayo tipo I)	-	-	-
33	Ortiz, F.	Comparison between conventional concrete curing and Antisol curing in concrete strength.	7, 14, 21 y 28 días (Cemento portland tipo I)	-	-	-

---

34	Alcantara, J.	Influence of concrete curing with water and artificial curing on the compressive strength of concrete	7,14,21 y 28 dias (Cemento portland)	
35	Valenzuela Noa, Luis Alfredo	Study of the variation of the resistance of concrete on site applying different curing methods, Lima 2018	7, 21 y 28 dias. (Cemento portland Tipo I)	
36	Rios Eguizabal, O.	Influence of membrane-forming healers on resistance and evaporation of water from concrete $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ .	7, 24 y 28 dias (Cemento portland Tipo I)	
37	Luna, J. Y.	Influence of the types of curing agents in concrete with plasticizer, retarder and accelerator, on compression and sorptivity	7 y 28 dias (Pacasmayo Tipo I)	<u>ABSORCION CAPILAR</u> ( $\text{mm}^3/\text{s}^{0.5}$ )
38	Sudario, R.G.	Evaluation of the incorporation of the waterproof sikacem additive in a concrete $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ made with type I cement, Ventanilla 2018	7, 14, 21 y 28 dias (Cemento Portland Tipo I)	
39	Navarrete, F.	Compare the effects of concrete strength in lightened slabs $e = 0.20 \text{ m}$ , cured with different methods, Chiclayo - 2018	14 y 28 dias (Portland)	
40	Ponce, E., Eugenio, F., Gonzales, T & Alcides, F.	Analysis of the influence of the type of curing on the permeability and capillary absorption of hydraulic concrete in the city of Huánuco.		<u>ABSORCION CAPILAR</u> ( $\text{mm}^3/\text{s}^{0.5}$ )

---

41	Jimenez, Z & Ordoñez, D.	Analysis of the influence of the techniques used for curing hydraulic concrete cylinders on the compressive strength.	7 y 28 dias.(Cemento portland con FA)			
42	Asmal, G. & Gonzalez, P.	Influence on the final resistance of concrete elements of variable geometry subjected to different curing conditions.	7, 14 y28 dias (Portland)		7, 14 y28 dias (Portland)	
43	Corrales, R.	Effect of type of cure on compressive strength, change of length and retention of water of a hydraulic concrete	7, 14 y 28 dias. (cemento modificado mixto (caliza-puzolana)) contiene de 45 % a 64 % de clinker y de 36 % a 55 % de adiciones.			
44	N. Claver	Comparative study on external self curing concrete and convetional curing concrete using different binding materials (OPC and PPC)	3, 7 y 28 dias. (Cemento OPC (Cemento portland ordinario) y PPC (Cemento portland puzolana)).	28 dias. (Cemento OPC (Cemento portland ordinario) y PPC (Cemento portland puzolana)).	28 dias. (Cemento OPC (Cemento portland ordinario) y PPC (Cemento portland puzolana)).	<u>ABSORCION DE AGUA (%) a los 28 dias (Cemento OPC (Cemento portland ordinario) y PPC (Cemento portland puzolana)).</u>
45	Corrales, S.	Analysis of the compressive strength developed in concrete when cured with liquid membrane-forming compounds	7, 14, 28, 56 y 90 dias (Portland)			

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 5: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la compresión

Art.	Autor	Tipo de aditivo y adiciones	Medio de curado	w/c	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mezcla	Ensayo de Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					Observaciones	
							3 d	7 d	14 d	21 d	28 d		180d
1	Muhammad Umar Khan, Muhammad Nasir, Omar S. Baghabra Al-Amoudi, Mohammed Maslehuddin	(SF, VFFA, FA y GGBFS)	Capa de curado de Antisol - E10	0.4	345	100%OPC	246				342	451	SF: Cemento humo de silice VFFA: Cemento de cenizas volantes muy finas FA: Cemento de cenizas volantes GGBFS: Cemento de escoria NP: puzolana natural Se tomo temperatura a 25°C, pero se obtuvieron mejores resultados a 32°C
						10%VFFA	273			380	478		
						30% FA	235			327	432		
						7%SF	280			389	513		
						70% GGBFS	183			254	335		
						20% NP	216			300	396		
						100%OPC	235			400	564		
						10%VFFA	250			425	599		
						30% FA	221			375	529		
						7%SF	259			440	620		
10	Xue, B., Pei, J., Sheng, Y., & Li, R.		Curado a base de acrilico			C-1	285		353	475			
			Curado a base de silicato			C-2	272		325	414			
			Curado a base de parafina	0.39	360	C-3	280		344	432			
			Curado a base de compuestos (los 3)			C-4	296		369	466			
			Inmersión en agua			W-1	320		380	488			
11	Nematollahzade, M., Tajadini, A., Afshoon, I., & Aslani, F	Superplastificantes	Compuesto de cera de parafina liquida	0.35	391	SSC35-cc		442	478	511	SSC35: Hormigon auto compactante con w/c 0.35 El aditivo es de cera de parafina liquida aplicada luego de 24 h		
			Inmersión en agua			SCC35-W		490	540	580			
			Compuesto de cera de parafina liquida	0.4	345	SSC40-cc		371	428	468			
			Inmersión en agua			SSC40-w		450	515	540			
			Compuesto de cera de parafina liquida	0.45	295	SSC45-cc		325	380	420			
			Inmersión en agua			SSC45-w		382	452	491			

12	Nasir, M., Baghabra Al- Amoudi, O. S., & Maslehuddin, M	% VFFA, FA, SF, GGBFS, NP	0.4	345	Compuesto de curado con Antisol -E10 (cera de parafina)	100% OPC	343	SF: Cemento humo de sílice				
						10%VFFA	369					
						30% FA	329					
						7% SF	387					
						70% GGBFS	259		VFFA: Cemento de cenizas volantes muy finas			
						20% NP	300					
						100% OPC	401		FA: Cemento de cenizas volantes			
						10%VFFA	423					
						30% FA	374		NP: Puzolana Natural			
						7% SF	442					
70% GGBFS	315	GGBFS: Cemento de escoria										
20% NP	353											
14	Surana, S., Pillai, R. G., & Santhanam, M		0.5	251	Compuesto de curado a base de cera	WX-1	137	194	236	240	WX-1 y WX2: Compuestos de curado a base de emulsiones de cera	
						WX-2	172	251	291	323		
						RW	158	252	228	248		RW: Compuesto de curado a base de emulsion de resina
						RS-1	157	205	244	277		
						RS-1	180	220	258	292		RS-1 y RS-2: Compuesto de curado a base de resina en disolventes organicos
						W	189	284	349	454		
17	Chougule, A.R., Patil, M.B. & Prakash, K.B.	%GGBFS	0.38	364	Compuesto de curado a base de cera	OPC				322	CC-1: Con 50% de GGBFS	
						C-1				352		
						C-2				317		
						OPC				427		
						C-1				484		CC-2: Con 60% de GGBFS
						C-2				408		

19	Mohamed, O., & Najm, O.	%GGBS+%FA,y%SF	Compuesto quimico acrilico MasterkureCC127	0.36	382	C36-1	582	C36-1: Mezcla a w/c 0.36 con cemento OPC		
						C36-2	384	C36-2: Mezcla a w/c 0.36 con cemento OPC + 60%GGBS+5%SF+25%FA		
				0.33	500	C33-1	598	C33-1: Mezcla a w/c 0.33 con cemento OPC		
						C33-2	400	C33-2: Mezcla a w/c 0.33 con cemento OPC + 60%GGBS+5%SF+25%FA		
				0.36	382	C36-1	630	C36-1: Mezcla a w/c 0.36 con cemento OPC		
						C36-2	320	C36-2: Mezcla a w/c 0.36 con cemento OPC + 60%GGBS+5%SF+25%FA		
				0.33	500	C33-1	610	C33-1: Mezcla a w/c 0.33 con cemento OPC		
						C33-2	310	C33-2: Mezcla a w/c 0.33 con cemento OPC + 60%GGBS+5%SF+25%FA		
20	W. Stalin, Y. Míeles, C. Pavón, E. Solorzano & L. Palacios		Compuesto a base de emulsion de parafina	0.6	179	C-1	248	252	281	
						C-2	251	280	321	
21	Princy K. P, Dr. Elson John		Compuesto de curado a base de acrilica			C-1			372	
				0.39	355	Compuesto de curado a base de cera	C-2			364
							Immersion en agua	C-3		

22	Rahman, M. M., & Chamberlain, D. A.	Compuesto de curado a base de cera	0.45	295	C40-cc	237	428		
		Inmersión en agua			C40-w	328	429		
23	Padmanabhan, Vandana & Gettu, Ravindra.	Compuesto de curado a base de cera			CC2	312	355	401	
		Compuesto de curado a base de resina	0.39	355	CC3	395	426	497	
		Compuesto de curado a base de acrílico			CC4	347	396	489	
		Inmersión en agua	CC1	369	391	461			
24	Rao, Tadivaka Venkateswara, Seshagiri Rao, Meduri V & Rao, Pasumarthi Jagannadha.	% de Metacolin (MF), FA, GGBS y SF	Compuesto a base de cera	0.4	345	M50-1	443	548	M50-1: Cemento + Metacolin
				0.36	382	M50-2	401	471	
				0.35	391	M50-3	585	649	M50-2: Cemento + Metacolin + FA
				0.47	275	M50-4	290	402	
				0.4	345	M50-1	426	608	M50-3: Cemento + Metacolin + GGBS
				0.36	382	M50-2	387	558	
				0.35	391	M50-3	643	782	M50-2: Cemento + Metacolin + SF
				0.47	275	M50-4	307	500	

27	Benli, A, Karataş, M, & Bakir, Y.	%SF y FA	Compuesto de curado a base de cera de parafina líquida	0.39	355	M-OPC	255	401	499	629	M-OPC: Mezcla de puro cemento Portland
				0.48	265	M-30%FA	97	190	288	475	
				0.37	373	M-6%SF	189	360	575	600	M-FA: Mezcla de cemento portland + cenizas volantes
				0.39	355	M-OPC	348	495	624	825	
				0.48	265	M-30%FA	161	247	346	525	M-SF: Mezcla de cemento portland + Humo de sílice
				0.37	373	M-6%SF	230	525	675	825	
29	Alvarado, J.		Compuesto químico Sika Antisol S( silicato)	210		M-1	160	174	188	205	
				245		M-2	201	237	272	282	
				280		M-3	278	294	309	329	
				210		M-1	203	221	238	242	
				245		M-2	242	277	312	332	
				280		M-3	278	317	356	362	
30	Contreras S. & Velazco, C.		Compuesto químico Sika Antisol S	0.56	208	M-1		218		277	
				0.47	275	M-2		302		356	
				0.56	208	M-1		212		270	
				0.47	275	M-2		290		343	

31	Aguilar, J	0.53	229	Curador Sika Artisol S	C-1	154	193		280		
				Super curador Chema (acrilico)	C-2	158	202		270		
				Per Kurevista (acrilico)	C-3	164	199		266		
				Inmersión en agua	C-4	166	220		301		
32	Horna, J. A	0.55	210	Eucocure (acrilico)	C-1	159	215	227	251		
				Sika Artisol S	C-2	150	197	227	255		
				Z membrana blanco (silicato)	C-3	238	243	268	288	Se tomo los resultados de la primera capa de colocación del curador químico	
				Chema membrani	C-4	240	269	294	297		
				Inmersión en agua	C-5	185	237	259	283		
33	Ortiz, F.	0.68	210	Curador químico Sika Artisol	C-1		155	174	194	216	M-1: Concreto curado a 1 capa de artisol
				Inmersión en agua	C-2		185	206	222	236	

		Sikacemcurador (silicato)			C-1	155	147	166	180	
34	Alcantara, J.	Curador Membrasil Vista (acrilico)	0.56	208	C-2	150	155	168	171	
		Inmersión en agua			C-3	139	162	189	204	
			0.56	210	M-1	160		198	206	
		Curador Sika Antisol S	0.48	245	M-2	201		272	283	
			0.44	280	M-3	229		329	331	
35	Valenzuela Noa, Luis Alfredo		0.56	210	M-1	203		238	250	
		Inmersión en agua	0.48	245	M-2	242		312	329	
			0.44	280	M-3	278		356	362	
		Kurecrete 50			C-1	148	177		226	
36	Rios Egizabal, O.	Membrasil Vista	0.56	208	C-2	160	187		250	
		Per Membrana R (Acrilico)			C-3	169	192		250	Agua del río Llacas
		Inmersión de agua			C-4	126	145		190	

					Curet Z	M-1	251		331
37	Luna, J. Y.				Per Kuret	M-2	265		328
			0.58	210					
					Inmersión en agua	M-3	260		404
42	Asma, G. & Gonzalez, P.				Compuesto de curado Antisol	C-1	145	184	232
			0.51	244					
					Inmersión en agua	C-2	154	195	257
		100% Portland			Compuesto de curado a base de cera Concure WB	C-OPC	232	310	389
44	N. Claver					C-PPC	197	284	384
			0.45	295					
		Portland+ % Puzolana			Inmersión en agua	C-OPC	255	324	425
						C-PPC	199	292	406

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 6: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la tracción

Nº	Autor	Tipo de cemento	Tipo de aditivo y adiciones	Medio de curado	w/c	Muestra Nomenc.	Tracción Diametral (Kg/cm <sup>2</sup> )		Observaciones
							14 días	28 días	
1	Muhammad Umar Khan, Muhammad Nasir, Omar S. Baghabra Al-Amoudi, Mohammed Maslehuddin	Cemento Portland	(SF, VFFA, FA y GGBFS)	Capa de curado de Antisol -E10	0.4	100% OPC	17	30	SF: Cemento humo de sílice
						10% VFFA	18	31	
						30% FA	16	27	
						7% SF	18	31	
						70% GGBFS	14	23	
				20% NP		15	25	FA: Cemento de cenizas volantes	
				100% OPC		28	31		
				10% VFFA		28	32		
				30% FA		26	29		
				7% SF		30	34		
70% GGBFS	22	25	NP: puzolana natural						
20% NP	25	28							
11	Nematollahzade, M., Tajadiri, A., Afshoon, I., & Aslani, F	Cemento Portland	Superplastificantes	Compuesto de cera de parafina líquida	0.35	SSC35-cc	4	5	SSC35: Hormigón autocompactante con w/c 0.35
				Inmersión en agua		SCC35-W	5	5	
				Compuesto de cera de parafina líquida	0.4	SSC40-cc	3	3	El aditivo es de cera de parafina líquida aplicada luego de 24 h
				Inmersión en agua		SSC40-w	4	4	
				Compuesto de cera de parafina líquida	0.45	SSC45-cc	3	4	
				Inmersión en agua		SSC45-w	4	5	
12	Nasir, M., Baghabra Al-Amoudi, O. S., & Maslehuddin, M.	Cemento portland	% VFFA, FA, SF, GGBFS, NP	Compuesto de curado con Antisol -E10 (cera de parafina)	0.4	100% OPC		29	SF: Cemento humo de sílice
						10% VFFA		31	
						30% FA		26	
						7% SF		32	
						70% GGBFS		23	
						20% NP		25	
				100% OPC			31	FA: Cemento de cenizas volantes	
				10% VFFA			32		
				30% FA			29		
				7% SF			34		
				70% GGBFS			25		
				20% NP			28		
								NP: Puzolana Natural	
								GGBFS: Cemento de escoria	

17	Chougule, A.R., Patil, M.B. & Prakash, K.B.	Cemento portland	%GGBFS	0.38	Compuesto de curado a base de cera	OPC	10	CC-1: Con 50% de GGBFS	
						C-1	11		
						C-2	10		
						OPC	13		
					Inmersión en agua	C-1	14		CC-2: Con 60% de GGBFS
						C-2	13		
21	Princy K. P, Dr. Elson John	Cemento Portland		0.39	Compuesto de curado a base de acrílica	C-1	26		
					Compuesto de curado a base de cera	C-2	28		
					Inmersión en agua	C-3	29		
44	N. Claver	Cemento OPC	100% Portland	0.45	Compuesto de curado a base de cera Concure WB	C-OPC	34		
						C-PPC	33		
		Cemento PPC	Portland + % Puzolana		Inmersión en agua	C-OPC	36		
						C-PPC	35		

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 7: Matriz de relación tiempo de curado y resistencia a la flexión

Nº	Autor	Tipo de cemento	Tipo de aditivo y adiciones	Medio de curado	w/c	Muestra Nomenc.	Flexión Kg/cm <sup>2</sup> (Modulo de Rotura)			
							3 días	7 días	28 días	
10	Xue, B., Pei, J., Sheng, Y., & Li, R	Cemento portland		Curado a base de acrilico	0.5	C-1	40	53	59	
				Curado a base de silicato		C-2	38	51	55	
				Curado a base de parafina		C-3	41	52	57	
				Curado a base de compuestos (los 3)		C-4	42	54	60	
				Inmersión en agua		W-1	41	55	59	
17	Chougule, A.R., Patil, M.B. & Prakash, K.B.	Cemento portland	%GGBFS	Compuesto de curado a base de cera	0.38	OPC			37	
						C-1			38	
						C-2			35	
						OPC			61	
						Inmersión en agua	C-1			64
						C-2			54	
21	Princy K. P, Dr. Elson John	Cemento Portland		Compuesto de curado a base de acrilica	0.39	C-1			41	
				Compuesto de curado a base de cera		C-2			43	
				Inmersión en agua		C-3			55	

				0.39	M-OPC	46	74	91
			Compuesto de curado a base de cera de parafina líquida	0.48	M-30%FA	28	50	70
27	Benli, A., Karataş, M., & Bakir, Y.	Cemento Portland	%SF y FA	0.37	M-6%SF	49	78	97
				0.39	M-OPC	44	75	85
			Inmersión en agua	0.48	M-30%FA	26	45	66
				0.37	M-6%SF	42	70	91
42	Asmal, G. & Gorzalez, P.	Cemento Portland	Compuesto de curado Antisol	0.51	C-1		34	40
			Inmersión en agua		C-2		36	43
44	N. Claver	Cemento OPC	100% Portland	0.45	C-OPC			56
			Compuesto de curado a base de cera Concure WB		C-PPC			45
		Cemento PPC	Portland + % Puzolana		C-OPC			66
			Inmersión en agua		C-PPC			58

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 8: Matriz de relación tiempo de curado y absorción capilar

N°	Autor	Tipo de cemento	Tipo de aditivo y adiciones	Medio de curado	w/c	Muestra Nomenc.	Absorción Capilar ( $\text{mm}/\text{s}^{0.5}$ ) (28 días)	
							Abs. Inicial	Abs. Final
11	Nematollahzade, M., Tajadini, A., Afshoon, I., & Aslani, F	Cemento Portland	Superplastificantes	Compuesto de cera de parafina líquida	0.35	SSC35-cc	0.917	1.250
				Inmersión en agua		SCC35-W	0.717	0.934
				Compuesto de cera de parafina líquida	0.4	SSC40-cc	1.000	1.317
				Inmersión en agua		SSC40-w	0.867	1.050
				Compuesto de cera de parafina líquida	0.45	SSC45-cc	1.167	1.667
				Inmersión en agua		SSC45-w	1.083	1.416
31	Aguilar, J	Cemento Portland		Curador Sika Antisol S	0.22	C-1	2.636	5.430
				Super curador Chema (acrílico)		C-2	2.294	5.314
				Per Kurevista (acrílico)		C-3	2.763	5.491
				Inmersión en agua		C-4	1.275	3.422
37	Luna, J. Y.	Cemento Portland		Curet Z	0.58	M-1	1.987	6.229
				Per Kuret		M-2	2.507	7.029
				Inmersión en agua		M-3	0.609	2.069
40	Ponce, E., Eugenio, F., Gonzales, T & Alcides, F.	Cemento Portland		Curadro Membranil Chema (acrílico)	0.47	C-1	3.480	7.010
				Inmersión en agua		C-2	2.870	9.320

Fuente: Elaboración propia