



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**“COMPARACIÓN DE LOS CURADORES QUÍMICOS DE
CONCRETO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, MOQUEGUA 2019”**

PRESENTADO POR

BACHILLER ALEX ELEUTERIO LARIJO COAQUIRA

ASESOR:

MGR. ALBERTO CRISTOBAL FLORES QUISPE

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA - PERÚ

2021

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema	1
1.2. Definición del problema	3
1.2.1. Problema general.	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.	3
1.4. Justificación	4

1.5. Alcances y limitaciones	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones.	5
1.6. Variables	6
1.6.1. Operacionalización de variables.....	6
1.7. Hipótesis de la investigación	7
1.7.1. Hipótesis general.	7
1.7.2. Hipótesis derivadas.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.	8
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Concreto.	10
2.2.2. Componentes del concreto.	11
2.2.3. Propiedades principales del concreto.....	18
2.2.4. Curado del concreto.	20
2.2.5. Curadores Químicos.....	23
2.2.6. Diseño y dosificación de mezclas de concreto.....	26
2.2.7. Resistencia del concreto.....	27
2.2.8. Ensayos en el concreto.....	28
2.3. Definición de términos	31
2.3.1. Definición de comparación.....	31

2.3.2. Definición de curadores químicos	31
2.3.3. Definición de resistencia a la compresión	32

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación.....	33
3.2. Diseño de la investigación.....	34
3.3. Población y muestra.....	34
3.3.1 Población.....	34
3.3.2 Muestra.....	35
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos	36

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.....	37
4.1.1. Ensayo de los agregados	37
4.1.2. Diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	45
4.1.3. Resultado de ensayos para determinar la resistencia a la compresión.....	46
4.2. Contrastación de hipótesis	47
4.2.1 Hipótesis general.....	47
4.2.1 Hipótesis derivadas	49
4.3. Discusión de resultados	53

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	55
5.2. Recomendaciones	56

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÉNDICE.....	64
MATRIZ DE CONSISTENCIA	101
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	6
Tabla 2. Composición químicos del cemento portland.....	14
Tabla 3. Tipos de cemento portland según la norma NTP 334.009.....	15
Tabla 4. Tipos de cemento portland mezclados o adicionados según la norma NTP 334.090.....	16
Tabla 5. Tipos de cemento portland mezclados o adicionados según la norma NTP 334.082.....	16
Tabla 6. Tipos de aditivos clasificadas por la norma ASTM C 494.....	18
Tabla 7. Hoja técnica sika cem curador	24
Tabla 8. Hoja técnica membrasil reforzado	25
Tabla 9. Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento.....	28
Tabla 10. Cuadro de muestra de investigación.....	35
Tabla 11. Análisis granulométrico por tamizado de agregado grueso	38
Tabla 12. Análisis granulométrico por tamizado de agregado fino	39
Tabla 13. Peso unitario del agregado grueso	41
Tabla 14. Peso unitario del agregado fino.....	41
Tabla 15. Humedad natural del agregado grueso.....	42
Tabla 16. Humedad natural del agregado fino	42
Tabla 17. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	42
Tabla 18. Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	43
Tabla 19. Módulo de fineza del agregado grueso	43
Tabla 20. Módulo de fineza del agregado fino	44

Tabla 21. Características físicas y volumétricas de los agregados para el diseño	45
Tabla 22. Dosificación de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	46
Tabla 23. Promedio de resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	47
Tabla 24. Matriz de consistencia.....	101
Tabla 25. Instrumentos de recolección de datos	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.....	11
Figura 2. Los compuestos líquidos formadores de películas.	23
Figura 3. Curva granulométrica del agregado grueso.	38
Figura 4. Curva granulométrica de agregado fino.	40
Figura 5. Comparación de la resistencia a la compresión curado con aditivos	48
Figura 6. Resultados de la Resistencia a los 28 días de concreto $f'c = 210$ kg/cm ²	48
Figura 7. Resultado de las resistencias alcanzados a los 28 días	49
Figura 8. Comparación de la resistencia a la compresión (curado con agua-sika cem curador)	50
Figura 9. Resultado de la resistencia del concreto a los 28 días curado con sika sem curador.....	50
Figura 10. Comparación de la resistencia a la compresión (curado con agua-curador membrasil reforzado).....	51
Figura 11. Resultados de la resistencia a los 28 días del concreto curado con membrasil reforzado	52
Figura 12. Comparación de la resistencia a la compresión según el tipo de curado	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra	35
Ecuación 2. Fórmula para determinar el módulo de fineza	44

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Tabla A1. Número de capas necesarias para las probetas.....	64
Tabla A2. Diámetro de pisón y número de golpes que se usan para moldear las probetas de ensayo	64
Tabla A3. Comparación de los promedios de la resistencia a la compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - probetas curados con aditivos.....	65
Tabla A4. Comparación de los promedios de la resistencia a la compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - probetas curados con agua y sika cem curador	65
Tabla A5. Comparación de los promedios de la resistencia a la compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - probetas curados con agua y membrasil reforzado.....	65
Tabla A6. Comparación de los promedios de la resistencia a la compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - según tipo de curado	65
Tabla A7. Resistencia a la compresión según tipo de curado a los 7 días para una $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	66
Tabla A8. Resistencia a la compresión según tipo de curado a los 14 días para una $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	66
Tabla A9. Resistencia a la compresión según tipo de curado a los 28 días para una $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	67
Tabla A 10. Calificación de la resistencia de los concretos curados	68
Tabla A 11. Encuesta de información de datos-respuestas afirmativas	69
Tabla A 12. Encuesta de información de datos-respuestas negativas	69

Figura B1. Análisis granulométrico del agregado fino	70
Figura B2. Análisis granulométrico del agregado grueso	71
Figura B3. Estudio de las propiedades físicas de los agregados	72
Figura B4. Diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm ²	73
Figura B5. Rotura de Probetas I	74
Figura B6. Rotura de probetas II.....	75
Figura B7. Hoja técnica Chema membranal reforzado I	76
Figura B8. Hoja técnica Chema membranal reforzado II.....	77
Figura B9. Hoja técnica Sika cem curador I	78
Figura B10. Hoja técnica Sika cem curador II.....	79
Figura B11. Hoja técnica Sika cem curador III.....	80
Figura B12. Ficha técnica de cemento portland IP-Yura.....	81
Figura B 13. Encuesta N° 01.....	82
Figura B 14. Encuesta N° 02.....	83
Figura B 15. Encuesta N° 03.....	84
Figura B 16. Encuesta N° 04.....	85
Figura B 17. Encuesta N° 05.....	86
Figura B 18. Encuesta N° 06.....	87
Figura B 19. Encuesta N° 07.....	88
Figura B 20. Encuesta N° 08.....	89
Figura B 21. Opinión de experto N° 01	90
Figura B 22. Opinión de experto N° 02	91
Figura B 23. Opinión de experto N° 03	92
Figura B 24. Opinión de experto N° 04	93

Fotografía C1. Toma de muestra de los agregados de la cantera maron.....	94
Fotografía C2. Cuarteo de los agregados para estudio.....	94
Fotografía C 3. Granulometría del agregado fino	94
Fotografía C4. Granulometría del agregado grueso	95
Fotografía C5. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	95
Fotografía C6. Peso específico y absorción del agregado fino	95
Fotografía C7. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	96
Fotografía C8. Gravedad específica del agregado grueso.....	96
Fotografía C9. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	96
Fotografía C10. Curadores químicos utilizados.....	97
Fotografía C11. Elaboración de probetas de concreto	97
Fotografía C12. Elaboración y desmoldeado de probetas.....	97
Fotografía C13. Curado con aditivo curador membranal reforzado.....	98
Fotografía C14. Curado con aditivo sika cem curador	98
Fotografía C15. Rotura de probetas	99
Fotografía C16. Toma de datos de la rotura de probetas	99
Fotografía C17. Rotura de probetas según norma.....	99
Fotografía C18. Rotura de probetas a los 28 días	100

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “COMPARACIÓN DE LOS CURADORES QUÍMICOS DE CONCRETO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$, MOQUEGUA 2019”, tiene como propósito evaluar la resistencia a la compresión de los concretos curados con aditivos químicos (Sika Cem Curador y curador Membranil Reforzado) y demostrar la efectividad de aplicación de los mismos. Se realizó el estudio de la granulometría y las propiedades físicas de los agregados provenientes de la cantera Marón, el método ACI del comité 211 fue la técnica para el diseño de mezclas, se elaboró 60 probetas de los cuales se utilizó 12 como concreto patrón y el resto se dividió para el curado con aditivos: Sika Cem Curador y Membranil Reforzado Chema, el curado se realizó como indica en la ficha técnica de cada aditivo. El ensayo de compresión de testigos de concreto se realizó a los 7, 14 y 28 días, los resultados demuestran que el concreto curado con Membranil Reforzado llega al 80% y el concreto curado con Sika Cem Curador alcanza al 79% de la resistencia requerida, mientras las que fueron sumergido en agua (concreto patrón) llegaron al 100%. Se concluye que las resistencias a la compresión de los concretos curados con el aditivo Membranil Reforzado muestra una ligera ventaja sobre el otro curador químico, se resalta la efectividad del curado con agua.

Palabras clave: Comparación, Evaluar, Curadores, curado, resistencia, concretos, agua.

ABSTRACT

The present research work entitled "COMPARISON OF CONCRETE CHEMICAL CURING AGENT FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF F'C = 210 kg / cm², MOQUEGUA 2019", aims to evaluate the compressive strength of concrete cured with chemical additives (Sika Cem Curator and Reinforced Membranil curator) and demonstrate the effectiveness of their application. The study of the granulometry and physical properties of the aggregates from the Marón quarry was carried out, the ACI method of committee 211 was the technique for the design of mixtures, 60 specimens were elaborated of which 12 were used as standard concrete and the The rest was divided for curing with additives: Sika Cem Curador and Membranil Reinforced Chema, the curing was carried out according to the specifications in the technical sheet of each additive. The concrete core compression test was carried out at 7, 14 and 28 days, the results show that concrete cured with Reinforced Membranil reaches 80% and concrete cured with Sika Cem Curador reaches 79% of the required strength, while those that were submerged in water (standard concrete) reached 100%. It is concluded that the compressive strengths of concretes cured with the Reinforced Membranil additive shows a slight advantage over the other chemical curing agent, the effectiveness of curing with water is highlighted.

Keywords: Comparison, Evaluate, Curators, Curing, Resistance, Concretes, Water.

INTRODUCCIÓN

El material más usado en las construcciones de hoy, es el concreto; este es el resultado de la mezcla de cemento, agregados, agua y ocasionalmente aditivos, se le requieren por su trabajabilidad, durabilidad y ser relativamente económico, el concreto es usado para las construcciones como carreteras, pistas, estacionamientos, puentes, presas, viviendas, veredas, edificios y otras.

El curado del concreto es uno de los procesos más importantes para alcanzar las propiedades deseadas, básicamente radica en brindar las condiciones necesarias de humedad y temperatura. El curado inadecuado produce agrietamientos y/o fisuras y por ende no se garantiza la durabilidad y resistencia que se quiere lograr.

Los métodos usados para curar los concretos en obra en nuestro medio varían desde el más conocido como el agua y el menos diligente curador químico, este último es un compuesto líquido formador de película impermeable que evita la evaporación del agua y secado prematuro del concreto.

Se conoce que los curadores químicos de concreto son eficientes en cierta medida comparado con muestras que son sumergidos en agua, sin embargo, en nuestro medio no se conoce ¿Cuál de los curadores químicos de concreto muestra mejor resistencia a la compresión de una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Moquegua 2019? Por lo señalado es que en el presente trabajo de investigación se pretende realizar la evaluación sobre los curadores químicos de concreto que muestran mejor resistencia a la compresión en la ciudad de Moquegua, los

productos y/o marcas que se estudiaran son de la línea Sika y Chema, con sus presentaciones de Sika Cem Curador y Membranil Reforzado respectivamente. Para llevar a cabo el estudio, el trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos.

En el capítulo I, se presenta la problemática de la investigación, en el capítulo se desarrollan la descripción y definición del problema de investigación, los objetivos, justificación, alcances, límites, variables e hipótesis del trabajo que se pretende alcanzar.

En el capítulo II, contiene al marco teórico, donde se describen los antecedentes de la investigación tanto internacional y nacional, también los conceptos generales de las propiedades, composiciones y tipos de concreto, aditivos químicos según su clase y uso.

En el capítulo III, está referido al método, se detalla el tipo de investigación, diseño de investigación, la población, muestra, descripción de instrumentos para recolección de datos.

En el capítulo IV, se realiza el análisis e interpretación de los resultados, donde se presenta los resultados obtenidos y la contrastación con la hipótesis. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones son mencionados en el capítulo V.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

El concreto es la mejor alternativa utilizada para realizar construcciones de infraestructuras, por sus múltiples desempeños. El proceso de curado es uno de los tratamientos fundamentales en el concreto recién colocado, toda vez que impacta en sus propiedades finales, Rivera (2015) nos ilustra que pasa “cuando en el concreto recién colocado se pierde mucha agua por evaporación, la hidratación se interrumpe. Cerca a la temperatura de congelación (0°C) la hidratación prácticamente se detiene. En estas condiciones el concreto deja de ganar resistencia y mejorar otras propiedades convenientes” (p,149).

Una cantidad considerable de agua en concreto se evapora o se pierde a causa de la temperatura del medio ambiente, tal como indica el manual de SENCICO (2014) que “el concreto convencional necesita solo 100 litros de agua aproximadamente para que el cemento se hidrate y endurezca adecuadamente, sin embargo, se utiliza aproximadamente 200 litros durante la preparación, es así que gran cantidad de agua se pierde al medio ambiente y tiene que ser repuesta” (p.37).

En la ciudad de Moquegua se viene realizando construcciones masivas utilizando como material principal el concreto y usando agua para curar las estructuras, sin embargo, por la temperatura ambiental de la ciudad se evapora muy rápidamente, y esto lleva a desperdiciar agua en gran cantidad y no obtener buena resistencia del concreto.

Uno de los métodos de curado de concreto, el sistema de impedimento de la pérdida de agua del mezclado por medio del uso de materiales sellantes, forman parte de la misma, los compuestos líquidos formadores de membrana (curadores químicos).

Los curadores químicos de concreto se comercializan en nuestro país, por ende, en la ciudad de Moquegua hace varios años atrás, las más conocidas líneas son las de Sika y Chema, sin embargo, no se utilizan, tampoco se ha realizado estudios sobre sus aplicaciones y se desconoce los resultados.

La norma E.060 (2009) en el capítulo 5, calidad de concreto, mezclado y colocación, indica que cualquier otro medio de curado diferente de la vía húmeda, tiene que demostrar que la resistencia a la compresión sea igual por menos a la resistencia de diseño. No se tiene conocimiento de la eficiencia de los curadores químicos de concreto de Sika cem curador y Membranil reforzado Chema en la ciudad de Moquegua, no hay investigación sobre que producto realmente satisface mejor los requerimientos y especificaciones que se quiere obtener del concreto en una estructura.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál de los curadores químicos de concreto muestra mejor resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Moquegua 2019?

1.2.2. Problemas específicos.

- 1) ¿Cuál es el resultado de la aplicación del curador químico Sika cem curador en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019?
- 2) ¿Cuál es el resultado de la aplicación del curador químico Membranil reforzado en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019?
- 3) ¿En qué medida es efectiva la aplicación de los curadores químicos en comparación con el curado convencional con agua en concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar los curadores químicos de concreto para una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019.

1.3.2. Objetivos específicos.

- 1) Determinar el resultado de la aplicación del curador químico Sika cem curador en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019.

- 2) Determinar el resultado de la aplicación del curador químico Membranil reforzado en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210$ kg/cm², Moquegua 2019.
- 3) Evaluar la efectividad de la aplicación de los curadores químicos en comparación con el curado convencional con agua en concretos de $f'c = 210$ kg/cm², Moquegua 2019.

1.4. Justificación

Ante la necesidad de obtener un concreto de calidad, curado con compuestos líquidos, resulta conveniente conocer cuál de los curadores químicos de concreto, Sika Cem Curador y Membranil Reforzado Chema, muestra mejor resistencia a la compresión para un diseño de $f'c = 210$ kg/cm² en la ciudad de Moquegua.

La norma Comité ACI 308 (1992) indica que “la resistencia se emplea con más frecuencia para medir la calidad relativa de un concreto. Cuando el concreto se compacta correctamente y tiene la composición apropiada, se logrará la resistencia especificada en el tiempo deseado” (p. 15).

El trabajo de investigación tiene un valor teórico, proporciona conocimiento sobre la resistencia a la compresión de concretos curados con compuestos químicos a los profesionales, estudiantes y personas que están involucrados con la utilización del material mencionado.

Para la comprobación “se tomará un mínimo de seis muestras de ensayo para comprobar la calidad y resistencia del concreto preparado con las proporciones de mezclas seleccionadas. Las probetas se preparan y curaran de acuerdo a la norma ASTM C 192” (Rivva, 2004, p. 199).

La presente investigación tiene justificación práctica, el resultado de comparación y el uso del curador químico de concreto sobresaliente, contribuirá a mejorar considerablemente la calidad de las construcciones.

“Al ser el concreto un material que se utiliza masivamente en un sinnúmero de estructuras de ingeniería civil, es indispensable controlar la calidad del concreto, ya que de ello dependerá finalmente el comportamiento de la estructura durante su vida útil” (Abanto, 2017, p. 21).

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

En el trabajo de investigación se estudió la aplicación del aditivo curador químico Sika Cem Curador y Membranil Reforzado en un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento tipo IP, los resultados obtenidos y su posterior evaluación de la resistencia a la compresión en las edades de 7, 14 y 28 días.

El agregado utilizado en la investigación fue de la cantera Maron, perteneciente a la ciudad de Moquegua, los ensayos fueron realizados en el laboratorio de concretos y suelos GEOS SPC SAC ubicado en la misma ciudad.

El método de selección de las proporciones del concreto empleado para el presente trabajo de investigación es el método del comité 211 del ACI y el diseño de mezclas es válido para el presente periodo anual.

1.5.2. Limitaciones.

Esta investigación encontró como principal limitación la declaratoria del estado de emergencia nacional producto de la pandemia COVID-19, la cual limitó los recursos y la logística para el desarrollo de la investigación.

La investigación solo se limitó en el estudio del concreto diseñado para alcanzar una resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se tomó esta resistencia por ser utilizado en la mayoría de las estructuras de concreto en la ciudad de Moquegua.

1.6. Variables

- **Variable independiente:** Curadores químicos del concreto.
- **Variable dependiente:** Resistencia a la compresión del concreto.

1.6.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1.

Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Descripción	Tipo de Variable	Dimensiones	Indicador de Instrumento
Variable Independiente				
Curador químico	Compuesto que se rocía y/o añade sobre la superficie del concreto vaciado, esto crea una membrana impermeable al agua y al aire, de esta manera se evita la pérdida de agua por evaporación y que el concreto tenga una humedad indispensable.	Cuantitativo: continuo	D1: Sika cem curador. D2: Membranil reforzado. D3: Curado tradicional (sumergido en agua).	Aplicación de los aditivos según la ficha técnica del fabricante (m^2/gal).
Variable Dependiente				
Resistencia a la compresión del concreto	Disposición máxima de resistir cargas y esfuerzos para una determinada área del concreto, antes de fallar de ruptura, la unidad de medida está expresan en kg/cm^2 .	Cuantitativo: continuo	D1: Máximo esfuerzo a compresión. D2: Calidad del concreto	Ensayo de rotura axial a compresión (carga máxima /área de sección transversal) (kg/cm^2).

Fuente: Pasquel, 1998.

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

El curador químico de concreto de la línea Chema muestra una mejor resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019.

1.7.2. Hipótesis derivadas.

- 1) El resultado de la aplicación del curador químico Sika cem curador en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019, es buena.
- 2) El resultado de la aplicación del curado químico Membranil reforzado en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019, es buena.
- 3) La aplicación de los curadores químicos es efectiva en comparación con el curado convencional con agua en concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Bolaños (2011) ejecutó su tesis de maestría llamando “comparación entre concretos curados con compuestos formadores de membrana y con un producto elaborado con nanotecnología en relación con la retención de agua y la resistencia a compresión” realizado en la ciudad de Bogotá, país de Colombia, la investigación consiste en utilizar 4 ejemplos de curado: dos tipos con compuestos químicos de formadores de membrana, una con un curador de tecnología nueva y otra sin tratamiento alguno. En las conclusiones menciona que la resistencia a la compresión de las muestras tratados con los curadores químicos y de la nueva tecnología no difiere significativamente.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Aguilar (2019) realizó la tesis titulada “influencia del curado del concreto con aditivos químicos en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto convencional, Trujillo 2019”, elaboró concreto de 210 kg/cm² con un slump de 4”, el método de proporcionamiento fue el ACI 211, las probetas fueron

curados con curadores químicos de Super Curador Chema, Sika Antisol S, Per Kurevista y otro tanto por inmersión en agua. Los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días mostraron los siguientes resultados: los concretos curados con agua, esto es tomado como concreto patrón, alcanzó el 301 kg/cm^2 , los curados con Súper Curador Chema alcanzó 270 kg/cm^2 , esto es el 90% del concreto patrón, los curados con Per Kurevista alcanzó 266 kg/cm^2 , equivale el 88% del concreto patrón y el Sika Antisol S alcanzó 280 kg/cm^2 , esto equivale al 93% del concreto patrón.

Rondón (2018) realizó su trabajo de investigación titulada “análisis y comparación de diferentes métodos de curado para elaborar concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Arequipa”, desarrolló un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por el método ACI 211, los métodos de curado aplicados para obtener mejor resistencia fue el curado por inmersión, curado de costales de yute y curado con compuesto líquido para formar membrana. En las conclusiones indica que el tipo de curado por inmersión alcanzó resultados más altos con cemento HE con promedio de 309 kg/cm^2 , seguida por el método de curado con costales de yute y no recomienda el uso de curadores químicos.

Jacobo (2019) realizó su trabajo de investigación de pregrado titulada “Influencia del curador del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto” realizado en la ciudad de Trujillo, el objetivo es medir la resistencia del concreto diseñado para una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, curado con diferentes tipos de curadores químicos (Sika Cem Curador y Membranil Vista Chema) y agua, utilizo el método del comité 211 del ACI para el diseño de mezclas, elaboró 48 probetas dividiendo en tres para cada tipo de curado, en los

resultados obtenidos muestra que a los 28 días de edad las probetas sumergidas en agua alcanzan una resistencia de 204 kg/cm², las muestras curadas con aditivos Sika Cem Curador y Membranil Vista Chema alcanzan el 180.25 kg/cm² y 170.50 kg/cm² de resistencia respectivamente.

Lam (2005) efectuó su tesis llamado “estudio de la variabilidad de la resistencia del concreto aplicando curador químico de usos externo y utilizando cemento portland tipo I” desarrollada en la ciudad de Lima, el autor desarrollo la comparación de concreto denominado patrón curado con agua (inmersión) y otro con la aplicación del compuesto químico Curacem, en las conclusiones menciona que el concreto curado a dos capas de Curacem presento una resistencia a la compresión promedio de 92% respecto del concreto patrón a los 28 días, y el concreto curado con una capa de Curacem presento el 95 % de sus resistencia; lo que permite concluir que el curador químico en estudio se obtienen resultados eficientes y satisfactorios.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto.

El concreto, según Pasquel (1998) es un material compuesto por una amalgama de dosificaciones diversas de cemento, agua, agregados y ocasionalmente de aditivos, que primeramente al realizar la mezcla el material se muestra en una disposición plástica y moldeable, y con el transcurrir del tiempo logra endurecer, por ello es un material muy usado y excelente para la construcción.

A la mezcla del cemento y el agua se le conoce también como aglomerante (conglomerante) y pasta, la razón es que une los agregados (arena y

grava), la inclusión de otros materiales cementantes (puzolanas y/o escorias) o adiciones minerales pueden formar parte de la pasta.

2.2.2. Componentes del concreto.

Los principales componentes del concreto se muestran en la figura 1.



Figura 1. Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.

Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004.

2.2.2.1 Agregados.

Los agregados son materiales pétreos con una granulometría limitada por la Norma NTP 400.011, estas pueden ser de origen natural o artificial (manufacturadas). Los agregados (áridos) ocupan aproximadamente el 60% al 75% del volumen total del concreto, por tal razón es muy importante la selección del mismo, deben ser resistentes mecánicamente y no contener sustancias que pueden dañar al concreto.

Generalmente en la elaboración del concreto se utilizan agregados finos (arena), agregados gruesos (grava) y para requerimientos menos de 100 kg/cm² se utiliza el agregado integral (hormigón).

a. Agregado grueso:

El agregado grueso son aquellas partículas retenidas en el tamiz N° 4, este material pétreo puede ser de procedencia natural o artificial (manufacturadas), las especificaciones, requerimientos y límites que se tiene que cumplir están fijadas por la Norma NTP 400.037, este material es conocido como grava o piedra.

b. Agregado fino:

Los agregados finos son conocidos como arena, material pétreo de procedencia natural o artificial (manufacturadas), las partículas tienen que pasar el tamiz 3/8" y estar retenido en el tamiz N° 200; la Norma NTP 400.037 establece los límites, requerimientos y especificaciones.

c. Hormigón:

El hormigón o agregado integral para Rivva (2000) se define como “ una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de grava y arena procedentes de río o cantera. Su granulometría debera estar comprendido entre el material retenido en la malla N° 200 como mínimo y el que pase la malla de 2" como máximo” (p. 186).

Para realizar las pruebas en laboratorio y conocer las propiedades físicas de los agregados se utilizarán las Normas NTP y las Normas ASTM vigentes, que se nombran como sigue:

- Granulometría: NTP 400.037 y ASTM C 136.
- Peso específico y absorción del agregado grueso: NTP 400.021 y ASTM C 127.
- Peso específico y absorción del agregado fino: NTP 400.022 y ASTM C 128.
- Contenido de humedad: NTP 339.185 y ASTM C 566.
- Peso unitario: NTP 400.017 y ASTM C 29.

- Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N° 200) por lavado en agregados: NTP 400.018 y ASTM C 117.
- Resistencia a la abrasión: NTP 400.019 - 400.020 y ASTM C 131.

2.2.2.2 Cemento.

El cemento para Neville (2013) es “un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto” (p. 1).

Los cementos forman parte importante en la elaboración del concreto, constituyen el 5% al 15% del volumen total, una de las características resaltantes es el fraguado y edurecido bajo la presencia del agua, reacciona químicamente, por ello que se les conoce como cementos hidráulicos.

El material cementante más utilizado y fabricado en nuestro país es el cemento portland, por ello se dará a conocer sus componentes y tipos.

a. Cemento portland

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) indica que “los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen por la reacción química con el agua” (p.25).

El cemento portland se obtiene generalmente de la piedra caliza y arcilla (componentes principales), triturados, mezclados y horneados a una temperatura de 1440°C a 1550°C en grandes hornos rotatorios, de estas se obtiene el material conocido como el clinker, esferas sólidas de color oscuro, el nuevo material se

enfria para luego molerlo, antes se le añade el yeso para controlar el tiempo de fraguado, la molienda final se realiza a polvo muy fino.

b. Composición química del cemento portland

Tabla 2.

Composición químicos del cemento portland.

Compuesto	Fórmula Química	Abreviatura	Función
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(C3S)	Constituye del 50% al 70% del Clinker. Es el que produce una alta resistencia inicial del concreto su reacción con el agua desprende gran cantidad de calor (hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	(C2S)	Constituye del 15% al 30% del Clinker. Es el componente que otorga al cemento su resistencia a largo plazo, al ser lento su fraguado y muy lento su endurecimiento. Su calor de hidratación es el más bajo de los cuatro.
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	(C3A)	Constituye entre el 5% al 10% de Clinker. Libera gran cantidad de energía durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. El yeso que se agrega al cemento durante la molienda, se combina con esta compuesta para controlar el tiempo de fraguado.
Alumino ferrito tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	(C4AF)	Interviene con el 5% al 15% del Clinker. Se hidrata con rapidez, pero su contribución a la resistencia es mínima.

Fuente: Abanto, 2017.

c. Tipos de cemento portland

La fabricación de cementos portland en nuestro país está fijados por la norma NTP 334.009, la norma presenta seis tipos para satisfacer los diferentes

requerimientos y aplicaciones específicas, esta norma técnica es similar a las normas internacionales ASTM C 150 y ASTM C 1157.

Tabla 3.

Tipos de cemento portland según la Norma NTP 334.009.

TIPOS	ESPECIFICACIONES
I	Es un cemento normal de uso general, no necesita propiedades especiales de otros cementos.
II	Cementos usados necesariamente para prevenir el ataque de los sulfatos, por ejemplo, se usan en estructuras expuestas al suelo o agua subterránea.
II (MH)	Cementos de uso general, particularmente cuando se desea un moderado calor de hidratación y para controlar el ataque de los sulfatos.
III	Cementos que ofrecen altas resistencias iniciales, en aproximadamente una semana.
IV	Cemento usado para minimizar el calor generado por la hidratación.
V	Cementos empleados para estructuras expuestas al ataque severo de los sulfatos

Fuente: Norma NTP 334.009, 2016.

d. Tipos de cemento portland mezclados o adicionados

Los cementos portland adicionados se fabrican para mejorar las propiedades de esta, generalmente de puzolana y escoria. La fabricación de los cementos Portland adicionados están reglamentados por Norma la NTP 334.090, nombra a 6 tipos que se mencionan y se detallan su uso en la tabla 4 y los cementos portland reglamentados por la Norma NTP 334.082, especificación de la performance, se mencionan en la tabla 5.

Tabla 4.*Tipos de cemento portland mezclados o adicionados según la Norma NTP 334.090.*

TIPOS	ESPECIFICACIONES
IP	Los cementos portland puzolánicos se usan en construcciones en generales de concreto.
I (PM)	Los cementos Portland modificados con puzolana, se usan en construcciones de concreto en general.
IS	Los cementos portland de escoria son usados para las construcciones de concreto en general, mayormente para la preparación de mortero.
I (SM)	Los cementos portland modificados con escoria se le emplean para construcciones de concreto en generales.
P	Los cementos portland puzolánicos son utilizados para las construcciones de concreto en general, en particular cuando se requieran bajas resistencias a la compresión.
ICo	Los cementos portland compuestos pueden ser empleados para las construcciones de concreto en general.

Fuente: Norma NTP 334.090, 2001.

Tabla 5.*Tipos de cemento portland mezclados o adicionados según la Norma NTP 334.082.*

TIPOS	ESPECIFICACIONES
GU	El cemento portland adicionado es de uso general.
MS	El cemento empleado para prevenir el ataque moderado de los sulfatos.
HE	El cemento de una alta resistencia en edades tempranas.
HS	El cemento usado en concretos expuestos a un ataque severo de sulfatos.
MH	El cemento usado en concretos que requiere un calor de hidratación moderado.
LH	El cemento usado en concretos que requiere un mínima calor de hidratación.

Fuente: Norma NTP 334.082, 2000.

2.2.2.3 Agua.

El agua es un componente indispensable para elaboración del concreto, primeramente, para la hidratación del cemento y posteriormente en el curado, para Kosmatka, *et al.* (2004) se puede usar para la elaboración de una mezcla cualquier agua potabilizada y que sea transparente (sin color u olor).

Hay que prestar especial atención a la calidad del agua, el contenido de sustancias dañinas puede ocasionar anomalías en el concreto, este tiene que estar dentro de los parámetros de la Norma NTP 339.088, estos requisitos son válidos para agua de mezcla y curado.

2.2.2.4 Aditivos.

El aditivo según el comité ACI C 116 (s.f.) es “material que se muele junto con un cemento hidráulico o se mezcla en cantidades limitadas con el mismo, ya sea como “aditivo de procesamiento” para facilitar la fabricación o manipuleo del cemento o como “aditivo funcional” para modificar las propiedades del producto final” (p. 5).

El uso de los aditivos en las obras es beneficioso tanto físicamente y económicamente con respecto al concreto, el costo del mismo en ocasiones no son económicos pero su empleo puede ahorrar más de los que se piensa.

Hay que prestar atención a lo que indica Neville (2013) en su libro de tecnología del concreto, los aditivos son empleandos para el beneficio del concreto, pero de ninguna manera repara las mezclas mal diseñadas, no arregla la mala calidad de los agregados, o para mal manejo del proceso constructivo del concreto como el transporte, colocación, compactación y protección.

2.2.2.4.1 Clasificación de aditivos.

La Norma ASTM C 494, los clasifica según la función que cumplen en el concreto.

Tabla 6.

Tipos de aditivos clasificadas por la Norma ASTM C 494.

TIPOS	ESPECIFICACIONES
A	Aditivos reductores de agua, la función que cumple es reducir el contenido de agua de la mezcla, usualmente en 5% a 10%.
B	Aditivo retardante de fragua, la aplicación hace que el endurecimiento del concreto sea lento.
C	Aditivo acelerante de fragua, la función es desarrollar la resistencia temprana del concreto.
D	Aditivo reductor de agua y retardante, la función que cumplen es reducir el agua y normalmente retarda el endurecimiento del concreto de 1 a 3 horas.
E	Aditivo reductor de agua y acelerante, la función que cumple es como lo indica el nombre del aditivo.
F	Aditivo súper reductor de agua o superfluidificantes.
G	Aditivo súper reductor de agua y retardador, o superfluidificantes y retardantes.

Fuente: Norma ASTM C 494, 2017.

2.2.3. Propiedades principales del concreto.

2.2.3.1. Las principales propiedades del concreto fresco.

a. La trabajabilidad. - para Kosmatka, *et al* (2004) la trabajabilidad “es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoques frescos que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para el mezclado, colocación, moldeo y acabado” (p.403).

La forma más conocida de medir la trabajabilidad es realizando la prueba de revenimiento (Slump), el equipo usado para estas pruebas es el cono de abrams

- b. La segregación.** - para abanto (2017) la segregación es la separación de los diferentes componentes del concreto fresco, por lo general los agregados gruesos o pesados desciende al fondo de la mezcla y los finos tienden a subir a la superficie. Esto es el resultado de un mal diseño de mezcla (sin uniformidad).
- c. La exudación.** - esta propiedad también es conocido como sangrado, ocurre cuando el agua de la mezcla del concreto fresco asciende a la superficie, provocado por el asentamiento de los constituyentes sólidos de la mezcla.
- d. La contracción.** - es cuando la resistencia a la tensión del concreto es sobrepasada por los esfuerzos de tensión producidos o desarrollados dentro del material y esto produce agrietamientos. Hay que entender que el concreto de todas maneras se contrae y hay que prevenir la figuración.

2.2.3.2. Las principales propiedades del concreto endurecido.

- a. La elasticidad.** - el concreto como otros materiales es elástico en un grado menor, el material tiene la capacidad baja para deformarse y volver a su estado inicial por la aplicación y retiro de fuerzas o esfuerzos.
- b. La resistencia.** - es la propiedad más importante desde el punto de vista estructural, la resistencia se puede conceptualizar como la aptitud del concreto endurecido para sostener fuerzas, cargas o esfuerzos, se conoce que la mejor capacidad de resistencia del material es a la compresión y en un porcentaje menor a la tracción.
- c. La extensibilidad.** - para Pasquel (1998) la extensibilidad es la deformación sin causar agrietamiento, esto es una cualidad del concreto, sucede cuando la deformación corresponde dentro del máximo esfuerzo del material.

2.2.4. Curado del concreto.

El curado es el procedimiento para fomentar la hidratación del cemento, este pueda desarrollar todas sus propiedades y reaccionar químicamente con la presencia del agua, el proceso comienza inmediatamente después de haber colocado y acabado el concreto, el buen curado hace que se obtenga un concreto de mayor durabilidad, resistente, impermeable, resistente a la abrasión y estable.

Para Neville (2013) es importante “más específicamente, el objetivo del curado es mantener saturado el concreto, o tan cercanamente saturado como sea posible, hasta que el espacio original llenado con agua de la pasta de cemento fresco se haya llenado en el grado deseado por los productos de hidratación del cemento” (p. 219).

2.2.4.1 Métodos de curado.

Existen varios métodos, materiales y procesos de curado, la utilización de estos métodos depende de las condiciones climáticas, tamaño de obra, forma y posición de los elementos de concreto y obras de arte especiales.

El objetivo de los diferentes métodos de curado es la misma, mantener húmedo el concreto y una temperatura favorable, se puede clasificar los métodos como curadores húmedos (agua) y curadores con membrana (selladores).

a. Curado con agua

Este método el más común y el que la gran mayoría de constructores, ejecutores y profesionales lo practican. Se señalan a continuación los tipos de curados con agua más utilizados.

a.1. Anegamiento o inmersión

El método de anegamiento es aplicable en estructuras planas, cerrando los bordes se puede almacenar agua, el método de inmersión consiste en sumergimiento total del elemento del concreto, se aplica para las muestras o probetas.

a.2. Rociado de niebla o aspersion

Normalmente se practica este método de curado en las obras, se utilizan rociadores de jardín y mangueras con esto se mojan toda la superficie de concreto, se aplican como niebla o llovizna fina, la desventaja de este método puede estar en el costo de adquisición de mangueras o rociadores.

a.3. Coberturas húmedas

Se usan mantas, costales, telas, yutes y alfombras de algodón u otro material que tenga la capacidad de retener agua de las superficies horizontales y verticales del concreto.

a.4. Curado con tierra

Se realizan en pequeñas estructuras de concreto, como podían ser las losas deportivas, veredas o pistas. Es necesario que la tierra no sea muy fina.

a.5. Arena y aserrín

La utilización de este método puede ser desventajosa, por la razón de que tienen la posibilidad de decoloración del concreto y además las partículas finas podrían alojarse en el material curado.

b. Materiales selladores

En estos métodos la finalidad principal es impedir la pérdida rápida de humedad por evaporación del concreto.

b.1. Película plástica

El Comité ACI 308 (1992) indica que la película de polietileno debe cumplir los parámetros de la Norma ASTM C171, se señala en ellas un espesor de 0.10 mm de superficie lisa, de color blanco o transparente.

No son buenos para estructuras de concreto que necesitar algún acabado como podría ser las vigas, columnas, losas y similares, por que deja una capa de plástico que no permite la adherencia entre concretos.

b.2. Papel impermeable

Este método es efectivo para estructuras de concreto en posiciones horizontales y planas, El Comité ACI 308 (1992) señala que el material indicado debe cumplir los parámetros de la Norma ASTM C 171, el papel impermeable esta constituido por dos hojas de papel kraft pegadas entre sí por un adhesivo bituminoso reforzado con fibras.

b.3. Compuestos líquidos para formar membranas de curado

El Comité ACI 308 (1992) señala que son compuestos formadores de membranas, y estas pueden ser líquidos como las ceras, resinas u otro material que pueda impedir la salida o evaporación de humedad del concreto.

Las dosificaciones por la superficie de concreto se mencionan en la norma ASTM C 309, en las cuales se hace la referencia a los valores usuales que oscilan de 0.20 a 0.25 litros por metro cuadrado. Se realiza en doble aplicación, perpendicular de una a la otra, para lograr una cobertura completa.

2.2.5. Curadores Químicos.

Los curadores químicos para Pasquel (1998) es un aditivo que no reaccionan con el cemento, no se le añade en la preparación del concreto, sin embargo se le aplica en toda la superficie una vez que es vaciado el material, de esta manera impide la evaporación del agua.

En nuestro país existen fabricantes de estos aditivos y presentan sus productos en variedades excelentes. Para conocer la efectividad de los curadores se debe aplicar los requerimientos de las normas que señalan, realizar pruebas con la obtención de probetas cilíndricas de concreto, deben ensayarse a los 28 días

Los tipos de curadores químicos se dividen básicamente en dos, en ambos casos la colocación del producto se debe realizar con un aspersor o brocha.



Figura 2. Los compuestos líquidos formadores de películas.

Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004.

2.2.5.1 Curador Químico Sika Cem Curador.

“Es un compuesto de curador 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 Perú S.A., 2014, p.1).

Tabla 7.

Hoja Técnica Sika Cem Curador

Sika Cem Curador	
Usos	Sika Cem Curador es indicado para todo tipo de concreto expuesto a la intemperie, tales como: <ul style="list-style-type: none">- Techos- Losas o pisos- Vigas y/o columnas- Veredas- Canales de riego- Carretas- Puentes- Construcciones en general del concreto
Características / ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Reducir el riesgo de figuración 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 (7 días) y la mano de obra.- Después de 3 horas de aplicado, Sika Cem Curador no es afectado por las lluvias y su efecto se mantiene durante 3 semanas mínimo.
Detalle de aplicación	Dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente de la velocidad del viento, el rendimiento es de 5 m ² por litro de Sika Cem Curador 0.2 L/m ²
Método de aplicación	Sika Cem Curador se aplica sobre la superficie del concreto fresco, una vez que haya adquirido una tonalidad opaca superficialmente, es decir en cuanto haya evaporado el exceso de agua de mezcla, el tiempo que puede estar entre media hora y tres horas después de finalizada su colocación, dependiente del viento y la temperatura ambiente. Se debe agitar el contenido de los envases antes de su aplicación. Es recomendable el uso de pulverizadores (fumigadoras) para su uso y rendimiento óptimo, masa Sika Cem Curador puede ser aplicado con brocha o rodillo.

Fuente: Sika Perú S.A., 2014.

2.2.5.2 Curador Químico Membranil Reforzado.

“Membranil Reforzado es un líquido de curado a base de polímero acrílico especialmente aditivado que lo hace formar una membrana impermeable de alta retención de agua sobre el concreto fresco, evitando que esta se evapore proporcionando una hidratación adecuada del concreto” (Chems Maters del Perú, 2017, p.1)

Tabla 8.

Hoja Técnica Membranil Reforzado

Súper Curador Chema	
Usos	Para el curado de concreto fresco en toda clase de superficies como calzadas, veredas, techos, carreteras, diques, revestimientos de canales, losas, columnas, vigas, placas, cubiertas de puentes, estacionamientos, vías peatonales, etc.
Características / ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Forma una película de lata retención de agua.- Con una sola aplicación reemplaza al curado tradicional que se realiza por 7 días con agua.- Prolonga la hidratación del concreto evitando la formación de fisuras por un secado prematuro.- No se necesita de mano de obra especializada, se aplica fácilmente con mochila aspersora.- Permite desarrollar las resistencias a la flexión y compresión deseadas.- Adecuado color blanco lechoso en húmedo que permite distinguir las partes cubiertas.
Detalle de aplicación	Se recomienda aplicar 15 m ² /gal. Como máximo para garantizar un espesor de película adecuado. Agitar el envase antes de usar. El momento ideal para aplicar es inmediatamente después que haya desaparecido la exudación de la superficie o después de haber desencofrado.
Método de aplicación	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.

Fuente: Chems master del Perú S.A., 2017

2.2.6. Diseño y dosificación de mezclas de concreto.

2.2.6.1 Introducción.

Para Kosmatka, *et al.* (2004) “el proporcionamiento (dosificación) de la mezcla se refiere al proceso de determinación de las cantidades de los ingredientes del concreto, usando materiales locales, para que se logren las características especificadas” (p. 185).

2.2.6.2 Procedimientos generales para el diseño de mezclas.

Se deben conocer las necesidades de la estructura para el que se diseña, de esta manera se realiza la selección de las características del concreto, tipo y forma de elemento, condiciones de exposición al ambiente y resistencias mecánicas. Generalmente los pasos a seguir para un diseño de mezclas es como sigue:

- a. Estudio de las condiciones y especificaciones requeridas.
- b. Selección de la resistencia a compresión (f'_c) a los 28 días.
- c. Elección del revenimiento (asentamiento).
- d. Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- e. Estimación del contenido de agua.
- f. Estimación del contenido de aire.
- g. Selección de la relación agua-cemento (a/c).
- h. Cálculo del contenido de cemento.
- i. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- j. Correcciones por humedad y absorción.
- k. Diseño de proporciones en peso.
- l. Diseño de proporciones en volumen.

Para la selección de las proporciones del concreto existen varios métodos, es como Rivva (2010) detalla en su libro de diseño de mezclas; el método del comité 211 del ACI, método de Walker, método de módulo de fineza de la combinación de agregados, diseño por la relación agua-cemento, diseño por la mezclas de prueba, diseño del concreto para pisos y diseño de mezclas con hormigón como agregado.

2.2.7. Resistencia del concreto.

2.2.7.1 Resistencia a la compresión.

Pasquel (1998) “la resistencia en compresión del concreto f'_c es el parámetro de referencia más difundido tanto a nivel de diseño estructural cuanto en tecnología del concreto para evidenciar las características resistentes y la calidad de un concreto” (p. 145).

Normalmente la resistencia a la compresión se cuantifica a los 3, 7, 14 y 28 días de vaciado, se determinan en probetas de dimensiones interiores 150 mm de diámetro y 300 mm de altura.

2.2.7.2 Resistencia a la tensión.

Rivera (2015) indica que el concreto posee una baja resistencia a la tensión y reviste de menor interés en el diseño de estructuras normales, pero debería tomarse en cuenta por que la tensión está directamente relacionada con el agrietamiento, ya sea por contracción inducida por el secado o cambio de temperatura.

La prueba de tensión, por su complejidad y el poco uso de las mismas dio lugar a las pruebas de compresión. “La resistencia nominal a la compresión es de 8K, es decir, 8 veces la resistencia a la tensión determinada en una prueba de tensión directa” (Neville, 2013, p. 200).

2.2.7.3 Resistencia a la flexión.

“Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado $f'c$, esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad” (Torre, 2004, p. 85).

La medida de la resistencia a la flexión del concreto es conocida como módulo de rotura (MR), es de interés para el diseño de pavimentos de concreto.

2.2.8. Ensayos en el concreto.

2.2.8.1 Pruebas en el concreto fresco.

a. Consistencia del concreto fresco

Este ensayo también es conocido como medición del revenimiento (asentamiento) del concreto, el equipo usado para realizar esta prueba es el cono de abrams. La consistencia del concreto se determina dentro de los parámetros que exige la Norma NTP 339.035.

Tabla 9.

Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento.

Descripción de trabajabilidad	Revenimiento (mm)
Sin revenimiento	0
Muy baja	5 -10
Baja	15 – 30
Media	35 – 75
Alta	80 – 155
Muy alta	160 hasta colapso

Fuente: Neville, 2013.

b. Peso unitario

Este ensayo es importante realizarlo en su estado fresco, permite evaluar los datos para realizar correcciones en el diseño de mezclas de prueba. Según el peso unitario se puede clasificar en tres clases de concreto: liviano, normal y pesado.

El calculo del peso unitario del concreto es determinado por el peso dividido por unidad de volumen del concreto (kg/m^3), el peso unitario promedio es de 2350 kg/m^3 , las pruebas deben realizarse con una aproximación a 1 kg/m^3 . Los ensayos estan determinados por la norma NTP 339.046.

c. Contenido de aire

Es importante realizar el ensayo de medición del contenido de aire, en especial en aquellas que se hayan incorporado intencionalmente, hay diferentes métodos para medir el contenido total de aire en un concreto fresco, se puede mencionar el método gravimétrico (el más antiguo), el método volumétrico y el método de presión (el mejor y el más usado).

El contenido de aire atrapado está condicionado por el tamaño máximo nominal del agregado grueso, oscilan entre el 1% a 3%, la aproximación de la medida de aire es de 0.1%.

d. Ensayo de temperatura

Este ensayo se desarrolla para conocer la rapidez con que se incrementa el endurecimiento inicial del concreto, la norma NTP 339.184 establece el procedimiento para determinar la temperatura del concreto en estado fresco.

Rivva (2004) menciona que no hay un método normalizado con la que se pueda medir la temperatura del concreto fresco, si se requieren realizar estas

pruebas en las obras tendrán que emplear termómetros diseñados especialmente para esta finalidad.

2.2.8.2 Ensayo en el concreto endurecido.

a. Prueba de compresión simple en probetas cilíndricas de concreto

La Norma NTP 339.034 (2008) indica que “el método es aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla” (p. 3).

El ensayo es bastante conocido y sencillo de realizarlo, la resistencia a la compresión del cilindro se calcula dividiendo la carga máxima aplicada y el área de la sección transversal, en unidades de kg/cm^2 .

b. Ensayo de tracción por flexión

Neville (2013) indica que “en estas pruebas, una simple viga de concreto (sin refuerzo) se sujeta a flexión usando carga de dos puntos y simétrica hasta que ocurra la falla. Puesto que los puntos de carga están espaciados un tercio del claro libre, la prueba es llamada prueba de carga en los tercios” (p. 415).

“La resistencia a la flexión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos vigas probadas al mismo tiempo y con una aproximación a $0,1 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ” (Rivera, 2015, p. 138).

Se realizan ensayos con las muestras (probetas) cilíndricas de concreto, este método es conocido como la prueba brasileña, determina la resistencia a la tensión de manera indirecta, consiste en colocar horizontalmente la probeta a la prensa y se aplica la carga hasta que falle por tensión.

c. Ensayo de rebote en concreto endurecido

Este ensayo corresponde a los métodos no destructivos, para (Rivva, 2004) estos ensayos “son recomendados para determinar la uniformidad del concreto; su resistencia relativa en diversos puntos de la estructura; como una ayuda para evaluar la resistencia en diversos puntos; o para seleccionar las áreas de las cuales se han de tomar testigos” (p.201).

En los ensayos de concreto endurecido resalta la prueba del martillo de rebote o el esclerómetro, este es el más antiguo y utilizado, “es esencialmente un medidor de dureza de la superficie que proporciona un medio rápido y sencillo para verificar la uniformidad del concreto. Mide el rebote de un émbolo cargado con un resorte después de golpear una superficie lisa de concreto” (Kosmatka, et al, 2004, p. 346).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Definición de comparación

Figura o recurso que se emplea para establecer relaciones de diferencia y semejanza entre dos elementos. Puede darse en grado positivo, comparativo y superlativo.

2.3.2. Definición de curadores químicos

Compuestos líquidos que se aplica con un atomizador sobre el concreto recién vaciado, evita la pérdida de agua durante su tiempo de curado. Según el (Comité ACI C 116,s.f.) lo define como “líquido que se puede aplicar en forma de recubrimiento a la superficie del hormigón fresco una vez colocado para retardar la pérdida de agua” (p. 29).

2.3.3. Definición de resistencia a la compresión

El (Comité ACI C 116, s.f.) señala como la “máxima resistencia medida de una probeta de hormigón o mortero a carga de compresión axial”(p.87).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación

Vento & Zanabria (2004) afirman “en el plan o proyecto de investigación se debe determinar adecuadamente el tipo de investigación, en función de los propósitos y de la naturaleza de los problemas que vamos a estudiar, analizar y es criterio del investigador optar por los diferentes tipos de investigación” (p. 66).

El tipo de investigación aplicada es conocida también como constructiva o utilitaria, para Sulcaray (2012) “se caracteriza por su interés en la aplicación de conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que se derivan. Esta busca conocer para hacer, actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo del conocimiento de valor universal” (p. 73).

El presente estudio pertenece a la investigación aplicada, con nivel de investigación descriptivo y luego explicativa.

3.2. Diseño de la investigación

Carrasco (2006) indica que el diseño de la investigación “es el conjunto de estrategias procedimientos y metodológicas definidas y elaboradas previamente para el desarrollar el proceso de investigación” (p.58).

Vento & Zanabria (2004) indica que la investigación descriptiva comparativa “trata de recolectar información en varias muestras con respecto a un mismo fenómeno para caracterizarlo en base a los datos recogidos” (p. 73).

La presente investigación tiene un diseño descriptivo, específicamente pertenece a la investigación descriptivo comparativo porque permite comparar atributos que presentan dos o más variables en condiciones similares o diferentes. En esta investigación se realizará rotura de probetas de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad y estas serán curadas con dos tipos de curadores químicos y se recolectarán información en cada una de las muestras.

3.3. Población y muestra

3.3.1 Población.

La población estará constituida por muestras y/o probetas cilíndricas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con los agregados y Slump conocidos, curados con agua, Sika cem curador y Membranil reforzado.

Para el cálculo de la población se consideró 9 probetas de concreto para ser curados con Sika cem curado y Membranil reforzado cada uno y para 3 edades diferentes, 15 probetas curados en agua para el control. La población para el presente estudio de investigación está conformada por 71 probetas de concreto.

3.3.2 Muestra.

La muestra fue determinada mediante la aplicación de la consiguiente fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q} \dots\dots\dots[Ecuación 1]$$

Donde:

N = Tamaño del Universo

p = Probabilidad que la hipótesis sea verdadera (50%)

q = (1-p) Probabilidad de No ocurrencia de la hipótesis

e = Error estimado (5%)

Z = Coeficiente de confiabilidad (95%, 1.96)

Reemplazado los valores en la Ecuación 1, se ha obtenido una muestra de 60 probetas para su evaluación.

Tabla 10.

Cuadro de muestra de investigación.

Descripción	Sika Cem Curador	Membranil Reforzado	Curado con agua
Rotura a los 7 días	6	6	3
Rotura a los 14 días	6	6	3
Rotura a los 28 días	12	12	6
Parcial muestra	24	24	12
Total, muestra		60	

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

- a. Análisis y recopilación de documentos:** Análisis de textos, libros especializados, normas técnicas, revistas y trabajo de investigación relacionados con el curado de concreto.
- b. Observación:** La utilización de las hojas de anotación y/o fichas de registros, fotografías o videos para evidenciar los hechos.
- c. Encuestas:** Aplicación de cuestionarios sobre la utilización de aditivos curadores de concreto a las personas involucradas en el área de la construcción.
- d. Procesamiento de datos:** Los datos obtenidos son sistemáticos, seleccionados y procesados con la utilización del software Microsoft Excel 2013, presentados en forma resumida en tablas y cuadros.
- e. Equipos de laboratorio de concreto:** Comprende los equipos de laboratorio de ensayo y resistencia que están limitados por la norma NTP 339.034.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Ensayo de los agregados

Se tomó muestras de piedra chancada y arena gruesa de la cantera marón, para poder efectuar los ensayos granulometría y propiedades físicas en laboratorio.

4.1.1.1 Análisis granulométrico

La composición granulométrica se determinó utilizando los tamices especificados en la NTP 400.012.

a. Agregado grueso

La cantidad de la muestra es realizada de acuerdo a MTC E 201. Corresponde a 9 kg aproximadamente para el tamaño nominal del agregado.

Los tamices seleccionados según norma, se encajan en orden decreciente, por el tamaño de la abertura cuadrada. En el tamiz superior se vierte la muestra y se efectúa el tamizado de forma manual durante un tiempo adecuado.

El agregado que se retiene en el tamiz correspondientes es pesado, y el resultado se presenta en la tabla 11 y el módulo de finura es 7.233.

Tabla 11.

Análisis granulométrico por tamizado de agregado grueso

TAMIZ		Peso Retenido		%	
Denominación	mm	gr	Retenido	Pasante	
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	2350.00	25.98	74.02	
1/2"	12.70	4975.00	55.00	19.02	
3/8"	9.53	1488.00	16.45	2.58	
N° 4	4.76	225.00	2.49	0.09	
N° 8	2.38	8.00	0.09	0.00	
N° 16	1.19	0.00	0.00	0.00	
N° 30	0.590	0.00	0.00	0.00	
N° 50	0.279	0.00	0.00	0.00	
N° 100	0.149	0.00	0.00	0.00	
N° 200	0.074	0.00	0.00	0.00	
Sumatoria (gr)		9046.00			

Fuente: Elaboración propia.

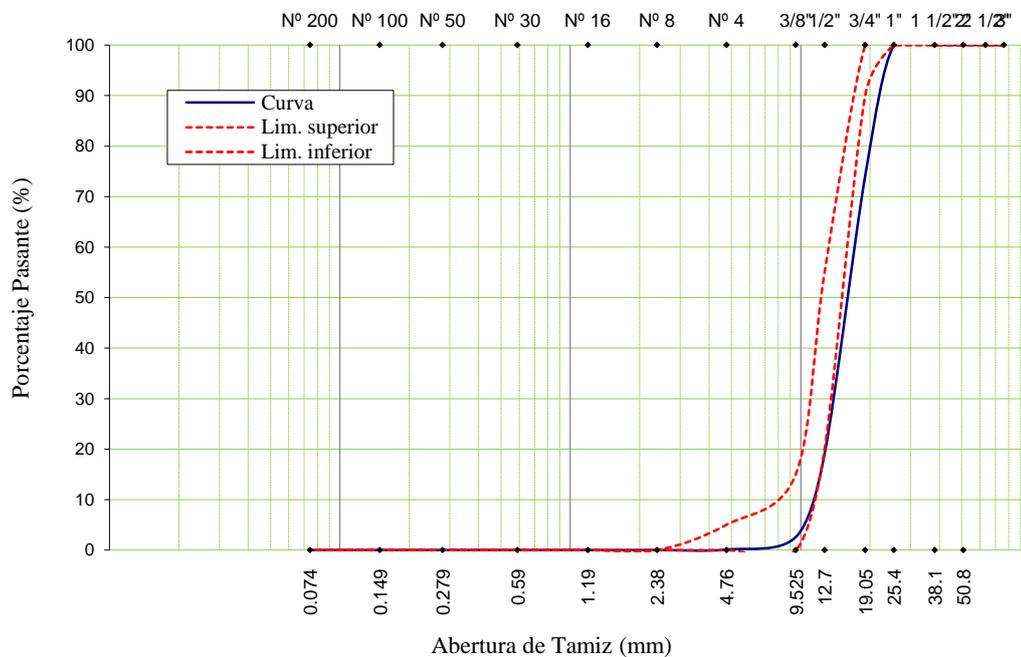


Figura 3. Curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

b. Agregado fino

Para el ensayo de la granulometría del agregado fino, se utilizó la cantidad de 600 gr aproximadamente, esta cantidad cumple lo establecido por el MTC E 210 para realizar el estudio correspondiente.

Se realiza la selección de los tamices según la norma y se encajan de manera decreciente (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200).

Se vierte la muestra en el tamiz superior y se realiza el tamizado manualmente durante un tiempo prudente. Las muestras que se retienen en cada malla es pesado, y los resultados se muestran en la tabla 12 y el módulo de finura es de 2.94.

Tabla 12.

Análisis granulométrico por tamizado de agregado fino

TAMIZ		Peso Retenido		%	%
Denominación	mm	gr.	Retenido	Pasante	
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.76	20.00	3.40	96.60	
N° 8	2.38	100.00	16.98	79.63	
N° 16	1.19	120.00	20.37	59.25	
N° 30	0.590	120.00	20.37	38.88	
N° 50	0.279	100.00	16.98	21.90	
N° 100	0.149	74.00	12.56	9.34	
N° 200	0.074	30.00	5.09	4.24	
Sumatoria (gr)		589.00			

Fuente: Elaboración propia.

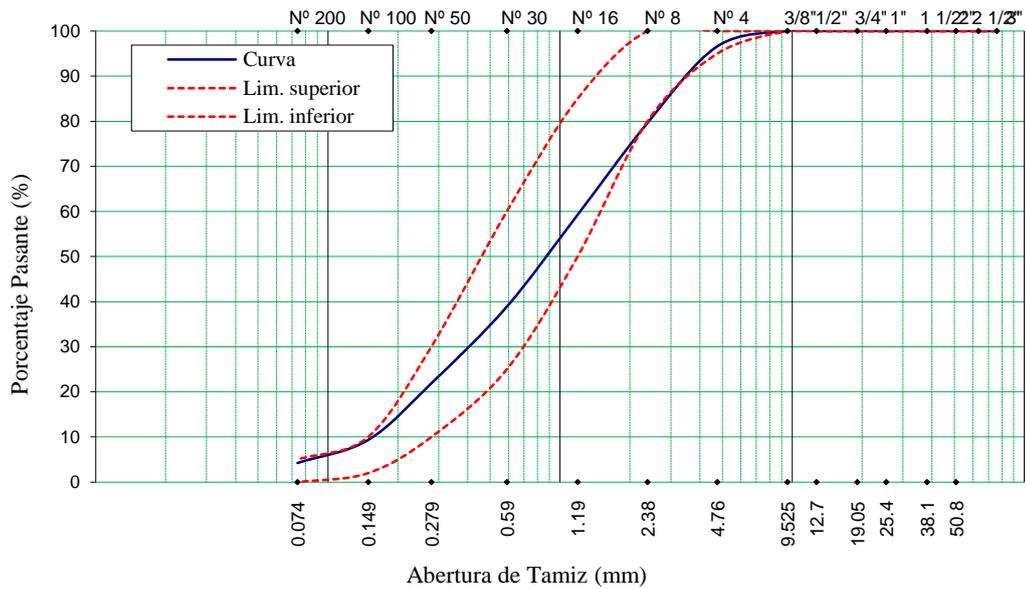


Figura 4. Curva granulométrica de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2 Peso unitario

Para la ejecución del ensayo se sigue los procedimientos indicados en la NTP 400.017. La cantidad de la muestra de los agregados son regidas según el volumen del recipiente que requiere.

El peso unitario apisonado y/o compactado, se obtiene por el llenado de tres partes del recipiente y mediante 25 golpes distribuidos por toda la superficie, esto por cada capa. Esto molde con muestra se pesa.

El peso unitario suelto, se obtiene con el llenado del recipiente de medida hasta rebosar y se determina el peso del recipiente más su contenido.

Para nuestro caso, con el fin de facilitar los cálculos, primero se pesa el molde vacío en la balanza y se presiona la opción de tara.

a. Agregado grueso

Tabla 13.

Peso unitario del agregado grueso

Descripción		Agregado Grueso	
		suelto	varillado
Peso Molde	<i>gr</i>	0.00	0.00
Volumen Molde	<i>cm³</i>	3239.10	3239.10
Peso Muestra + Molde	<i>gr</i>	4550.00	4990.00
Peso Unitario	<i>(gr/cm³)</i>	1.405	1.541

Fuente: Elaboración propia.

b. Agregado fino

Tabla 14.

Peso unitario del agregado fino

Descripción		Agregado Fino	
		suelto	varillado
Peso Molde	<i>gr</i>	0.00	0.00
Volumen Molde	<i>cm³</i>	3239.10	3239.10
Peso Muestra + Molde	<i>gr</i>	4690.00	4901.00
Peso Unitario	<i>(gr/cm³)</i>	1.448	1.513

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 Humedad natural

Para la ejecución de éste ensayo se referencio en la NTP 339.185, los resultados realizados de los agregados gruesos y finos se muestran en las tablas 15 y 16 respectivamente.

Tabla 15.*Humedad natural del agregado grueso*

Descripción	Und.	Agregado Grueso
Recipiente	Nº	1
Peso Recipiente	gr	0.00
Peso Recipiente + Muestra húmeda	gr	3520.00
Peso Recipiente + Muestra seca	gr	3508.00
Humedad	%	0.34
Humedad Promedio	%	0.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.*Humedad natural del agregado fino*

Descripción	Und.	Agregado Fino
Recipiente	Nº	2
Peso Recipiente	gr	0.00
Peso Recipiente + Muestra húmeda	gr	607.00
Peso Recipiente + Muestra seca	gr	589.00
Humedad	%	3.06
Humedad Promedio	%	3.06

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.4 Gravedad específico y absorción de los agregados

El ensayo para el agregado grueso y fino este reglamentado por la NTP 400.021 y 400.022, se muestra en la tabla 17 y 18 respectivamente.

Tabla 17.*Gravedad específica y absorción del agregado grueso*

Descripción	Und.	Agregado Grueso
Peso muestra sumergida	gr	947.00
Peso muestra húmeda (Sup. Seca)	gr	1542.00
Peso muestra seca	gr	1520.00
Gravedad Específica	gr / cm ³	2.592
Absorción	%	1.45
Gravedad Específica	gr / cm ³	2.592
Absorción (valor promedio)	%	1.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.*Gravedad específica y absorción del agregado fino*

Descripción	Und.	Agregado Fino
Peso muestra húmeda (Sup. Seca)	gr	250.00
Peso muestra seca	gr	246.08
Peso muestra + matraz + agua	gr	549.01
N° de Fiola		1
Temperatura de agua en fiola	°C	25.00
Peso matraz + agua	gr	394.80
Gravedad Específica	gr / cm ³	2.610
Absorción	%	1.59
Gravedad Específica (valor promedio)	gr / cm ³	2.610
Absorción (valor promedio)	%	1.59

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.5 Módulo de finura de los agregados**a. Agregado grueso****Tabla 19.***Módulo de fineza del agregado grueso*

Tamiz	Peso Retenido	%Retenido	%Acumulado	%Pasante	Mod. Fineza
2	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3/4	2350.00	25.98	25.98	74.02	25.98
1/2	4975.00	55.00	80.98	19.02	80.98
3/8	1488.00	16.45	97.42	2.58	97.42
N° 4	225.00	2.49	99.91	0.09	99.91
N° 8	8.00	0.09	100.00	0.00	100.00
N° 16	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N° 30	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N° 50	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N° 100	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
< N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	
Sumatoria	9046.00				723.31

Fuente: Elaboración propia.

b. Agregado fino

Tabla 20.

Módulo de fineza del agregado fino

Tamiz	Peso Retenido	%Retenido	%Acumulado	%Pasante	Mod. Fineza
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 4	20.00	3.40	3.40	96.60	3.40
N° 8	100.00	16.98	20.37	79.63	20.37
N° 16	120.00	20.37	40.75	59.25	40.75
N° 30	120.00	20.37	61.12	38.88	61.12
N° 50	100.00	16.98	78.10	21.90	78.10
N° 100	74.00	12.56	90.66	9.34	90.66
N° 200	30.00	5.09	95.76	4.24	
< N° 200	25.00	4.24	100.00	0.00	
Sumatoria	589.00	100			294.40

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de Módulo de fineza, se estableció como indica Torre (2004) que el criterio ha sido establecido en el año 1925 por Duff Abrams, la utilización de la Ecuación 2 a partir de las granulometrías de los agregados, es aplicado a los agregados gruesos y finos según corresponda.

$$MF = \frac{\sum \%ra(1 \frac{1}{2}" , \frac{3}{4}" , \frac{3}{8}" , N 4, N 8, N 16, N 30, N 50 \text{ y } N 100)}{100} \dots\dots\dots [Ecuación 2]$$

Donde:

MF = Módulo de fineza

$\sum\% ra$ = Sumatoria del porcentaje retenido acumulado

4.1.2. Diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

4.1.2.1 Diseño de mezclas por el método ACI 211

Tabla 21. Características físicas y volumétricas de los agregados para el diseño

Propiedades Físicas		Agregado Grueso	Agregado Fino
Tamaño Máximo Nominal	plg.	3/4	
Módulo de Fineza		7.23	2.94
Peso Específico	gr/cm ³	2.592	2.610
Peso Unitario (Suelto)	gr/cm ³	1.405	1.448
Peso Unitario (Varillado)	gr/cm ³	1.541	1.51
% Humedad Natural	%	0.34	3.06
% Absorción	%	1.45	1.59

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros para el diseño de concreto:

- Resistencia a compresión ($f'c$): 210 kg/cm^2
- Resistencia promedio ($f'cr$): 275 kg/cm^2
- Cemento: YURA Tipo 1P
- Peso específico del cemento: 2.87 gr/cm^3
- Revenimiento/SLUMP: 3" – 4"
- Tamaño máximo nominal de grava: $\frac{3}{4}$ "
- Aire atrapado: 2.00 %
- Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto: 0.61 kg/m^3
- Agua: 205 l/m^3

Tabla 22.*Dosificación de mezcla de concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Materiales para 1m³ de concreto				
Materiales		Volumen Absoluto (m ³)	Peso Especifico	Peso (kg)
Agua		0.205	1000	205.000
Cemento		0.122	2870	350.427
Aire		0.020		
Agregado Grueso		0.360	2592	932.962
Agregado Fino		0.293	2610	764.445
Corrección por humedad y absorción				
Materiales		Volumen Aparente (m ³)	Peso Unitario	Peso (kg)
Agua		0.204	1000.0	204.128
Cemento		0.234	1500.0	350.427
Agregado Grueso		0.666	1405	936.154
Agregado Fino		0.544	1448	787.807
Dosificación para una bolsa de cemento				
Dosificación	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
En Peso	1.00	2.25	2.67	0.58
En Volumen (ft ³)	1.00	2.33	2.85	0.87
Peso por una Bolsa	42.50	95.55	113.54	24.76

Fuente: Elaboración propia.

Por el diseño realizado de acuerdo a la secuencia del método del comité 211 del ACI, la relación agua/cemento es 0.59 y se tiene un factor cemento de 8.25 bolsas/m³.

4.1.3. Resultado de ensayos para determinar la resistencia a la compresión

Para la elaboración y curado de las probetas cilíndricas de concreto, se ha seguido los procedimientos establecidos en la NTP 339.033. El ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto se realizó según lo indicado por la NTP 339.034.

La tabla A7, A8 y A9 muestra los ensayos de compresión de testigos de concreto realizados para esta investigación, en la tabla 21 se observa el promedio del ensayo de compresión, a los 7, 14, 28 días, según el curador que se aplicó.

Tabla 23.

Promedio de resistencia a compresión $f_c = 210\text{kg/cm}^2$

Descripción	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)					
	7 días	%	14 días	%	28 días	%
Sumergido en agua	163	78	192	91	210	100
Curador Membranil Reforzado	127	60	151	72	167	80
Sika Cem Curador	116	55	145	69	165	79

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Contratación de hipótesis

4.2.1 Hipótesis general

Para la contratación de la hipótesis se apoyará con el Reglamento Nacional de Edificaciones, indica que la resistencia del concreto se considera satisfactorio y/o bueno cumpliendo dos requisitos:

NTE E060 (2009) “Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f_c y ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que f_c en más de 35 kg/cm^2 cuando f_c es 350 kg/cm^2 o menor” (p.30).

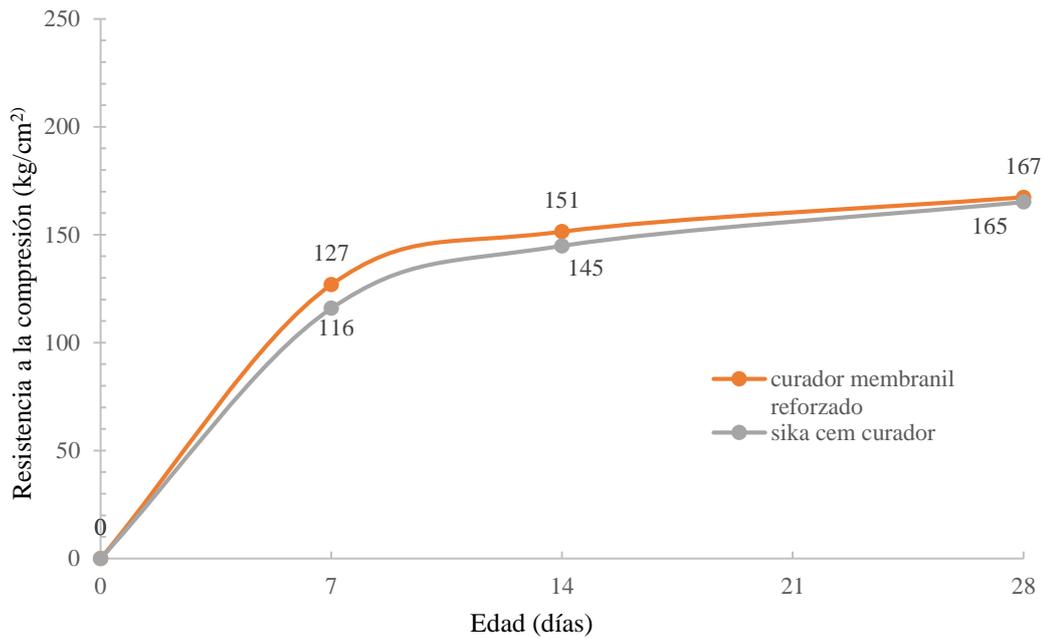


Figura 5. Comparación de la resistencia a la compresión curado con aditivos

Fuente: Elaboración propia.

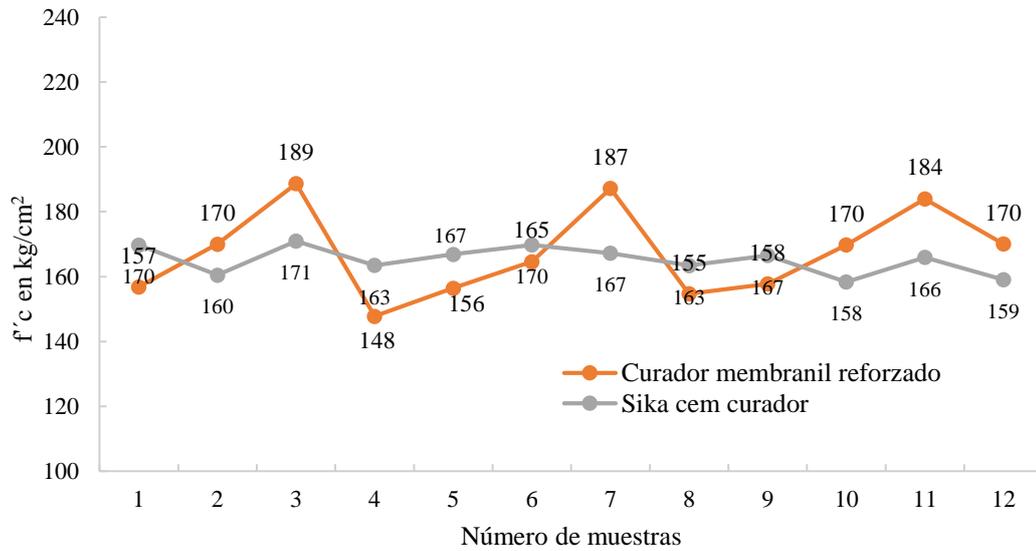


Figura 6. Resultados de la Resistencia a los 28 días de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia.

La contrastación de la hipótesis general: en la figura 6 se observa que el curador químico Membranil Reforzado tiene una ligera efectividad con respecto a Sika Cem Curador a los 7 y 14 días, mientras a 28 días la diferencia se reduce a dos

unidades, se puede apreciar en la tabla 7, con esto se determina que el curador químico de la línea Chema muestra una mejor resistencia.

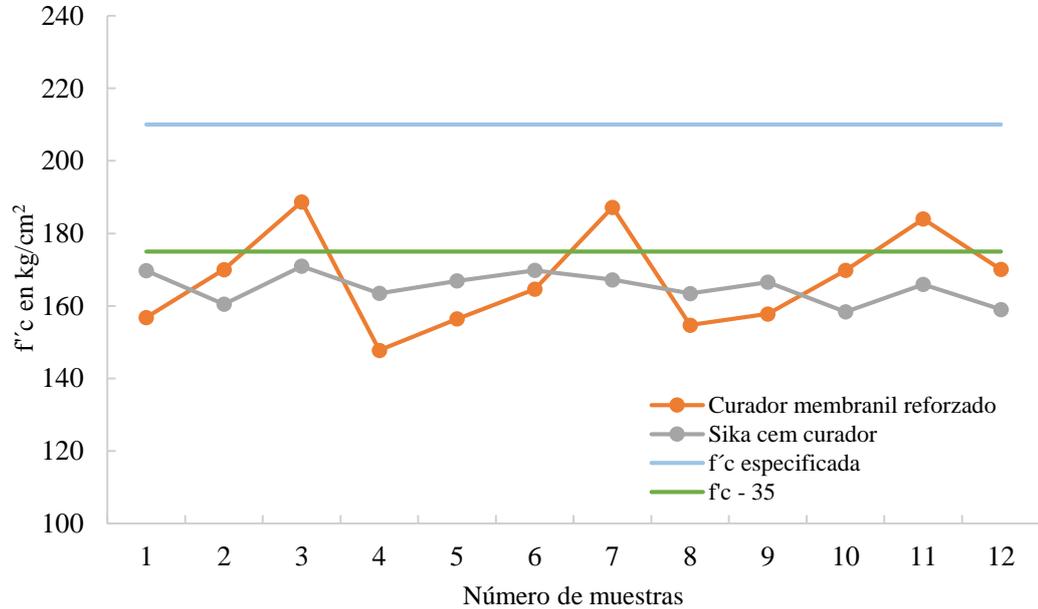


Figura 7. Resultado de las resistencias alcanzados a los 28 días

Fuente: Elaboración propia.

También se puede observar en la figura 8, las resistencias alcanzados a los 28 días, no son satisfactorios, recordando que la resistencia requerida es $f'c=210$ kg/cm^2 y lo que se obtiene es 167 y 165 kg/cm^2 , existe una diferencia de 45 y 47 kg/cm^2 respectivamente.

4.2.1 Hipótesis derivadas

Para la contrastación de la hipótesis específica 01 se recurre a la figura 9, en donde las muestras curados con el aditivo Sika Cem Curador se compara con las sumergidas en agua, para un concreto $f'c=210$ kg/cm^2 .

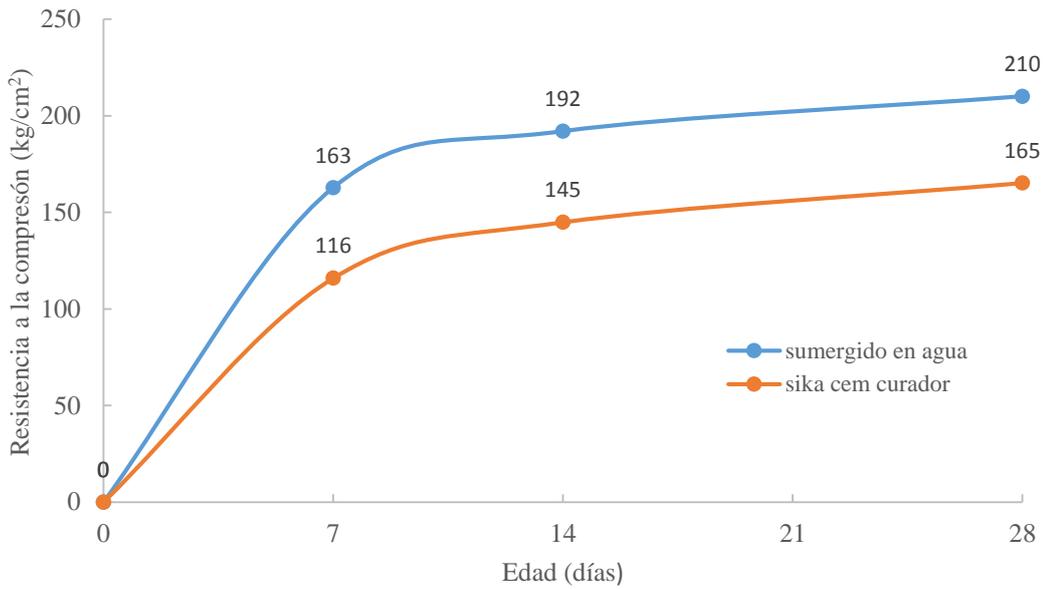


Figura 8. Comparación de la resistencia a la compresión (curado con agua-sika cem curador)

Fuente: Elaboración propia.

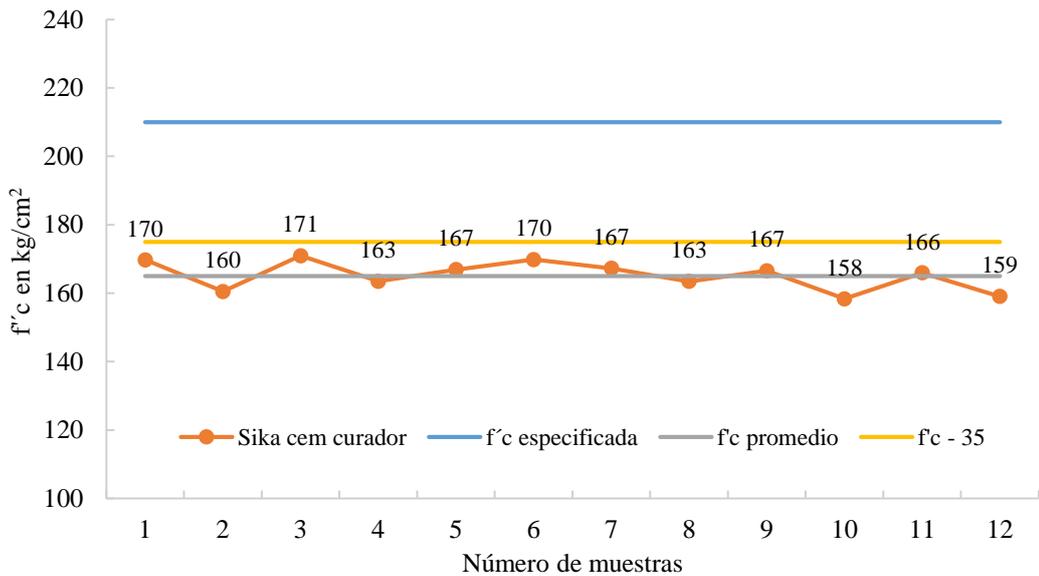


Figura 9. Resultado de la resistencia del concreto a los 28 días curado con sika sem curador

Fuente: Elaboración propia.

Contrastación de la hipótesis específica 01, la figura 9 muestra que las probetas sumergidas en el agua llegan a la resistencia deseada, mientras las que fueron curadas con Sika Cem Curador tiene una baja resistencia a lo requerido, Se

observa que la diferencia es en todas las edades. Con esto se retira lo tanteado anteriormente en la hipótesis específica 01.

Para la contrastación de la hipótesis específica 02 se apoya en la figura 11, en donde las muestras curados con el curador Membranil Reforzado se compara con las sumergidas en agua, para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

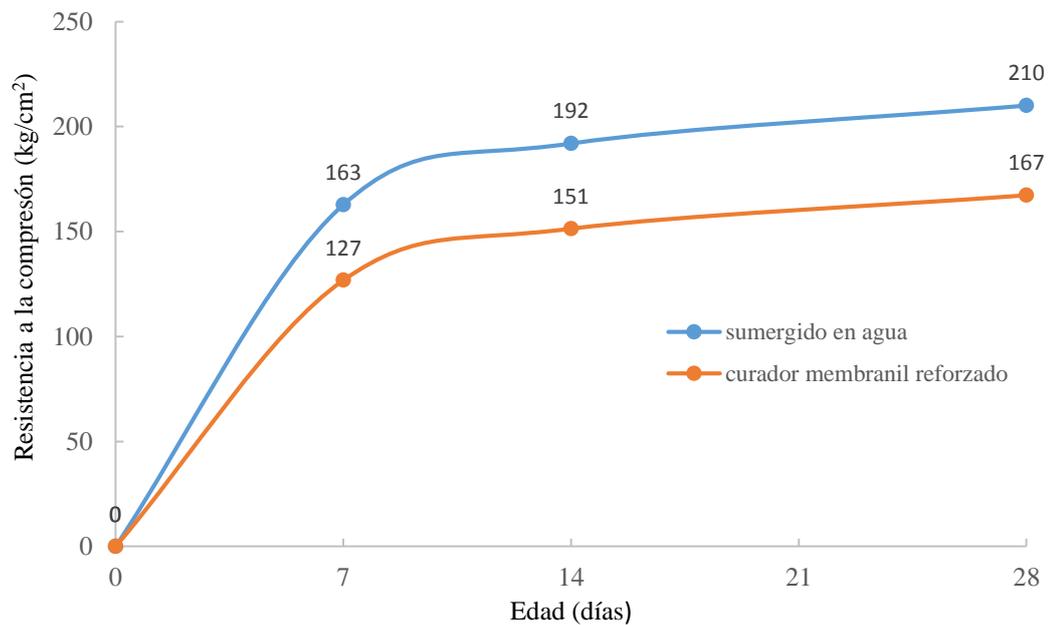


Figura 10. Comparación de la resistencia a la compresión (curado con agua-curador membranil reforzado)

Fuente: Elaboración propia.

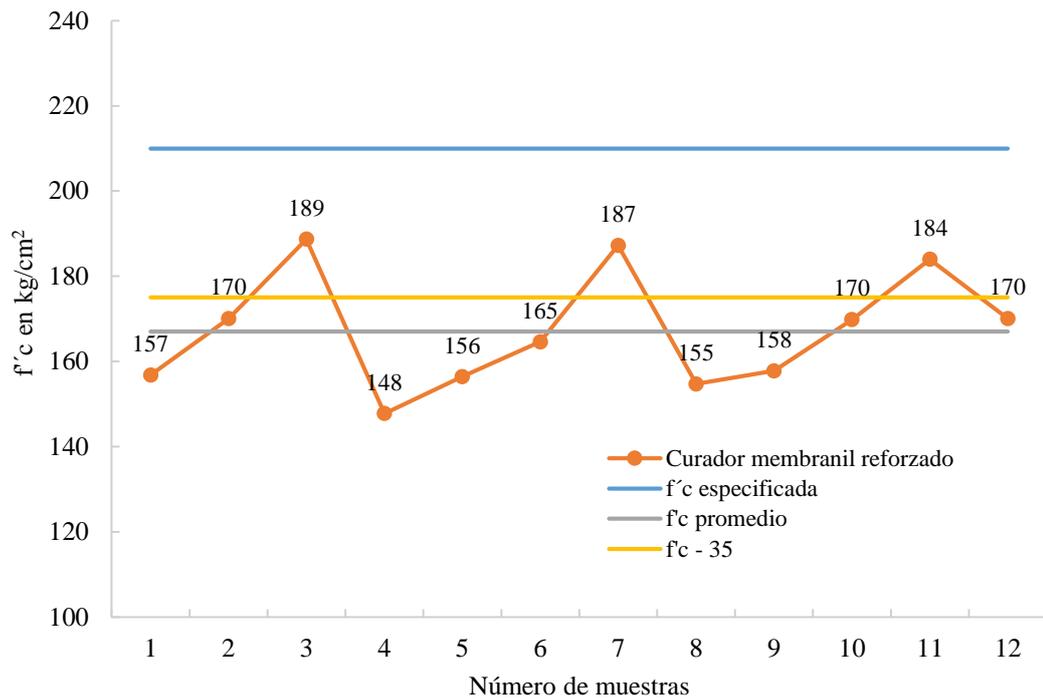


Figura 11. Resultados de la resistencia a los 28 días del concreto curado con membranil reforzado
Fuente: Elaboración propia.

Contrastación de la hipótesis específica 02, la figura 11 muestra que las probetas sumergidas en el agua llegan a la resistencia deseada, mientras las que fueron curadas con el aditivo Membranil Reforzado tiene una baja resistencia a lo requerido. Se observa que la diferencia es en todas las edades. Con esto se anula lo planteado primeramente en la hipótesis específica 2.

Para la contrastación de la hipótesis específica 03 se apoya en la figura 13, en donde las muestras curados con el curador Membranil Reforzado y Sika Cem Curador se compara con las sumergidas en agua, para un concreto $f'c=210$ kg/cm².

Contrastación de la hipótesis específica 03, la figura 13 muestra que las probetas sumergidas en el agua se obtienen mejores resultados en comparación

con los curadores químicos Membranil Reforzado y Sika Cem Curador respectivamente.

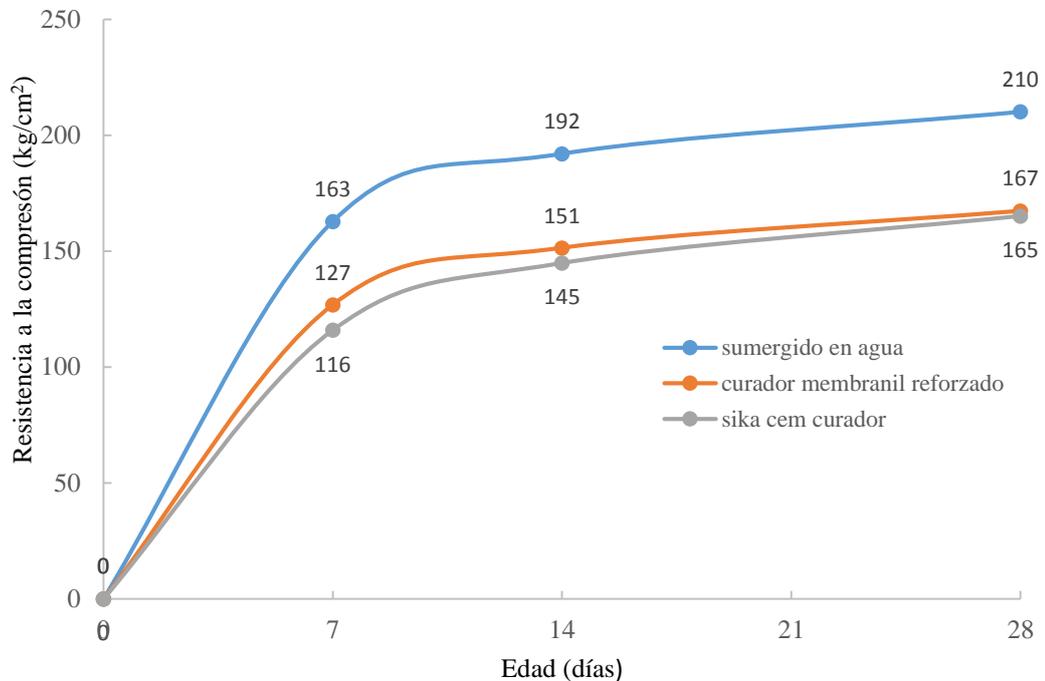


Figura 12. Comparación de la resistencia a la compresión según el tipo de curado

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Discusión de resultados

Para el diseño de mezclas del presente trabajo de investigación se aplicó el método de comité 211 del ACI.

De la tabla 21 y la figura 12, se observa que el diseño de mezclas se ha realizado correctamente porque las muestras sumergidas en agua (muestras de control) han llegado a su resistencia requerida a los 28 días es de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

En la figura 6, se observa que la resistencia a la compresión es favorable a las probetas curadas con Membranil Reforzado Chema en primeros días (7 y 14), mientras a los 28 días alcanza una $f'c=167 \text{ kg/cm}^2$, por otro lado, las probetas

curadas con Sika Cem Curador llegaron a $f'c=165 \text{ kg/cm}^2$, con esto se puede afirmar que los curadores químicos mencionados muestran una igual resistencia a la compresión, esto puede ser comprobado con lo mencionado por (Jacobo, 2019) en su análisis estadístico menciona que no hay diferencias significativas entre los resultados por la aplicación de los curadores químicos Sika Cem Curador y curador Membranil Vista.

En la figura 7 y figura 8, se muestra que las probetas curadas con Membranil Reforzado y Sika Cem Curador con $f'c= 167 \text{ kg/cm}^2$ y 165 kg/cm^2 respectivamente, mientras las curadas y/o sumergidas en agua llegan a una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, lo cual se entiende como inefectivo la aplicación de los curadores mencionados por no cumplir los estándares requeridos por la norma E.060, resulta menor que $f'c$ en más de 35 kg/cm^2 .

En la figura 9 se observa la comparación de los promedios de la resistencia a la compresión en los diferentes edades, en donde sobresale los testigos curados con agua, encontrándose una diferencia reveladora con respecto a los curados con aditivos (curador Membranil Reforzado y Sika Cem Curador), esta afirmación se puede reforzar con lo indicado por (Aguilar, 2019) en sus conclusiones menciona que “las probetas que estuvieron inmersas en agua, tiene una mejor resistencia, los testigos cilíndricos curados por los curadores químicos, han obtenido una menor resistencia a la compresión que el concreto patrón inmerso en agua” (p.57).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera: En esta tesis se evaluó la aplicación de curadores químicos de concreto para una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; a los 28 días de edad, obteniendo que la resistencia de los concretos curados con Membranil Reforzado y Sika Cem Curador alcanza 167 kg/cm^2 y 165 kg/cm^2 . Por lo tanto se valida la hipótesis general por la existencia de divergencia en favor del curador químico Membranil Reforzado.

Segunda: Los concretos curados con el aditivo químico Sika Cem Curador reportan resistencias a la compresión inferiores al concreto patron, obteniéndose 165 kg/cm^2 a los 28 días; entonces se puede determinar que la aplicación del curador Sika Cem en concretos no es buena, por que la diferencia es en más de 35 kg/cm^2 con la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Tercera: De los concretos curados con el aditivo químico Membranil Reforzado, los reportes muestran que a los 28 días alcanza una resistencia de 167 kg/cm^2 , la diferencia con la resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es

de más de 35 kg/cm²; se determina que los resultados no muestran buena resistencia a la compresión.

Cuarta: El concreto $f'_c = 210$ kg/cm² curado con agua demuestra que es más efectivo alcanzando 163, 192 y 210 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de edad; en el caso de concretos curados con aditivos químicos, la resistencia alcanzada es baja, evidenciando que la efectividad de la aplicación de este tipo de curados es baja o nula.

5.2. Recomendaciones

Primera: Se recomienda difundir a todas las personas involucradas en el ámbito de la construcción de estructuras de concreto, sobre la utilización de los curadores químicos (Membranil Reforzado y Sika Cem Curador) y su eficacia en la ciudad de Moquegua.

Segunda: Se sugiere continuar la línea de esta investigación utilizando otras presentaciones de curadores Sika y en concretos elaborados con diferentes tipos de cemento.

Tercera: Se recomienda realizar estudios sobre la aplicación del curador químico Membranil Reforzado Chema, en concretos elaborados con cemento tipo I, HS o V.

Cuarta: Se sugiere la utilización del método de curado convencional con agua, en concretos recientemente colocados, éste tipo de curado sigue mostrando medidas de confiabilidad y obtienen buenos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, T. F. (2017). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos.
- 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 pregrado)*. Universidad Privada del Norte, Trujillo/Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/21162>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Ediciones El Pasillo 2011, C.A.
- ASTM 1157. (2017). *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 117. (2017). *Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 125. (2019). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 127. (2007). *Standard test method for relative density (specific gravity)*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 128. (2015). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 131. (2006). *Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the los angeles machine*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.

- ASTM C 136. (2014). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 192. (2002). *Práctica Normalizada para la Preparación y Curado de las muestras de ensayo de Hormigón en el laboratorio*. West Conshohocken Pennsylvania, EE.UU.
- ASTM C 260. (2016). *Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 29. (2017). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 494. (2017). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- ASTM C 566. (2013). *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. West Conshohocken Pennsylvania, USA.
- Bolaños, V. M. (2011). *Comparación entre concretos curados con compuestos formadores de membrana y con un producto elaborado con nanotecnología en relación con la retención de agua y la resistencia a compresión (tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogota/Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/11492/1/vivianamarcelabolanoscano.2011.pdf>.
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación Científica*. Lima, Perú: San Marcos.

- Chems Maters del Perú. (2017). *Hoja técnica súper curador chema*. Obtenido de <http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/HT%20SUPER%20CURADOR%20CHEMA%20V01.2017.pdf>
- Cómité Técnico de Normaliación. (2008). *NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 25 de enero del 2008.
- Comité ACI 308. (1992). *Práctica estándar para el curado del concreto*. Mexico D.F., Mexico: IMCYC.
- Comité ACI C 116. (s.f.). *Terminología del cemento y el hormigón*. Obtenido de https://www.academia.edu/15260910/ACI_116
- Comité Técnico de Normalización. (2000). *NTP 334.082 Cementos. Cementos Portland. Especificación de la Performance*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 03 de mayo del 2000.
- Comité Técnico de Normalización. (2001). *NTP 334.090 Cementos. Cementos Portland adicionados. Requisitos*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 21 de marzo del 2001.
- Comité Técnico de Normalización. (2002). *NTP 400.018 Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales mas finos que pasan por le tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado de agregados*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 16 de mayo del 2002.
- Comité Técnico de Normalización. (2002). *NTP 400.019 Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinacion de la resitencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e*

impacto en la máquina de Los Angeles. Publicado en el diario oficial El Peruano el 30 de enero del 2002.

Comité Técnico de Normalización. (2002). *NTP 400.021 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 16 de mayo del 2002.

Comité Técnico de Normalización. (2002). *NTP 400.022 Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables de los agregados*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 16 de mayo del 2002.

Comité Técnico de Normalización. (2002). *NTP 400.037 Agregados. Especificaciones normalizadas para agregado en hormigón (concreto)*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 14 de febrero del 2002.

Comité Técnico de Normalización. (2006). *NTP 339.088 Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 16 de febrero del 2006.

Comité Técnico de Normalización. (2008). *NTP 400.011 Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 12 de diciembre del 2008.

Comité Técnico de Normalización. (2011). *NTP 400.017 Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 02 de febrero del 2011.

- Comité Técnico de Normalización. (2013). *NTP 339.185 Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 07 de agosto del 2013.
- Comité Técnico de Normalización. (2016). *NTP 334.009 Cementos. Cemento Pórtland. Requisitos*. Publicado en el diario oficial El Peruano el 29 de diciembre del 2016.
- Jacobo, 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, Perú/Trujillo. Obtenido de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-ca/2.5/pe/>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association.
- Lam, M. J. (2005). *Estudio de la variabilidad de la resistencia del concreto aplicando curador químico de usos externo y utilizando cemento portland tipo I (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima/Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4289>
- Neville, A. N. (2013). *Tecnología del concreto*. México D.F., Mexico: Instituto Mexicano del cemento y del concreto.
- Norma Técnica de Edificación (NTE E060). (2009). *Concreto Armado*. Lima, Perú: DIGIGRAF CORP. SA.
- Pasquel, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú: Colegio de ingenieros del Perú.

- Ramos, P. P. (2000). *Influencia de un curador de aplicación externa sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima/Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2007>
- Rivera, G. (2015). *Tecnología del concreto y mortero*. Cali Valle del Cauca, Colombia: Unicauca.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú: Capitulo Peruano ACI.
- Rivva, E. (2004). *Control del concreto en obra*. Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia.
- Rivva, E. (2010). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Instituto de la construcción y gerencia.
- Rondón, P. A. (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. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7591>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO. (2014). *Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto*. Lima, Perú: CARTOLAN EDITORES SRL.
- Sika Perú S.A. (2014). *Hoja Técnica Sika Cem Curador*. Obtenido de <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/87f2747f-f7f8-3e46-bb42-e962beede932/Sika%20Cem%20Curador.pdf>
- Sullcaray, S. C. (2012). *Metodología de la investigación*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Continental.

Torre C., A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima, Perú: UNI.

Vento, J., & Zanabria, C. (2004). *Seminario de Tesis I*. Lima, Perú: 3 A Editores
S.A.C.