

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

Influencia de los curados con membranas de diferentes materiales, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en Andahuaylas, 2023

**Asesor:**

Mag. Ortiz Aucapiña, Renzo Boris

**Autor:**

Miranda Rosales, Jhonatan

**Para optar el Título Profesional de:**

Ingeniero Civil

**Andahuaylas – Apurímac – Perú**

**2025**

## Acta de sustentación



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Acta N°: 003

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Andahuaylas, a los 27 días del mes de octubre del 2025, siendo las 09:00am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Sub Directoral N° 0105-2025-UTEA-FI-EPIC/SD de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mg. Céspedes Reynaga Hirbin Félix
Dictaminante :	Mg. Fernández Mañuico Edwin
Replicante :	Mg. Lagos Carbajal Wilmer Antony

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Influencia de los curados con membranas de diferentes materiales, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en Andahuaylas, 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: Miranda Rosaies, Jhonatan  
(Apellidos y Nombres)

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero civil  
(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: Mayoría  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Br. Miranda Rosaies, Jhonatan	Aprobado

Siendo las 10:15 am horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mg. Céspedes Reynaga Hirbin Félix  
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Dictaminante: Mg. Fernández Mañuico Edwin  
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Replicante: Mg. Lagos Carbajal Wilmer Antony  
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

(\*): **Mayoría:** Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; **Unanimidad:** Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.

(\*\*): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

## Reporte de similitud

Influencia de los curados con membranas de diferentes materiales, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en Andahuaylas, 2023



### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>21%</b>	<b>21%</b>	<b>9%</b>	<b>13%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>apirepositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to uncedu</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

## Metadatos

<b>Datos del Autor</b>	
Apellidos y nombres	: Miranda Rosales, Jhonatan
Tipo de Documento de Identidad	: Documento Nacional de Identidad
Número de Documento de Identidad	: 76616556
URL ORCID	:
<b>Datos del Asesor</b>	
Apellidos y nombres	: Mg. Ortiz Aucapiña, Renzo Boris
Tipo de Documento de Identidad	: Documento Nacional de Identidad
Número de Documento de Identidad	: 70811763
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0002-8600-4381">https://orcid.org/0000-0002-8600-4381</a>
<b>Datos de la investigación</b>	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023 – 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 21% con deposito
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>

### **Dedicatoria**

Es dedicada a mi familia, amigos, profesores, mentores, colaboradores y todas las instituciones y organizaciones que me brindaron su apoyo durante esta etapa. Vuestra confianza y apoyo fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

***Jhonatan***

## **Agradecimiento**

A expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, amigos, profesores, mentores, colaboradores y todas las instituciones y organizaciones que me brindaron su apoyo durante esta etapa. Vuestra confianza y apoyo fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

***Jhonatan***

## Resumen

La presente investigación ha planteado evaluar la influencia de los curados con diferentes membranas en la resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Esta investigación es de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo y según su propósito es aplicada basada en un diseño experimental, los instrumentos para el trabajo de investigación fueron mediante fichas de observación las cuales ya están preestablecidos por ensayos de laboratorios normados y son avalados por normativas nacionales y fichas de laboratorio de resistencia a la compresión y ficha de curado de concreto, logrando analizar diferentes materiales utilizados en el proceso de curado con las membranas de lana, algodón y denim. Los resultados alcanzados han sido que el curado con membranas de algodón tiene las resistencias a la compresión del orden de  $140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente para los períodos de 7, 14 y 28 días. En el caso del curado con membranas de lana, los resultados obtenidos fueron del orden de  $142 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  y  $212 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente, el curado con membranas de denim se obtuvo resultados del orden de  $133 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  y  $208 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Concluyendo que la mejor membrana para el curado es de material de lana, siguiendo la de algodón y final la de denim. demostraciones que están respaldados por normas técnicas como la NTP 339.033 y la NTP 339.034, que establece los parámetros para la resistencia a la compresión del concreto y el proceso de curado.

**Palabras Clave:** Resistencia, curado, concreto, membrana,denim.

### **Abstract**

The present investigation has proposed to evaluate the influence of curing with different membranes on the compressive strength of concrete  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . This research is descriptive in nature, with a quantitative approach and applied orientation based on an experimental design, the instruments for the research work were through observation sheets which are already pre-established by standardized laboratory tests and are endorsed by national regulations and compression resistance laboratory sheets and concrete curing sheet, managing to analyze different materials used in the curing process with wool, cotton and denim membranes. The results achieved have been that curing with cotton membranes has compressive strengths of the order of  $140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  and  $210 \text{ kg/cm}^2$ , respectively for the periods of 7, 14 and 28 days. In the case of curing with wool membranes, the results obtained were of the order of  $142 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  and  $212 \text{ kg/cm}^2$ . Finally, curing with denim membranes obtained results of the order of  $133 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169 \text{ kg/cm}^2$  and  $208 \text{ kg/cm}^2$  respectively. Concluding that the best membrane for curing are membranes made of wool followed by the cotton membrane and finally the denim membrane. demonstrations that are supported by technical standards such as NTP 339.033 and NTP 339.034, which establishes the parameters for the compressive strength of concrete.

**Keywords:** strength, curing, concrete, membrane, denim.

## Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de Similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Índice general .....	ix
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras. ....	xii
Índice de anexos.....	xiv
<b>I. Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>II. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>17</b>
2.1. Descripción y formulación del problema.....	17
2.2 Objetivo de la investigación.....	19
2.2.1 Objetivo general. ....	19
2.2.2 Objetivo específico. ....	19
2.3. Justificación e importancia de la investigación. ....	20
2.4. Hipótesis. ....	21
2.5 Variables.....	21
<b>III. Marco Teórico .....</b>	<b>25</b>
3.1. Antecedentes.....	25
3.2. Bases teóricas .....	32

3.3. Definición de términos.....	42
<b>IV. Metodología .....</b>	<b>45</b>
4.1. Tipo y nivel de investigación. ....	45
4.2. Ámbito temporal y espacial .....	46
4.3. Población y muestra.....	46
4.4. Instrumentos .....	47
4.5. Procedimientos .....	48
4.6. Análisis de datos .....	58
<b>V. Resultados y Discusión. ....</b>	<b>64</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>88</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>90</b>
<b>VIII. Referencias .....</b>	<b>91</b>
<b>IX. Anexos .....</b>	<b>99</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	24
<b>Tabla 2:</b> <i>Muestreo</i> .....	47
<b>Tabla 3:</b> <i>Ensayos con normativas pre establecidas</i> .....	48
<b>Tabla 4:</b> <i>Datos analizados a los 7 días</i> .....	58
<b>Tabla 5:</b> <i>Datos analizados a los 14 días</i> .....	59
<b>Tabla 6:</b> <i>Datos analizados a los 28 días</i> .....	59
<b>Tabla 7:</b> <i>Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)</i> .....	59
<b>Tabla 8:</b> <i>Análisis diferencial de datos ANOVA</i> .....	59
<b>Tabla 9:</b> <i>Prueba de comparaciones múltiples TUKEY</i> .....	59
<b>Tabla 10:</b> <i>Comprobación de hipótesis</i> .....	59
<b>Tabla 11:</b> <i>Matriz de consistencia</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> <i>Imagen de concreto</i> .....	32
<b>Figura 2:</b> <i>Componentes del concreto</i> .....	32
<b>Figura 3:</b> <i>Imagen de cemento portland</i> .....	33
<b>Figura 4:</b> <i>Imagen de agregados</i> .....	34
<b>Figura 5:</b> <i>Agua usada para el concreto</i> .....	35
<b>Figura 6:</b> <i>Imagen de concreto en estado fresco</i> .....	35
<b>Figura 7:</b> <i>Imagen de cemento portland</i> .....	36
<b>Figura 8:</b> <i>Imagen la resistencia a la compresión de probeta de concreto.</i> .....	38
<b>Figura 9:</b> <i>Mapa de ubicación del proveedor de agregado</i> .....	44
<b>Figura 10:</b> <i>Recolección de agregado</i> .....	45
<b>Figura 11:</b> <i>Ensayos de granulometría</i> .....	46
<b>Figura 12:</b> <i>Ensayo de índice de humedad</i> .....	47
<b>Figura 13:</b> <i>Ensayo del peso específico</i> .....	48
<b>Figura 14:</b> <i>Fabricación de probetas de concreto</i> .....	49
<b>Figura 15:</b> <i>Probetas de concreto encamisadas</i> .....	49
<b>Figura 16:</b> <i>Curado de probetas de concreto encamisadas.</i> .....	50
<b>Figura 17:</b> <i>Ruptura de probetas de concreto</i> .....	51
<b>Figura 18:</b> <i>Influencia a la resistencia a la compresión a los 7 días.</i> .....	56
<b>Figura 19:</b> <i>Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 7 días.</i> .....	58
<b>Figura 20:</b> <i>Resultados al comparar con la unidad patrón a los 7 días</i> .....	58
<b>Figura 21:</b> <i>Influencia a la resistencia de compresión a los 14 días.</i> .....	59
<b>Figura 22:</b> <i>Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 14 días.</i> .....	60
<b>Figura 23:</b> <i>Resultados al comparar con la unidad patrón a los 14 días.</i> .....	61
<b>Figura 24:</b> <i>Influencia a la resistencia a la compresión a los 28 días.</i> .....	62
<b>Figura 25:</b> <i>Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 14 días.</i> .....	62

<b>Figura 26:</b> <i>Resultados al comparar con la unidad patrón a los 28 días.</i> .....	63
<b>Figura 27:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 7 días usando el curado con membranas de algodón.</i> .....	64
<b>Figura 28:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 14 días usando el curado con membranas de algodón.</i> .....	65
<b>Figura 29:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días usando el curado con membranas de algodón.</i> .....	66
<b>Figura 30:</b> <i>Comportamiento a la compresion usando el curado con membranas de algodón.</i> .....	67
<b>Figura 31:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 7 días usando el curado con membranas de denim.</i> .....	68
<b>Figura 32:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 14 días usando el curado con membranas de denim.</i> .....	69
<b>Figura 33:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días usando el curado con membranas de denim.</i> .....	70
<b>Figura 34:</b> <i>Comportamiento a la compresion usando el curado con membranas de denim.</i> .....	71
<b>Figura 35:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 7 días usando el curado con membranas de lana.</i> .....	72
<b>Figura 36:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 14 días usando el curado con membranas de lana.</i> .....	73
<b>Figura 37:</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días usando el curado con membranas de lana.</i> .....	74
<b>Figura 38:</b> <i>Comportamiento a la compresion usando el curado con membranas de lana.</i> .....	75

**Índice de anexos**

<b>Anexo 1</b> <i>Matriz de consistencia</i> .....	100
<b>Anexo 2</b> <i>Análisis granulométrico por tamizado arena para concreto</i> .....	101
<b>Anexo 3</b> <i>Características físicas y granulométricas de agregado grueso para concreto</i>	102
<b>Anexo 4</b> <i>Ensayo de humedad natural</i> .....	103
<b>Anexo 5</b> <i>Ensayo de gravedad específica - absorción y peso unitario</i> .....	104
<b>Anexo 6</b> <i>Diseño de mezclas F.C. 210</i> .....	105
<b>Anexo 7</b> <i>Resultado de diseño de mezclas</i> .....	106
<b>Anexo 8</b> <i>Ficha de seguimiento de curado de concreto</i> .....	107
<b>Anexo 9</b> <i>Ensayo de ruptura de probeta de concreto curado con membrana de denim</i> .	108
<b>Anexo 10</b> <i>Ensayo de ruptura de probeta de concreto curado con algodón</i> .....	109
<b>Anexo 11</b> <i>Ensayo de ruptura de probetas de concreto curado con membrana de lana</i>	110
<b>Anexo 12</b> <i>Ensayo de ruptura de probetas de concreto curado por inmersión</i> .....	111

## I. Introducción

En la actualidad, se buscan nuevos métodos para el curado del concreto, lo que ha llevado a la necesidad de implementar estrategias que garanticen un mejor uso de este proceso. Por esta razón, la investigación tiene un significativo aporte, ya que propone el uso de diferentes materiales para el curado tales como algodón, lana y denim que se emplean como membranas para este proceso. Se demuestra la influencia de estos materiales en la resistencia del concreto. Los resultados que son obtenidos con membranas de lana, al ser sometidas a ensayos de compresión, muestran una resistencia de 212.28 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Por otro lado, el curado con membranas de algodón alcanzó una resistencia de 210.06 kg/cm<sup>2</sup> y el curado con denim, una resistencia de 208.34 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados ofrecen información valiosa para el uso del curado del concreto en la construcción, ya que brindan conocimientos técnicos sobre uso y aplicación de diferentes membranas para el proceso de curado. Además, contribuyen al avance del conocimiento científico para llegar a tener un mejor manejo de los diferentes materiales usados en el curado para mejorar la calidad y durabilidad de las estructuras de concreto.

El objetivo principal de la investigación es evaluar la influencia del curado con diferentes membranas en la resistencia a la compresión para ello se llegaron a utilizar membranas elaboradas de diversos materiales para el curado del concreto, estos se llegaron a comparar con el curado por inmersión al que se toma como unidad patrón para generar comparativas con respecto a los objetivos específicos que están enlazadas a los diferentes materiales que fueron usados como membranas.

La investigación se llega a dividir en seis capítulos estos son detallados a continuación: en el Capítulo I, Introducción, se presenta un alcance general de la investigación; en el Capítulo II, Planteamiento del problema, se describen los objetivos, la hipótesis de la investigación y el comportamiento que llegan a tener las variables en la

investigación; en el Capítulo III, Marco teórico, se proporciona información teórica de diversos autores relacionados con la investigación; en el Capítulo IV, Metodología de la investigación, se describen los criterios que sustentan el tipo y nivel de investigación, el ámbito temporal y espacial, los instrumentos y los procedimientos; en el Capítulo V, Resultados y difusión, se presentan los resultados obtenidos y se analizan en relación con los objetivos planteados; y en el Capítulo VI, Recomendaciones, se exponen las recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

## II. Planteamiento del Problema

### 2.1. Descripción y formulación del problema

#### 2.1.1. Descripción del problema.

La producción de concreto es una actividad de alto consumo hídrico, requiriendo entre 150 y 245 L de agua por metro cúbico según operaciones de mezcla, curado y limpieza de equipos. A nivel global, el concreto representa cerca del 10 % del uso industrial de agua, generando un impacto crítico en regiones con estrés hídrico donde la disponibilidad de agua dulce es limitada (Ali et al., 2021; Mack Vergara, 2022; Truscott, 2023).

Esta presión sobre los recursos hídricos hace necesario implementar estrategias sostenibles, como el uso de aguas residuales tratadas, el reciclaje de agua de lavado y la optimización de mezclas y curado. Planificar infraestructuras con enfoque hídrico y adoptar tecnologías de ahorro de agua es fundamental para garantizar la sostenibilidad del recurso frente a la creciente demanda global (Ali et al., 2021; Mack Vergara, 2022).

El concreto es valorado por su adaptabilidad, durabilidad y resistencia, siendo el material más usado en la construcción moderna. Su calidad depende del diseño de la mezcla y del curado, que asegura la hidratación completa del cemento y la resistencia estructural. Variaciones de temperatura afectan la resistencia, y el curado por inmersión se considera el más eficaz, aunque su uso es limitado por factores prácticos y económicos (Fernández, 1991; Muhammad et al., 2024; Neville, 2004).

En Latinoamérica, optimizar el curado es clave para alcanzar la resistencia de diseño frente a esfuerzos de compresión. Métodos como cubiertas húmedas, hidratación continua y membranas poliméricas muestran potencial, aunque no solucionan completamente la complejidad del proceso. Controlar temperatura y humedad es

fundamental para garantizar la calidad y durabilidad del concreto (Zambrano et al., 2019; Gomes et al., 2018; Alcívar et al., 2020)

El Ceplan advierte que el Perú enfrenta una alta vulnerabilidad hídrica y que, si las tendencias actuales continúan, más del 50 % de la población podría sufrir escasez de agua para 2030, debido a la variabilidad climática y al aumento de la demanda agrícola, industrial y urbana (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2023). Esto exige técnicas de curado que reduzcan el consumo de agua y mantengan la resistencia del concreto. Estudios muestran que el tipo de curado influye significativamente en la resistencia a compresión (Cuéllar y Sequeiros, 2017) y que el riego continuo mejora resultados, pero no alcanza la resistencia de diseño (Velazco y Contreras, 2018). Aditivos de curado mantienen la humedad interna, aunque su costo limita su uso (Ortiz, 2020). La ausencia de curado provoca pérdidas de resistencia, destacando la necesidad de estrategias económicas y sostenibles (Mamani y Valdivia, 2023).

A nivel local, en la ciudad de Andahuaylas, el estrés hídrico se combina con la falta de supervisión y capacitación en obras, generando una ejecución deficiente del curado y reduciendo la resistencia final del concreto. Ayquipa (2021) evidenció que el uso de linaza como membrana de curado tiene buenos resultados, lo que sugiere el potencial de explorar estrategias innovadoras que consideren la disponibilidad limitada de agua y las condiciones ambientales locales. Por tanto, el presente trabajo se centra en comparar resistencias obtenidas mediante distintas membranas de curado, con el objetivo de identificar alternativas viables que optimicen la resistencia final del concreto en Andahuaylas. Esta investigación se enmarca en las normas nacionales de construcción, como la NTP 399.001, que establece criterios de calidad del concreto y procesos de curado, y en la Ley de Recursos Hídricos (DS N° 001-2010-AG), que regula el uso eficiente del agua en actividades productivas. El estudio busca contribuir al desarrollo de prácticas constructivas

más eficientes y sostenibles frente al estrés hídrico local, asegurando cumplimiento normativo y optimización de recursos.

### **2.1.2. Formulación del problema.**

#### **2.1.2.1. Problema general.**

- ¿De qué manera el curado con membranas de diferentes materiales influirá en llegar a la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

#### **2.1.2.2. Problemas específicos.**

- ¿De qué forma el curado con membrana de algodón influyen en llegar a la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ ?
- ¿De qué forma el curado con membrana de denim influyen en llegar a la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ ?
- ¿De qué forma el curado con membrana de lana influyen en llegar a la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ ?

## **2.2 Objetivo de la investigación.**

### **2.2.1 Objetivo general.**

- Evaluar la influencia de los curados con diferentes membranas en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **2.2.2 Objetivo específico.**

- Evaluar la influencia del curado con membrana de algodón en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Evaluar la influencia del curado con membrana de denim en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Evaluar la influencia del curado con membrana de lana en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **2.3. Justificación e importancia de la investigación.**

En la presente investigación, se destaca la importancia y justificación práctica del estudio permitiendo optimizar el manejo del curado del concreto a través del uso de nuevos materiales, como son las membranas de lana, algodón y denim, los que ofrecen alternativas que mejoran la eficiencia y el aprovechamiento de los recursos, asimismo contribuye significativamente al desarrollo de soluciones innovadoras en el curado del concreto, facilitando su uso en distintos tipos de proyectos y promoviendo la sostenibilidad y la reducción de costos en la construcción.

La investigación se justifica desde el aspecto teórico, ya que sirve como fuente de información valiosa sobre el proceso de curado del concreto. Su importancia radica en la capacidad de ofrecer nuevos conocimientos sobre el uso de diferentes materiales para el curado del concreto, como las membranas de denim, algodón y lana, que permiten obtener resultados que contribuyan al conocimiento teórico y práctico sobre este tema. Los datos obtenidos de los ensayos ayudarán a satisfacer las necesidades teóricas y prácticas proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria de la construcción.

Este estudio constituye un aporte en el aspecto social, ya que propone el uso de diferentes materiales como denim, algodón y lana como membranas para el curado de concreto, para que la sociedad llegue a tener un mayor conocimiento y alternativas para su uso en este proceso, a su vez estas pueden ser usadas en la industria de la construcción ofreciendo soluciones más accesibles y eficientes garantizando la resistencia, durabilidad y seguridad de las estructuras.

Esta investigación es importante en el aspecto económico, debido a la accesibilidad y el bajo costo de los diferentes materiales, como denim, algodón y lana, representando una ventaja económica de gran significancia en comparación con otros métodos de curado, que generalmente implican mayores inversiones. Además, estos materiales pueden ser

reciclados a partir de prendas de vestir y otros elementos similares, permitiendo la reducción de residuos y contaminación, generando al mismo tiempo ahorros económicos adicionales.

## **2.4. Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis general.**

- El curado con membranas de diferentes materiales influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.4.2 Hipótesis específica.**

- El curado con membrana de algodón influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El curado con membrana de denim influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El curado con membrana de lana influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.5 Variables.**

En la presente investigación se utilizaron dos variables. La variable independiente: curado con membranas de diferentes materiales, en el que se refiere a este proceso donde se aplican diferentes tipos de membranas como (algodón, denim y lana) para mantener la humedad en el concreto durante su proceso de curado. Esta variable es manipulada para obtener. La variable dependiente: resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, esta se obtiene con manipulación de la variable independiente.

### **2.5.1 Definición conceptual de variables de investigación.**

#### **a) Variable independiente: curado con membranas.**

Se define como el tratamiento donde se mantiene humedecido al concreto mediante el uso de membranas.

**c) Variable dependiente: resistencia del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>**

Se define como la capacidad del concreto para soportar esfuerzos axiales sin fallar, medida a través de ensayos de compresión.

**2.5.2 Definición operacional de las variables de la investigación.**

**a) Variable independiente: Curado con membranas de diferentes materiales.**

El curado con membranas se refiere al proceso donde se mantiene al concreto húmedo durante su periodo de endurecimiento, utilizando membranas de diferentes materiales, como algodón, denim y lana. Este proceso tiene como objetivo asegurar una hidratación constante del concreto.

**c) Variable dependiente: Resistencia del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>**

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de compresión. Esta se determina mediante ensayos de compresión realizados en probetas de concreto, que han sido curadas con diferentes tipos de membranas.

**2.5.3 Clasificación de las variables de la investigación.**

**a) Variable independiente: Curado con membranas de diferentes materiales.**

Esta variable es cuantitativa porque que los datos obtenidos en el proceso de curado con membranas de (algodón, denim, lana) se miden numéricamente. Su escala de medición es de razón, porque los datos obtenidos pueden ser usados en operaciones matemáticas.

**c) Variable dependiente: Resistencia del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>**

La variable dependiente es cuantitativa porque se mide en unidades numéricas. Su escala de medición es de razón, ya que se pueden realizar todas las operaciones matemáticas con ella. Esta variable depende del tipo de curado aplicado y se mide a través de ensayos de compresión.

#### **2.5.4 Operacionalización de variables.**

En la investigación la variable independiente: curado con membranas de diferentes materiales, da origen a la variable dependiente: resistencia del concreto  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

## Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumento y herramientas
<b>Variable 1:</b> <b>curado con membranas de diferentes materiales.</b>	Es el proceso donde el concreto se coloca sobre una superficie cubiertas de materiales que puedan mantener saturado con agua, para conservar una constantemente humedad (Matallana Rodríguez, 2020, p. 241).	El curado con membranas es la acción en la cual mantenemos hidratado el concreto con diferentes materiales para obtención de la resistencia a la compresión.	Curado con membrana de algodón.	- Resistencia a la compresión a los 7 días.	Kg/Cm2	<b>Instrumento.</b> Ficha de observación retrolectiva.
			Curado con membrana de lana.	- Resistencia a la compresión a los 14 días.		
			Curado con membrana de denim.	- Resistencia a la compresión a los 28 días		
			Curado por inmersión.			
<b>Variable 2:</b> <b>Resistencia del concreto f'c=210 kg/cm2.</b>	Es el esfuerzo a fallar medido al cual es sometidos a fuerzas puntual al centro de masa de algún elemento (Matallana Rodríguez, 2020, p. 116).	La resistencia es la magnitud que usamos para la obtención de resultados de las probetas de concreto curadas de manera cubierta de diferentes membranas.	Ruptura de concreto	-Resistencia a la compresión en razón de 73% de f'c=210 kg/cm2 según la ACI 318	Kg/cm2	<b>Herramienta.</b> Normativa (NTP 339.032) Normativa (NTP 339.034.)
				-Resistencia a la compresión en razón de 85% de f'c=210 kg/cm2 según la ACI 318		
				- Resistencia a la compresión en razón de 100% de f'c=210 kg/cm2 según la ACI 318		

*Nota.* Variables operacionalizadas de acuerdo a sus dimensiones, indicadores, unidad, instrumentos y herramientas

### III. Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes.

##### 3.1.1. A nivel internacional.

Orogobade et al. (2024), en su estudio titulado “The Evaluation of the Effects of Different Curing Methods on Concrete”, investigaron los efectos de distintos métodos de curado sobre la absorción de agua y la resistencia a compresión del concreto. El objetivo fue comparar el desempeño de cinco técnicas de curado empleando 45 cubos de concreto con una dosificación 1:2:4. Aplicaron curado por inmersión en agua, arena, polietileno, aserrín y rociado de agua, manteniendo todas las muestras a temperatura de laboratorio. La metodología incluyó ensayos de absorción de agua, resistencia a compresión y análisis SEM-EDX realizados a los 7, 14 y 28 días. Los resultados indicaron que la absorción de agua varió entre 1.53 y  $-1.12\%$ , mientras que la resistencia a compresión se situó entre 21.30 y 31.40 N/mm<sup>2</sup>, equivalentes a  $f'_c = 217.2\text{--}320.2$  kg/cm<sup>2</sup>. Los componentes cementicios aumentaron con la edad de curado, ubicándose entre 0.01 y 81.67, y las microestructuras SEM mostraron agregados, pasta cementicia y vacíos. El curado con arena produjo las resistencias más altas, mientras que el aserrín generó los valores más bajos. Concluyeron que el curado con arena fue el método más favorable y recomendaron realizar estudios adicionales.

Albakry y Abbas (2025), en “Evaluation of Reactive Powder Concrete Strength using Various Curing Methods”, analizaron el desarrollo resistente del Concreto de Polvo Reactivo (R-P-C) bajo diferentes métodos de curado. El objetivo consistió en comparar cuatro técnicas utilizando una mezcla 1:0.25:1.11 de cemento, sílice humo y arena, reforzada con 2% de fibras de acero. La metodología incluyó curado normal (R-N) como control, autógeno + normal (R-AN), vapor + normal (R-S) y un compuesto líquido de curado (R-C). Las propiedades mecánicas se evaluaron a los 7, 28 y 90 días, midiendo resistencias

a compresión, flexión y tracción indirecta. Los resultados indicaron que R-S incrementó la resistencia a compresión entre 13.99% y 20.04%, reflejándose en mayores valores de  $f_c$ . El método R-AN mejoró la resistencia entre 10.85% y 12.2% al mantener la humedad interna. Asimismo, R-C elevó la resistencia entre 12.55% y 13.82%, gracias a la reducción de la evaporación. Todas estas mejoras se acompañaron de incrementos proporcionales en la resistencia a flexión y tracción. Los autores concluyeron que el curado con vapor (R-S) fue el método más eficiente, seguido por R-AN y R-C, al promover un mayor desarrollo resistente del R-P-C.

Anwar et al. (2022), a través de su trabajo denominado "Effect of Curing Techniques on Compressive Strength of Concrete", analizaron la influencia de diversos métodos de curado en el desarrollo resistente del concreto Portland. El propósito fue evaluar el comportamiento de cuatro técnicas empleando cubos de mezcla 1:1.5:3 con una relación a/c de 0.5. La metodología contempló curado al aire, inmersión en agua, cubierta con polietileno y curado por ebullición, midiendo la resistencia a compresión a los 3, 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados revelaron que la inmersión en agua generó la mayor resistencia a 28 días, alcanzando 41.42 MPa, correspondiente a  $f_c \approx 422.2 \text{ kg/cm}^2$ . El curado por ebullición mostró el desempeño más deficiente, indicando su no recomendación. Se confirmó que el aumento del tiempo de curado produjo incrementos progresivos en la resistencia. También se observó que las técnicas alternativas fueron aceptables únicamente dentro del límite de 28 días. En conclusión, los autores determinaron que el curado por inmersión es el método más eficaz para maximizar la resistencia del concreto y recomendaron evitar el curado por ebullición en aplicaciones prácticas. Si necesitas otra frase de enlace personalizada, puedo generar más opciones.

Alcívar et al. (2020), abordaron en su trabajo sobre la "*Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto*". Evaluaron cinco métodos de curado comúnmente aplicados en obra. El objetivo consistió en comparar el desempeño del curado

por inmersión, aditivo curador, cubierta plástica, hidratación periódica e intemperie sin tratamiento. La metodología incluyó ensayos de compresión a los 28 días para verificar el cumplimiento de la resistencia de diseño de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ . Los resultados mostraron que la hidratación periódica fue el método más eficaz en obra, alcanzando  $f'c = 293.0 \text{ kg/cm}^2$ . Las probetas sumergidas en agua, utilizadas solo como control, lograron la mayor resistencia con  $f'c = 321.6 \text{ kg/cm}^2$ , aunque este procedimiento no se aplica en elementos estructurales. El curado con aditivo curador alcanzó  $f'c = 280.8 \text{ kg/cm}^2$ , superando al obtenido con cubierta plástica, que registró  $f'c = 263.7 \text{ kg/cm}^2$ . Las probetas expuestas a la intemperie, sin curado, lograron  $f'c = 252.9 \text{ kg/cm}^2$ , un valor inferior a los demás métodos, aunque mayor que la resistencia mínima de diseño. Los autores concluyeron que la hidratación periódica es la opción más adecuada para obras, mientras que el curado por inmersión continúa siendo el estándar de referencia para control de calidad.

Rahimi et al. (2023), en su investigación titulada "Research on the influence of curing strategies on the compressive strength and hardening behaviour of concrete prepared with Ordinary Portland Cement", estudiaron el efecto de distintas estrategias de curado sobre la resistencia a compresión y el endurecimiento del concreto con cemento OPC tipo I. El objetivo fue comparar el curado con agua (WBC) y un agente compuesto de curado (CCA) basado en emulsión de parafina, diseñado para reducir la evaporación del agua de mezcla. La metodología incluyó ensayos ASTM de asentamiento, preparación de especímenes con relación agua/aglutinante de 0.47 y curado a 7, 14, 21 y 28 días. Se evaluó la influencia del mortero estructural en la resistencia y se compararon los métodos de curado. Los resultados indicaron que el concreto curado con agua alcanzó resistencias ligeramente mayores que los especímenes con CCA, con  $f'c$  aproximadas de 320–340  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días. El curado con CCA mostró mayor uniformidad y confiabilidad en los datos. Se aplicaron modelos de endurecimiento, destacando que el modelo asintótico reflejó con mayor precisión el comportamiento frente a los modelos bilinear y de línea quebrada. Los

autores concluyeron que ambos métodos son efectivos, pero el curado con agua maximiza la resistencia y el CCA asegura mayor consistencia, protegiendo el concreto de la rápida evaporación.

### **3.1.2. A nivel nacional.**

Tapia Cabrera (2024), en su investigación titulada “Influencia de los métodos de curado con aditivo químico en la resistencia a compresión del concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ ”, presentó los resultados de un estudio experimental diseñado para comparar la efectividad del curado tradicional con agua frente al curado con aditivos químicos formadores de membranas impermeables. La investigación evaluó tres aditivos: Sika Antisol S, Chema Membranil Reforzado y Z Membrana A, en mezclas de concreto con resistencias  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Prepararon 96 especímenes y se realizaron pruebas de compresión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. Los resultados promedio a 28 días mostraron que el curado tradicional alcanzó resistencias de  $246.63 \text{ kg/cm}^2$  y  $292.67 \text{ kg/cm}^2$  para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. En comparación, Chema Membranil Reforzado logró  $190.90 \text{ kg/cm}^2$  y  $255.50 \text{ kg/cm}^2$ , Sika Antisol S  $185.40 \text{ kg/cm}^2$  y  $244.80 \text{ kg/cm}^2$ , y Z Membrana A  $179.80 \text{ kg/cm}^2$  y  $244.00 \text{ kg/cm}^2$  para las mismas especificaciones. En conclusión, se determinó que el curado tradicional con agua es más efectivo para alcanzar la resistencia de diseño, aunque los aditivos químicos pueden ofrecer resultados aceptables, ligeramente inferiores en términos de resistencia a la compresión.

Tarrillo Vigil (2024), en su investigación aborda sobre “Comparación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$  sometidos a diferentes tipos de curados”, presentó los resultados de un estudio experimental realizado para evaluar cómo distintos métodos de curado afectan la resistencia del concreto. La investigación se realizó con 72 probetas divididas en cuatro grupos de 18: curado por inmersión, curado por rociado, curado con cubiertas húmedas y curado con aditivo formador de membrana

impermeabilizante (Sikacem Curador) todas las probetas fueron ensayadas a compresión uniaxial a los 7, 14 y 28 días de edad. Los resultados promedio de resistencia a compresión a los 28 días fueron los siguientes: curado por inmersión 265.45 kg/cm<sup>2</sup>; curado por rociado 232.79 kg/cm<sup>2</sup>; curado con cubiertas húmedas 249.68 kg/cm<sup>2</sup>; y curado con aditivo 222.61 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, se determinó que la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> está directamente influenciada por el tipo de curado, siendo el curado con cubiertas húmedas el más efectivo, mientras que el curado con aditivo mostró el desempeño más bajo.

Velazco y Contreras (2018), en su investigación titulada "Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa", presentaron los resultados de un estudio realizado durante un período de 28 días de maduración del concreto, con una resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>. La ruptura de las probetas se llevó a cabo el día 28 después de su fabricación. En el estudio se emplearon varios métodos de curado, y los resultados mostraron lo siguiente: el curado mediante el método de erosión continua (también conocido como inundación) alcanzó la resistencia de  $f'c= 270.08$  kg/cm<sup>2</sup>, que resulta ser un 96.46% de la resistencia deseada. El curado con aditivo logró la resistencia de  $f'c= 265.47$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo un equivalente de 94.81% de la resistencia requerida. El curado con geotextil alcanzó la resistencia de  $f'c= 257.71$  kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 92.04%, y el curado discontinuo llegó a una resistencia de  $f'c= 256$  kg/cm<sup>2</sup>, es decir, un 91.43%. En conclusión, se determinó que el método más eficiente para el proceso de curado con riego continuo generó los mayores valores de resistencia en comparación con los otros métodos.

Mamani y Valdivia (2023), en su investigación titulada "Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento tipo III-HE usando diferentes formas de curado con productos orgánicos", concluyeron que los diversos métodos de curado con productos orgánicos afectan significativamente la resistencia del

concreto. Tras evaluar cómo estos productos orgánicos interactúan con el concreto, los investigadores encontraron que los curados con estos materiales producen reacciones diferenciales al generar comparativas con el curado convencional llamado inmersión en el que se sumerge en agua durante todo este proceso. En su estudio, el concreto curado con agua logró una resistencia a la compresión de  $f'c = 231.15 \text{ kg/cm}^2$  después de 28 días de inmersión. Sin embargo, los resultados variaron con los productos orgánicos: el concreto curado con pepinillo en zumo alcanzó la resistencia de  $f'c = 222.57 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el curado con leche humedecida resultó con la resistencia de  $f'c = 225.1 \text{ kg/cm}^2$ . El curado con sandía dio la resistencia de  $f'c = 220.49 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el curado con jugo de naranja alcanzó  $f'c = 227.19 \text{ kg/cm}^2$  y el curado con jugo de lima dio  $f'c = 223.19 \text{ kg/cm}^2$ . Además, el estudio demostró que el concreto que no se curó obtuvo la resistencia de  $f'c = 203.48 \text{ kg/cm}^2$ , evidenciando que el proceso de curado tiene influencia en la resistencia del concreto.

Ortiz (2020), en su investigación titulada "Comparación entre el curado convencional de concreto y el curado con Antisol en la resistencia del concreto", demostró que el aditivo Antisol influye significativamente en la resistencia del concreto en comparación con el curado convencional. Se observó que la resistencia del concreto a los 28 días superó la resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y que el uso de Antisol genera variaciones dependiendo del número de capas aplicadas. A mayor número de capas, mayor es la resistencia obtenida: al aplicar tres capas de Antisol, la resistencia alcanzó  $f'c = 230.15 \text{ kg/cm}^2$ ; al aplicar dos capas, la resistencia fue de  $f'c = 217.53 \text{ kg/cm}^2$ , y al aplicar una capa, se obtuvo  $f'c = 215.56 \text{ kg/cm}^2$ . Si bien el curado mediante el método de riego continuo es más rentable que el curado con Antisol, también presenta mayores desafíos, ya que cualquier obra de concreto requiere ser humedecida durante 28 días. Por lo que su investigación, se concluyó que tanto el curado convencional con agua como el curado con Antisol pueden cumplir con los requisitos de resistencia del concreto.

Acuña y Rojas (2022), en su estudio titulado “Influencia en la resistencia a la compresión de concretos  $f'c= 280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup>, aplicando diferentes métodos de curado, en la ciudad de Chiclayo, 2021”, buscaron aumentar o reforzar la resistencia del concreto mediante el uso de diferentes métodos de curado. Utilizando la metodología ACI 211, se desarrollaron mezclas de concreto con resistencias de diseño de  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c= 350$  kg/cm<sup>2</sup>. Las pruebas se realizaron en especímenes de concreto curado durante períodos de 7, 14 y 28 días. Con un concreto diseñado de  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup>, se aplicaron diferentes métodos: el curado convencional alcanzó la resistencia de  $f'c= 280.82$  kg/cm<sup>2</sup>; el curado con compuesto formador líquido obtuvo la resistencia de  $f'c= 284.78$  kg/cm<sup>2</sup>; el curado acelerado logró la resistencia de  $f'c= 282.99$  kg/cm<sup>2</sup>; y el curado con material sellador alcanzó una resistencia de  $f'c= 285.06$  kg/cm<sup>2</sup>. De manera similar, en el concreto diseñado para  $f'c= 350$  kg/cm<sup>2</sup>, los métodos de curado dieron como resultado las siguientes resistencias:  $f'c= 354.65$  kg/cm<sup>2</sup> con curado convencional,  $f'c= 358.19$  kg/cm<sup>2</sup> con compuesto formador líquido,  $f'c= 352.59$  kg/cm<sup>2</sup> con curado acelerado y  $f'c= 354.88$  kg/cm<sup>2</sup> con material sellador. Estos resultados demuestran que las variaciones resistencia final del concreto al usar diversos curados del concreto.

Reyes y Chahuayo (2019), en la investigación titulada “Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías”, se utilizaron probetas de concreto a las cuales se les aplicaron diversos curados, tales como ichu stipa, aserrín, aislantes térmicos, aspersión e inmersión. Donde el método de curado con ichu stipa resultó ser el más efectivo, obteniendo a los 28 días la resistencia media de  $202.19$  kg/cm<sup>2</sup>, que representa un 96.28% de la resistencia de diseño. En contraste, el método de curado por aspersión mostró los peores resultados, con una resistencia promedio a los 28 días de  $186.25$  kg/cm<sup>2</sup>, lo que correspondió al 88.69% de la resistencia de diseño. El curado con aislantes térmicos obtiene la resistencia media de  $199.22$  kg/cm<sup>2</sup>

(94.87%), mientras que el curado por inmersión mostró la resistencia promedio de 192.32 kg/cm<sup>2</sup> (91.58%).

### **3.1.3. A nivel local**

Ayquipa (2021), en su investigación titulada “Influencia de los métodos de curado con mucílagos naturales en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en Abancay, 2019”, utilizó diferentes métodos de curado para obtener la resistencia deseada. La investigación revela que las diferencias en los resultados de la resistencia a la compresión dependen del tipo de curado empleado, lo que sugiere que el método de curado utilizado afecta la resistencia obtenida. En los ensayos realizados para medir la resistencia a la compresión de las probetas de concreto, se evaluó el uso del mucílago de linaza como curador, aplicando tres métodos diferentes: aspersion, inmersión y membrana. Los resultados mostraron una variación significativa en las resistencias promedio obtenidas con cada método. Específicamente, el método de aspersion permitió alcanzar la resistencia promedio de 234.38 kg/cm<sup>2</sup>. Por su parte, el método de inmersión alcanzó una resistencia promedio de 274.89 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representó una mejora considerable respecto al método de aspersion. Finalmente, el método de membrana arrojó una resistencia promedio de 233.69 kg/cm<sup>2</sup>, similar a la obtenida con el método de aspersion. En términos generales, estos resultados sugieren que el método de inmersión es el más efectivo en cuanto a resistencia.

Se hace referencia que al ser un tema que no tiene tanta investigación no se llegó a encontrar mayores investigaciones que sean referidos al tema de investigación

## **3.2. Bases teóricas**

### **3.2.1. Concreto.**

Yan et al. (2022) hace mención que el concreto tiene forma de roca elaborada artificial la cual es hecha por la humanidad, es diseñada y producida de acuerdo a diversas

normas establecidas, estas en su gran mayoría son usadas para elementos estructurales que llegan a ser necesarios en obras o proyectos de construcción.

Parra (2024) informa que el concreto es una mezcla de aglutinantes, agregado, agua, se menciona que el aglutinante al mezclarse con agua que une a los agregados que son (arena y grava o piedra triturada) para la conformación de una masa similar a una roca. Esto se debe a que la pasta se endurece debido a la reacción química que se produce entre componentes, en la figura 1 se puede apreciar una mezcla de pasta con agregados que es el concreto.

### **Figura 1**

*Imagen de concreto*



**Nota.** mezcla de pasta con agregados que es el concreto.

### **3.2.2. Componentes del concreto**

Según Skocek (2024), los componentes del concreto estructural se pueden entender como un sistema formado por un ligante hidráulico, agua y agregados, ya sean finos o gruesos. Estos materiales pueden provenir de fuentes naturales o incluso de residuos reciclados, siempre que cumplan con criterios de densidad, absorción y granulometría adecuados. Esta visión moderna amplía el concepto tradicional, ya que permite incorporar arenas y gravas recicladas, promoviendo la sostenibilidad en la producción del concreto sin comprometer sus propiedades esenciales.

**Figura 2***Componentes del concreto*

**Nota.** Componentes principales del concreto

El **Cemento Portland** es un aglomerante hidráulico ampliamente utilizado en la construcción, formado principalmente por clínker —mezcla de caliza y arcilla calcinada— y pequeñas cantidades de yeso para regular el fraguado. Al mezclarse con agua, inicia una reacción química llamada hidratación, que permite que el concreto fragüe, endurezca y desarrolle resistencia mecánica con el tiempo (Skocek, 2024). Sus propiedades, como resistencia a compresión, tiempo de fraguado y durabilidad, dependen de la composición química del clínker, la finura del polvo y la proporción de aditivos o cementantes suplementarios que se puedan incorporar (Li et al., 2023).

El Cemento Portland se clasifica según normas internacionales, como ASTM C150 o EN 197-1, en distintos tipos, dependiendo de su resistencia y características especiales, por ejemplo: ordinario (tipo I), de alta resistencia inicial (tipo III) o resistente a sulfatos (tipo V) (ASTM C150, 2023). Es la base del concreto convencional, ya que garantiza cohesión, unión de los agregados y durabilidad del material (Patel, 2025).

Estudios recientes también analizan la combinación del Cemento Portland con materiales puzolánicos o residuos industriales, como cenizas volantes, escorias o ceniza de bagazo de caña, para mejorar la sostenibilidad del concreto y sus propiedades mecánicas a largo plazo (Khamput et al., 2025; Zhang y Wang, 2023). Esto evidencia que

el Cemento Portland, además de sus funciones tradicionales, puede integrarse en mezclas más sostenibles, contribuyendo a la reducción de emisiones y al uso eficiente de recursos sin comprometer la resistencia del concreto.

### Figura 3

Imagen de cemento portland



**Nota:** Se visualiza la forma general del empaque el cemento portland

**Agregado.** Liset y Carlos (2022) y Marta et al. (2021) menciona que el agregado llega a ser un conjunto de partículas de varios tamaños que se dividen de acuerdo a su granulometría como agregado fino y agregado grueso, a su vez estas pueden generar reacciones químicas con la pasta generando estructuras solidas con alta resistencia en la actualidad los agregados son importantes para la fabricación del concreto ya que tienen un impacto en las características mecánicas tanto en su estado fresco como seco, en la figura 4 se puede visualizar agregado fino y grueso que se usan para la fabricación de concreto.

**Figura 4**

Imagen de agregados



**Nota:** Se visualiza agregado grueso y fino.

**Agua.** Liset y Carlos (2022) mencionan que es un elemento líquido que desempeña un rol fundamental en la preparación del concreto, ya que esta es fundamental para la elaboración de la pasta y su cantidad llega a influir en la resistencia al momento del secado durante el proceso de fabricación del concreto. La interacción química entre el agua y los elementos del concreto es vital para que se produzcan las reacciones de hidratación que confieren a estos materiales su resistencia, en la figura 5 se aprecia agua que es utilizada para la fabricación de concreto.

**Figura 5**

Agua usada para el concreto



**Nota:** Se visualiza agua que es usada para el concreto.

### 3.2.3. Concreto en estado fresco

Rafael et al. (2014) menciona que el concreto en su estado fresco es altamente manejable ya que el cemento y los agregados se encuentran altamente saturados que facilitan su manipulación para los diferentes trabajos que se puedan realizar con esta, a su vez llegan a depender a la cantidad de agua que se le agrega para su fabricación esta proporción de agua no tiene que ser demasiada ya que afectaría a sus propiedades del concreto como la resistencia, en la figura 6 se observa concreto en su estado fresco.

**Figura 6**

Imagen de concreto en estado fresco



**Nota:** Se visualiza el concreto en un estado fresco.

### 3.2.4. *Proceso de fraguado*

Jerson (2024) y Junior (2020) menciona que este proceso inicia desde el estado flexible del concreto que llega a tener cambios por pérdida de humedad ocasionada por la exudación del cemento está empezando un proceso de endurecimiento y adquiriendo resistencia a lo largo del tiempo. Donde este factor llega a variar dependiendo las circunstancias climáticas presentes ya que pueden acelerar o ralentizar el proceso de fraguado del concreto.

### 3.2.5. *Curado del concreto*

Junior (2020) hace mención que el mantenimiento de humedad dentro del concreto en un estado prematuro y en condiciones de temperatura favorables durante un período de tiempo específico mediante el humedecimiento con agua u otros componentes, esto asiendo de manera practica en diversas estructuras de concreto para obtener resultados óptimos y mantener las propiedades físicas y mecánicas del concreto, el proceso de curado se puede visualizar en la figura 7.

#### **Figura 7**

Imagen de cemento portland



**Nota:** Se visualiza el proceso de curado por inmersión.

### **3.2.6. Objetivo del curado del concreto.**

Según Ibrahim et al. (2024), el objetivo principal del curado del concreto es mantener condiciones adecuadas de humedad y temperatura durante las primeras etapas de endurecimiento, de manera que se permita la hidratación completa del cemento. Este proceso es fundamental para que el concreto desarrolle sus propiedades mecánicas y de durabilidad previstas en el diseño, como resistencia a compresión, flexión e impermeabilidad. Los autores destacan que, para lograr este objetivo, se aplican distintos métodos de curado como encharcamiento, rociado, neblinado o el uso de cubiertas saturadas de agua que aseguran la conservación de la humedad y contribuyen al enfriamiento por evaporación, evitando así la pérdida de resistencia prematura del material.

### **3.2.7. Tiempo de aplicación de agua en el curado**

Según Anwar et al. (2022), el tiempo de aplicación de agua durante el curado del concreto es un factor determinante para que se complete la hidratación del cemento y se alcancen las propiedades mecánicas y de durabilidad previstas. El curado debe iniciarse inmediatamente después del fraguado inicial y mantenerse de forma continua durante un periodo suficiente; para concretos ordinarios se recomienda un mínimo de 7 días, mientras que para concretos de alta resistencia puede extenderse hasta 28 días, dependiendo de la mezcla y las condiciones ambientales. La interrupción prematura del curado puede provocar fisuración, pérdida de resistencia y aumento de la porosidad, mientras que un curado adecuado asegura un concreto más durable e impermeable.

### **3.2.8. Duración del curado**

La duración del curado es el tiempo durante el cual el concreto debe mantenerse en condiciones controladas de humedad y temperatura para permitir la hidratación completa del cemento y desarrollar sus propiedades. Según el American Concrete Institute (ACI 308R-16 y ACI 318-19), el curado debe mantenerse al menos 7 días, mientras que la European Committee for Standardization (EN 206-1) recomienda hasta 28 días para

elementos estructurales críticos. Un curado adecuado asegura un concreto durable, resistente e impermeable, mientras que un curado insuficiente puede causar fisuración y pérdida de resistencia.

**Curado inicial.** el curado inicial del concreto se refiere al período inmediatamente posterior al vaciado, durante el cual se mantienen condiciones adecuadas de humedad y temperatura para asegurar una hidratación óptima del cemento. Alfaro Solano y Sánchez Rivera (2025) destacan que variaciones en la temperatura durante las primeras horas del curado pueden reducir significativamente la resistencia final del concreto, evidenciando la importancia de controlar cuidadosamente estas condiciones desde el inicio del proceso.

### **3.2.9. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad del material para soportar cargas que tienden a reducir su volumen sin fracturarse. Es el parámetro mecánico más utilizado para evaluar la calidad del concreto y su aptitud estructural, ya que determina la capacidad del elemento de soportar cargas aplicadas. Esta resistencia depende de factores como la relación agua-cemento, tipo de cemento, agregados, aditivos, curado y tiempo de fraguado. Un concreto correctamente curado tiende a alcanzar su resistencia máxima prevista, mientras que un curado insuficiente puede generar fisuras, alta porosidad y menor desempeño estructural (Anwar, Khan, y Ahmad, 2022).

**Figura 8**

Imagen la resistencia a la compresión de probeta de concreto.



**Nota.** Se visualiza el proceso de ruptura de la probeta de concreto.

**3.2.2. Membranas de curado.**

Las membranas textiles funcionan como elementos que retienen agua y controlan la evaporación superficial. Estudios recientes destacan que los materiales con mayor higroscopicidad (como la lana) poseen mejor comportamiento en curados con recursos hídricos limitados (Rahimi, 2023; Qi, 2024).

Según la NTP 339.185, las membranas de curado permiten conservar la humedad superficial del concreto sin necesidad de aplicar agua de manera continua. Esta norma señala que el uso de elementos absorbentes como mantas húmedas mejora la conservación de la humedad interna del concreto y reduce la aparición de fisuras por retracción plástica.

Adicionalmente, Tarrillo (2024) indican que los métodos de curado que involucran coberturas húmedas generan resistencias superiores en comparación con concreto que no recibe curado o que se deja expuesto a la evaporación ambiental. En su investigación, Tarrillo obtuvo resistencias de hasta 249.68 kg/cm<sup>2</sup> con el uso de coberturas húmedas, demostrando su eficacia.

**Tabla 2***Análisis de materiales*

<b>Material</b>	<b>Propiedad relevante</b>	<b>Implicancia en el curado</b>
Algodón	Alta absorbencia y bajo costo	Retiene humedad, pero puede secarse rápido
Denim	Absorción moderada	Retención limitada, riesgo de pérdida de humedad
Lana	Alta higroscopicidad, absorbe y libera humedad lentamente	Mantiene humedad por más tiempo

**3.3. Definición de términos.**

**Resistencia.** La resistencia en la Ingeniería Civil se define como la capacidad crítica de un material o elemento para soportar las cargas y acciones a las que éstos están o pueden estar sometidos durante su vida útil (Cervera, 2020).

**Resistencia a la compresión del concreto.** David (2022) Comenta en llega a ser un parámetro ampliamente utilizado por los ingenieros para el diseño de estructuras, ya que permite evaluar su desempeño. Esta propiedad se determina mediante la fractura de muestras cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo específica. El cálculo de la resistencia a la compresión se realiza dividiendo la carga máxima soportada por el área transversal de la muestra.

**Curado de concreto.** se define como el “mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla” (National Ready Mixed Concrete Association, 2020).

**Curado con membranas.** Es un método que se usa para mantener la humedad dentro del concreto este se debe aplicar una vez que el concreto haya fraguado

completamente, donde se debe cubrir toda su superficie del concreto con las membranas húmedas y mantener constantemente humedad (Arturo et al., 2005, p. 3).

**Lana.** Origen natural, como la obtenida de la oveja, se utiliza como aislante térmico y acústico en construcciones sostenibles. Sus principales características incluyen ser renovable, biodegradable y con buena capacidad de absorción de humedad, aunque su capacidad de aislamiento térmico es moderada en comparación con la lana mineral (Ashby, 2021)

**Denim.** El denim es un tejido de algodón resistente, caracterizado por su trama diagonal (sarga) y gran durabilidad. Tradicionalmente se usa en la confección de ropa como jeans, chaquetas y ropa de trabajo. En aplicaciones técnicas, los tejidos tipo denim pueden emplearse como material de refuerzo en composites o geotextiles, debido a su resistencia a la tracción y durabilidad (Ghosh y Pramanik, 2020)

**Algodón.** Son fibras que se caracterizan por ser de origen natural, estas llegan a tener un gran impacto en la industria textil por ser de bajo costo a el cual se llegan a fabricar prendas de vestir y otros elementos similares por su característica de durabilidad y mantenimiento de calor (Alonso, 2021, p. 10).

**Agregado.** Llamado también como arena este elemento clave para la elaboración del concreto, ya que representan alrededor del 70% de su volumen, Este se obtiene de fuentes naturales como la arena y la grava, que deben ser procesados para cumplir con sus requisitos normalizados este siendo sus coeficientes de forma, tamaños establecidos y su compositor particular (Angie et al., 2020, p. 11)

**Cemento.** El **cemento** es un **material aglutinante hidráulico** que, al mezclarse con agua, sufre un proceso de **hidratación** que genera compuestos como el gel de silicato-cálcico (C-S-H), responsables de la **resistencia, cohesión y durabilidad** del concreto o mortero. La microestructura formada durante la hidratación — densidad de

poros, tamaño de vacíos y morfología de los hidratos — influye directamente en las propiedades finales del material (Qi et al., 2024).

**Agua.** El agua se define como un líquido incoloro, inodoro e insípido, compuesto por moléculas  $H_2O$ , esencial para la vida y para procesos industriales y de construcción. En ingeniería civil, se considera un componente fundamental en mezclas de concreto, mortero y otros materiales, debido a su función en la hidratación del cemento y en la obtención de resistencia y durabilidad del material (Mbh Kuma et al., 2024; Salim y Al-Azzawi, 2022).

**Concreto.** Es una mezcla que se compone principalmente de dos elementos: los agregados y la pasta, está formada por cemento Portland y agua, funciona como el aglutinante que, uniendo agregados, usualmente arena y grava (piedra triturada o machacada), generando una masa sólida comparable a una roca. Este fenómeno se genera gracias al proceso de endurecimiento de la pasta por la reacción química entre el agua y el cemento. (Martínez et al., 2015, p. 6)

**Dosificación.** Es aplicada en la construcción para lograr que cumpla con la resistencia especificada ( $f_c$ ), la trabajabilidad, la durabilidad y otros requisitos complementarios, la dosificación ha sido ampliamente utilizado tanto en investigaciones tecnológicas como en obras. Su objetivo principal es garantizar que el concreto cumpla con los estándares y requisitos necesarios para su correcto desempeño. (García y Agulló, 2001, p. 12).

## IV. Metodología

### 4.1. Tipo y nivel de investigación.

#### 4.1.1. Tipo de investigación.

La presente investigación, es de tipo experimental puro en la cual se buscó analizar la influencia en la resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> mediante el uso de diferentes tipos de membranas en el curado del concreto. Donde se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para medir y comparar los valores numéricos de los ensayos de compresión obtenidos con cada material usado como membrana como son la lana, el algodón y denim.

#### 4.1.2. Nivel o alcance de investigación.

La tesis es de nivel descriptivo, por lo que se busca identificar y describir los fenómenos causados por las variables de investigación con el objetivo principal de entender interrogantes que ocurren dentro de la investigación así mismo estas darán respuesta a las hipótesis planteadas y poder satisfacer las problemáticas de la investigación.

#### 4.1.3. Diseño de investigación

El esquema experimental se representa de la siguiente manera:

G1: O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>

Donde:

G1 = Grupo experimental;

X = Aplicación de membranas de diferentes materiales;

O<sub>1</sub> = Ensayo previo a la intervención;

O<sub>2</sub> = Ensayo posterior a la intervención.

## **4.2. Ámbito temporal y espacial**

### **4.2.1. Temporal**

La investigación se llevó a cabo entre diciembre del 2023 hasta el mes de marzo de 2024. Durante ese tiempo, se realizaron todas las actividades necesarias para recopilar información y analizar los resultados.

### **4.2.2. Espacial**

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería, Geología y Laboratorio S.R.L., ubicado en el distrito y provincia de Andahuaylas, dentro del departamento de Apurímac, Perú. Donde se realizaron los diversos procesos, pruebas, ensayos, recolección de datos y análisis que fueron fundamentales para el desarrollo del trabajo.

## **4.3. Población y muestra**

### **4.3.1. Población**

En la investigación la población, se identificó mediante los criterios de inclusión y criterios de exclusión. Así como se menciona a continuación:

- 1) Criterio de inclusión:** Para el criterio de tomas de la población se considerará los elementos que cumplan con las características. probetas elaboradas de concreto de dosificación de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, estas deben ser fabricadas a partir de una mezcla homogénea y se curaron empleando membranas lana, algodón y denim.
- 2) Criterio de exclusión:** Para la investigación se excluyen todo tipo de concreto que no cumplieron con los criterios de inclusión. Como concreto que no tengan dosificación de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que tengas diferentes tiempos de fabricación y que no sean de una mezcla homogénea. A si también se excluyen probetas que

no cumplan con las características de calidad establecida en la norma técnica peruana NTP 339.034.

#### 4.3.2. Muestra

Para la investigación las muestras han sido tomadas de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión que fueron mencionados en el ítem 4.3.1. Esta llega a utilizar toda la población de acuerdo al muestreo por conveniencia que llega a ser una clasificación del muestreo no probabilístico el cual se está utilizando para la investigación, ya que esta es de tipo experimental y de nivel descriptivo. Por lo tanto, se asignaron las siguientes cantidades de probetas para cada tipo de curado: 21 probetas para el curado con membrana de lana, 21 probetas para el curado con membrana de algodón, 21 probetas para el curado con membrana de denim y 21 probetas para el curado mediante inmersión. Estos grupos de selección se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 3**

Muestreo.

	Curado con membranas		
	Tiempo de curado		
	7 días	14 días	28 días
Curado con membrana de tela de algodón.	7 probetas	7 probetas	7 probetas
Curado con membrana de tela de denim.	7 probetas	7 probetas	7 probetas
Curado con membrana de tela de lana.	7 probetas	7 probetas	7 probetas
Curado por inmersión.	7 probetas	7 probetas	7 probetas
Sub total	28	28	28
<b>Total</b>		<b>84</b>	

*Nota.* En la tabla muestran los materiales con él se realizó el proceso de curado del concreto.

#### 4.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron las fichas de observación que están preestablecidos por ensayos de laboratorios normados y son avalados por

normativas nacionales como la norma técnica peruana (NTP 339.034.) que ha sido utilizado para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto (Ficha de resistencia a la compresión) y la norma técnica peruana (NTP 339.033.) para el proceso curado de concreto (Ficha de curado de concreto), se pueden visualizar estos instrumentos técnicas y fuente en la tabla 3.

**Tabla 4**

*Ensayos con normativas pre establecidas*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuente</b>
Ensayos de laboratorio	Fichas de laboratorio	Normativas
Resistencia a la compresión	Ficha de ruptura de probeta	(NTP 339.034.)
Curado de concreto	Ficha de curado de concreto	(NTP 339.033.)

*Nota.* Instrumentos basados en las normativas que son de aplicación actualmente.

#### **4.5. Procedimientos**

En la presente investigación, se llevaron a cabo diversos procedimientos, los cuales se detallan a continuación.

En primer lugar, se llevaron a cabo los procesos generales que posibilitaron la obtención del diseño de mezcla y la fabricación de las probetas requeridas para el análisis. Después, se llevaron a cabo los procedimientos diferenciados para cada clase de membrana (algodón, denim y lana), en función de los objetivos establecidos.

Como parte de los procedimientos generales, se comenzó con la extracción de la materia prima, que consiste en agregados finos y gruesos, recolectados el 11 de diciembre de 2023 en la cantera Reyna Vílchez S.A.C. Los 0.5 m<sup>3</sup> de material extraído fueron llevados al laboratorio para hacer ensayos preliminares. A

continuación, se realizaron las pruebas necesarias para el diseño de mezcla, incluyendo el análisis del tamaño de las partículas de acuerdo a la norma ASTM C136, la medición del porcentaje de humedad siguiendo ASTM C566, y las pruebas de gravedad específica, absorción y peso unitario según ASTM C128 y C129. De acuerdo con los lineamientos del ACI 211, se diseñó la mezcla a partir de las conclusiones logradas, calculando las cantidades de insumos necesarias para conseguir un concreto con una resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . El 13 de diciembre de 2023, se empleó esta dosificación para crear 30 probetas con un slump de 4 pulgadas; estas se utilizaron posteriormente en el procedimiento de encamisado y curado. Por último, se definieron ensayos de ruptura a la compresión para los días 7, 14 y 28. Estos serían utilizados en todas las probetas sin importar el tipo de membrana que se empleara.

En cuanto al **primer objetivo específico**, que busca analizar el impacto del curado con membrana de algodón, se elaboraron 21 probetas y se forraron con material reciclado de algodón el día 14 de diciembre de 2023. Para garantizar que la humedad superficial del concreto se preservara, la membrana se mantuvo húmeda por día durante el periodo de curado de 28 días. Una vez que el tiempo de curación terminó, las probetas se probaron para determinar su resistencia a la compresión después de 7, 14 y 28 días. Esto permitió un análisis de cómo funciona mecánicamente el concreto curado con esta membrana.

Para el **segundo objetivo específico**, que se relaciona con el curado utilizando membrana de denim, se llevó a cabo el mismo proceso de encamisado el 14 de diciembre de 2023, empleando tela de denim reciclada de prendas. Se prepararon 21 probetas y se les realizó un riego diario a lo largo de los 28 días determinados. De manera similar al caso previamente mencionado, las probetas tratadas con membrana de denim fueron sometidas a pruebas de ruptura por

compresión en las tres edades establecidas, obteniendo resultados que permitieron evaluar el impacto de este material en el desarrollo de la resistencia del concreto.

En conexión con el **tercer objetivo específico**, que se enfoca en evaluar el curado utilizando membrana de lana, se han elaborado otras 21 probetas encamisadas el 14 de diciembre de 2023. Las membranas se elaboraron a partir de lana reciclada y se mantuvieron en un estado de humedad constante durante el proceso de curado que duró 28 días. Después de transcurrido este período, las probetas se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, lo que permitió determinar el impacto del curado con lana en la resistencia final del concreto.

Finalmente, para hacer una comparación con los métodos de curado que utilizan membranas, se tomó como referencia una unidad **patrón** compuesta por tres muestras que se curaron sumergiéndolas completamente en agua. Estas muestras fueron curadas durante 28 días, y de la misma manera que las anteriores, se probaron a los 7, 14 y 28 días, ofreciendo un punto de comparación estándar para evaluar cómo se comporta el concreto curado con las distintas membranas analizadas.

#### **4.5.1. Extracción de materia prima.**

Para la elaboración del concreto con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se realizó el diseño de mezcla utilizando diferentes insumos que son la materia prima, como agregados finos y gruesos, Llevándose a cabo el lunes 11 de diciembre de 2023, materiales que fueron proporcionados por la cantera Reyna Vílchez S.A.C., ubicada en el centro poblado de Chumbao siendo las coordenadas UTM: Este: 672316.65 m E y Sur: 8489098.29 m S, como se muestra en la figura 9.

**Figura 9**

Mapa de ubicación del proveedor de agregado



*Nota.* Ubicación del laboratorio en el Centro Poblado Chumbao provincia de Andahuaylas.

Se obtuvo el agregado necesario para la elaboración del diseño de mezclas y para el concreto, adquiriendo un total de 0.5 m<sup>3</sup>, distribuidos en 0.25 m<sup>3</sup> de agregado fino y 0.25 m<sup>3</sup> de agregado grueso, los que fueron trasladados al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes para la determinación del diseño de mezcla, tal como se muestra en la figura 10.

**Figura 10**

Recolección de agregado



*Nota.* La imagen muestra el momento de la extracción y traslado del agregado de la cantera

#### **4.5.2 Elaboración del diseño de mezclas para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

En la investigación fue necesario realizar un diseño de mezcla para garantizar un concreto con dosificación  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Para ello, los ensayos se realizaron en el Laboratorio Ingeniería, Geología y Laboratorio S.R.L. obteniendo la validación correspondiente que respalda los resultados, los cuales están en los anexos. Los ensayos realizados para el diseño del concreto incluyeron granulometría de agregado fino, granulometría de agregado grueso, índice de humedad de agregado fino, índice de humedad de agregado grueso, peso específico de agregado fino y peso específico de agregado grueso para lograr una dosificación garantizada del concreto. Las imágenes relacionadas con los ensayos están disponibles en los anexos.

##### **4.5.2.1. Ensayo de granulometría de agregado fino y agregado grueso**

Para el diseño del concreto con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se realizó un ensayo de análisis granulométrico de agregado fino y grueso, con el objetivo de conocer la distribución granulométrica del agregado recolectado de la cantera Reyna Vilchez S.A.C.

En el análisis granulométrico del agregado fino se utilizaron tamices de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200. De manera similar, se realizó el análisis granulométrico del agregado grueso, utilizando tamices de 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y N°16. Estos ensayos están sujetos a la norma ASTM C136. Los resultados de los análisis granulométricos de los agregados fino y grueso se encuentran en los anexos. La ejecución de este ensayo se muestra en la figura 11.

### Figura 11

Ensayos de granulometría



**Nota.** Imagen de los ensayos granulométricos ejecutados en el laboratorio.

#### 4.5.2.2. Ensayo de porcentaje de humedad

Para elaborar el diseño de mezcla de un concreto con resistencia de  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, es necesario conocer el porcentaje de humedad de los agregados grueso y fino. Por ello, se realizaron los ensayos de porcentaje de humedad para ambos tipos de agregado, mediante la fórmula del porcentaje de humedad:  $\%W = (W_w/W_s) \times 100$  respaldado por la norma ASTM C566. Siendo los resultados obtenidos 0.27% de humedad para el agregado grueso y un 4.81% para el agregado fino los que finalmente se emplearon

para el diseño de la mezcla. Esta información fue fundamental para ajustar las proporciones y asegurar que la mezcla cumpliera con los requisitos necesarios para el estudio. El ensayo se muestra en la figura 12.

### Figura 12

Ensayo de índice de humedad



**Nota.** Imagen muestra el ensayo de humedad de los agregados.

#### 4.5.2.3. Ensayo de gravedad específica, absorción y peso unitario

Para realizar el diseño de mezcla de un concreto con una resistencia característica de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se llevaron a cabo ensayos para determinar la gravedad específica, la absorción y el peso específico de los agregados grueso y fino con la finalidad determinar la gravedad específica de los agregados en su estado suelto y aparente, el porcentaje de absorción y el peso varillado, siguiendo las normas ASTM C128 y ASTM C129. Los resultados de estos ensayos se presentan en los anexos. El ensayo se muestra en la figura 13.

**Figura 13**

Ensayo del peso específico



**Nota.** La imagen muestra el ensayo del peso específico.

#### **4.5.3. Elaboración de probetas.**

Para la elaboración de las probetas, se utilizó el diseño de mezcla obtenido previamente a partir de los ensayos respectivos, basados en la norma ACI 211. Las cantidades utilizadas fueron: 367.12 kg de cemento, 1,081.66 kg de agregado grueso, 750.06 kg de agregado fino y 179.48 litros de agua por metro cúbico, conforme al diseño de mezcla para la elaboración de concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Se fabricaron un total de 30 probetas el 13 de diciembre de 2023 a las 15:00 horas en el laboratorio Ingeolab S.B.L. Las proporciones para la dosificación del concreto fueron calculadas en kilogramos, con el fin de lograr una mayor precisión en la resistencia del concreto, utilizando un slump de 4 pulgadas. El diseño de mezcla establecido por el laboratorio fue seguido rigurosamente. En la figura 14 se muestra el proceso de fabricación de las probetas.

**Figura 14**

Fabricación de probetas de concreto



#### **4.5.4. Encamisado de probetas concreto**

Para el encamisado de las probetas de concreto, se emplearon varios materiales mencionados en los objetivos específicos de la investigación, incluyendo lana, algodón y denim. Este proceso se realizó al día siguiente de la fabricación de las probetas, específicamente el 14 de diciembre de 2023. Se encamisaron un total de 84 probetas, distribuidas en cuatro grupos de 21 probetas cada uno. Estas membranas fueron elaboradas a partir de materiales reciclados, específicamente prendas de vestir. El proceso de encamisado se muestra en la figura 15.

**Figura 15**

Probetas de concreto encamisadas



#### **4.5.5. Curado de probetas de concreto**

El curado del concreto se llevó a cabo al día siguiente de la elaboración de las probetas. En este proceso, las membranas se humedecieron con el fin de mantener el concreto húmedo durante un mayor tiempo, realizándose la humectación una vez al día. El curado se extendió durante 28 días, que fue el tiempo total del proceso. Además, se realizó el curado por inmersión en tres probetas de concreto que sirvieron como unidad patrón para la investigación. El proceso de curado se muestra en la figura 16.

#### **Figura 16**

Curado de probetas de concreto encamisadas.



**Nota.** Curado de las probetas de concreto encamisadas.

#### **4.5.6. Ruptura de probetas de concreto.**

El proceso de ruptura de las probetas de concreto las que fueron curadas por distintos de membrana se llevaron a cabo a los 7, 14 y 28 días después de la fabricación. Estos tiempos permitieron evaluar el desarrollo de las propiedades del concreto en diferentes etapas de curado. y para la unidad patrón se llegó a romper una probeta según las fechas propuestas, el procedimiento se realizó en el laboratorio INGEOLAB S.B.L., que fue el mismo lugar donde se desarrolló toda la investigación. El proceso de ruptura de concreto se muestra en la figura 16.

**Figura 17**

Ruptura de probetas de concreto.



**Nota.** Proceso de ruptura de las probetas se llevaron a los 7, 14 y 28 días

#### 4.6. Análisis de datos.

En la investigación se emplearon diversos tipos de membranas, incluyendo lana, algodón y denim. El análisis de los datos se llevó a cabo en función de las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días.

##### 4.6.1. Análisis y recolección de datos a los 7 días.

###### 4.6.1.1. Análisis de datos a los 7 días.

Para un análisis de datos más eficiente, se analizaron los datos obtenidos de los ensayos a la compresión del concreto esto se hizo a los 7 días después de la fabricación de las probetas del concreto.

**Tabla 5**

Datos analizados a los 7 días.

Tiempo de maduración	Curado con membrana de algodón		Curado con membrana de denim		Curado con membrana de lana		Curado por inmersión	
7 días	AL-1	140.74	DE-1	131.23	LA-1	143.06	I-1	140.74
	AL-2	141.41	DE-2	129.47	LA-2	142.49	I-2	142.49
	AL-3	139.09	DE-3	140.45	LA-3	141.53	I-3	142.55
	AL-4	142.04	DE-4	131.74	LA-4	141.58	I-4	141.25
	AL-5	139.21	DE-5	130.66	LA-5	141.30	I-5	141.58
	AL-6	139.89	DE-6	136.60	LA-6	143.57	I-6	144.19
	AL-7	140.57	DE-7	135.87	LA-7	142.72	I-7	142.66
<b>Resistencia promedio</b>		<b>140.21</b>		<b>133.72</b>		<b>142.32</b>		<b>142.21</b>

**Nota.** muestra el curado de las distintas membranas y la resistencia obtenida a los 7 días.

En la tabla 4 se puede observar las nomenclaturas de las briquetas y resistencias relacionados a los ensayos de compresión y la resistencia promedio según el tipo de curado.

#### 4.6.1.2. Análisis de datos a los 14 días.

**Tabla 6**

Datos analizados a los 14 días

Tiempo de maduración	Curado con membrana de algodón		Curado con membrana de denim		Curado con membrana de lana		Curado por inmersión	
14 días	AL-8	172.09	DE-8	168.80	LA-8	170.22	I-8	170.33
	AL-9	167.28	DE-9	169.60	LA-9	169.65	I-9	168.80
	AL-10	169.14	DE-10	168.86	LA-10	168.97	I-10	169.20
	AL-11	169.26	DE-11	169.14	LA-11	169.71	I-11	168.18
	AL-12	170.61	DE-12	168.75	LA-12	168.35	I-12	170.44
	AL-13	169.54	DE-13	169.31	LA-13	170.50	I-13	169.99
	AL-14	168.58	DE-14	169.20	LA-14	169.88	I-14	169.82
<b>Resistencia promedio</b>	<b>169.50</b>		<b>169.09</b>		<b>169.61</b>		<b>169.54</b>	

**Nota.** muestra el curado de las distintas membranas y la resistencia obtenida a los 7 días.

En la investigación se recopilaron datos a los 14 días tras la fabricación de las probetas de concreto, en el cual se puede observar que la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días es superior a la registrada a los 7 días de luego de la aplicación de los curados con diferentes membranas.

#### 4.6.1.3. Análisis de datos a los 28 días

Para tener un mejor control sobre los datos obtenidos, se realizó un análisis para verificar la resistencia obtenidas a los 28 días. En la tabla 6 se presentan los resultados, que evidencian valores superiores a los de las Tablas 4 y 5, ya que corresponden a las mediciones anteriores correspondiente a los siete y catorce días.

Tabla 7

Datos analizados a los 28 días

Resistencia	Curado con membrana de algodón		Curado con membrana de denim		Curado con membrana de lana		Curado por inmersión	
Resistencia a 28 días	A-15	210.79	DE-15	209.32	LA-15	214.36	I-15	211.30
	AL-16	209.26	DE-16	208.36	LA-16	211.87	I-16	209.32
	AL-17	210.11	DE-17	207.28	LA-17	210.62	I-17	215.09
	AL-18	210.68	DE-18	209.04	LA-18	213.06	I-18	212.66
	AL-19	209.04	DE-19	209.26	LA-19	213.28	I-19	212.09
	AL-20	207.62	DE-20	207.74	LA-20	210.40	I-20	210.91
	AL-21	212.89	DE-21	207.40	LA-21	212.38	I-21	212.09
<b>Resistencia promedio</b>	<b>210.06</b>		<b>208.34</b>		<b>212.28</b>		<b>211.92</b>	

**Nota.** Se muestra el curado de datos recolectados a los 28 días.

#### 4.6.2. Análisis comprobación de hipótesis.

En la investigación se llega a obtener una hipótesis general y tres hipótesis específicas, estas se deslindan en hipótesis alterna ( $H_i$ ) e hipótesis nula ( $H_0$ ):

**Hipótesis general.** El curado con membranas de diferentes materiales influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- $H_i$ : El curado con membranas de diferentes materiales influye positivamente en la resistencia a la compresión
- $H_0$ : El curado con membranas de diferentes materiales influye no positivamente en la resistencia a la compresión

**Hipótesis específica 1.** El curado con membrana de algodón influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- $H_i$ : El curado con membrana de algodón influye positivamente en la resistencia a la compresión
- $H_0$ : El curado con membrana de algodón influye no positivamente en la resistencia a la compresión

**Hipótesis específica 2.** El curado con membrana de denim influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- Hi: El curado con membrana de denim influye positivamente en la resistencia a la compresión
- H0: El curado con membrana de denim influye no positivamente en la resistencia a la compresión

**Hipótesis específica 3.** El curado con membrana de lana influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- Hi: El curado con membrana de lana influye positivamente en la resistencia a la compresión
- H0: El curado con membrana de lana influye no positivamente en la resistencia a la compresión

#### 4.6.2.1. Prueba de normalidad SHAPIRO-WILK

Para la prueba de normalidad la investigación llegó a utilizar la metodología de (Shapiro-Wilk) donde se demuestra que todos los grupos presentados tienen una distribución normal, al tener  $p > 0.05$ .

**Tabla 7**

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

Grupo	Estadístico W	Valor p	Distribución
Algodón	0.973	0.919	Normal
Denim	0.873	0.198	Normal
Lana	0.955	0.774	Normal
Inmersión	0.954	0.766	Normal

**Nota.** Las significancias llegan a ser mayores de 0.05 y son de distribución normal

#### 4.6.2.2. Análisis diferencial de datos ANOVA

Se aplicó ANOVA para determinar si existían diferencias significativas dentro de los grupos de invitación estos son: curado con membrana de lana, curado con membranas de algodón y curado con membrana de denim, los resultados se muestran en la tabla 8. Dado que el valor de  $p$  ( $0.001$ )  $< 0.05$ , se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia del concreto entre los grupos curados con diferentes membranas.

**Tabla 8**

Análisis diferencial de datos ANOVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Valor p
Entre grupos	69.705	3	23.235	10.632	<0.001
Dentro de grupos	52.449	24	2.185		
Total	122.153	27			

#### 4.6.2.3. Prueba comparaciones múltiples TUKEY

Una vez que se encontró evidencia estadística por el uso de ANOVA, se procedió se llega a aplicar la prueba de comparaciones múltiples de TUKEY, con el fin de poder encontrar las diferencias significativas dentro de los grupos de investigación.

**Tabla 9**

Prueba de comparaciones múltiples TUKEY

(I) Tipo curado	de (J) Tipos curado	Diferencia de medias (I-J)	de Valor p	Intervalo Confianza 95%
Algodón	Inmersión	-1.86714	0.112	(-4.0469; 0.3127)
	Denim	1.71286	0.161	(-0.4669; 3.8927)
	Lana	-2.22571	0.044	(-4.4055; 4.0459)
Denim	Inmersión	-3.58000	<0.001	(-5.7598; 1.4002)
	Algodón	-1.71286	0.161	(-3.8927; 0.4669)

	Lana	-3.93857	<0.001	(-6.1184; -1.7588)
Lana	Inmersión	0.35857	0.968	(-1.8212; 2.5384)
	Algodón	2.22571	0.044	(0.0459; 4.4055)
	Denim	3.93857	<0.001	(1.7588; 6.1184)

#### 4.6.2.3. Comprobación de hipótesis

Los datos obtenidos al procesarlos mediante el uso de ANOVA y TUKEY se llegan a obtener los siguientes resultados mostrados en la tabla 9.

**Tabla 10**

Comprobación de hipótesis

Hipótesis	Resultado	Justificación
<b>Hipótesis general</b>		
El curado con membranas de diferentes materiales influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Se acepta la hipótesis alterna (Hi)	Se acepta la hipótesis general, ya que el análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre los tres tipos de curado ( $p < 0.05$ ).
<b>Hipótesis específicas</b>		
El curado con membrana de algodón influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Se acepta la hipótesis alterna (Hi)	La membrana de algodón muestra una significancia de 0.112 respecto al curado por inmersión está siendo la unidad patrón.
El curado con membrana de denim influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	Se rechaza la hipótesis alterna (Hi) y se considera la hipótesis nula (H0)	La membrana de denim muestra una significancia de <0.001 respecto al curado por inmersión está siendo la unidad patrón.
El curado con membrana de lana influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	Se acepta la hipótesis alterna (Hi)	La membrana de lana muestra una significancia de 0.968 respecto al curado por inmersión está siendo la unidad patrón.

## V. Resultados y discusión.

### 5.1 Resultados.

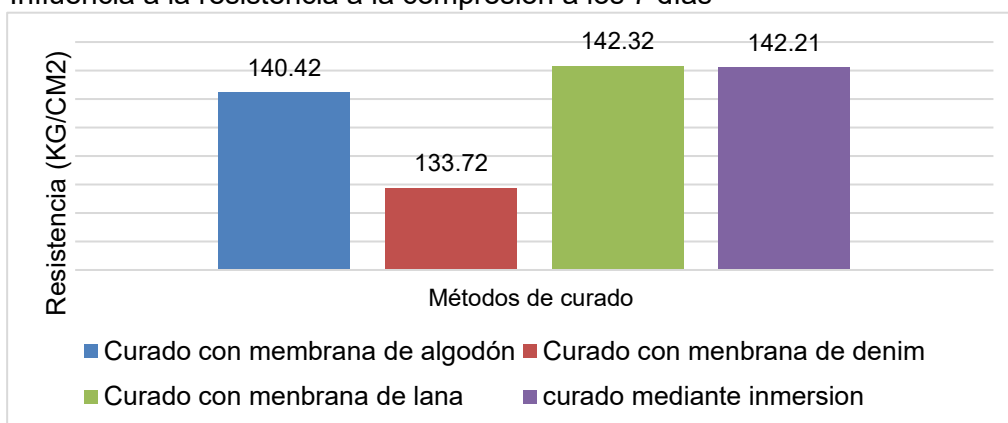
#### 5.1.1. Resultados en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ aplicando diferentes membranas para el curado

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con dosificación  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se obtuvieron a partir de probetas que fueron divididas en tres grupos para análisis o ruptura. Estos grupos fueron organizados según el tiempo de maduración del concreto, evaluándose a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

#### Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

**Figura 18**

Influencia a la resistencia a la compresión a los 7 días

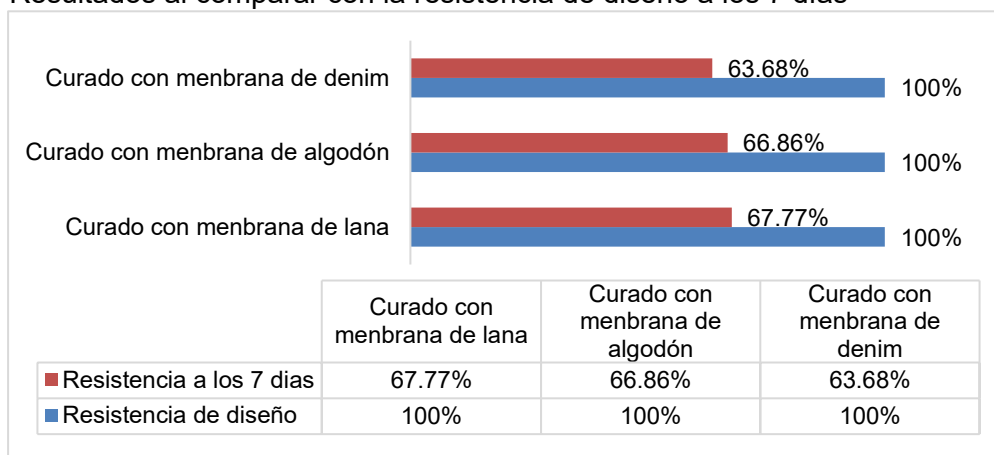


**Nota.** Se muestra los resultados promedios de los procesos de curado.

En la figura 18 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados para evaluar la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días, utilizando diferentes métodos de curado, indicando las siguientes resistencias: el curado con membrana de lana logró una resistencia de  $142.32 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el curado con membrana de algodón alcanzó  $140.42 \text{ kg/cm}^2$ . Por su parte, el curado con membrana de denim mostró una resistencia de  $133.72 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente, el método de inmersión resultó en una resistencia de  $142.21 \text{ kg/cm}^2$ , resaltando al curado con membrana de con mayor nivel de resistencia a la compresión a los 7 días.

**Figura 19**

Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 7 días

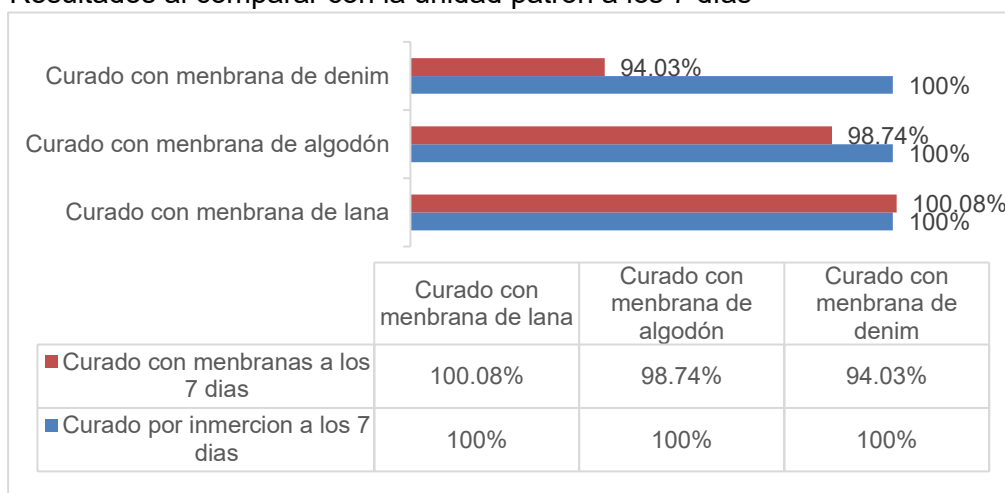


**Nota.** Se muestra los resultados expresados en porcentajes.

En la figura 19 se presentan los resultados obtenidos, expresados en porcentajes, tomando como referencia la resistencia de diseño, la cual se considera el 100%. Los resultados se muestran de la siguiente manera: el curado con membrana de lana alcanzó un 67.77%, el curado con membrana de algodón un 66.86%, y el curado con membrana de denim un 63.68%.

**Figura 20**

Resultados al comparar con la unidad patrón a los 7 días



**Nota.** Se muestra los resultados expresados en porcentajes.

En la figura 20, se presenta la unidad patrón, correspondiente al curado mediante inmersión, que alcanzó una resistencia de 142.21 kg/cm<sup>2</sup>. A partir de estos resultados, A

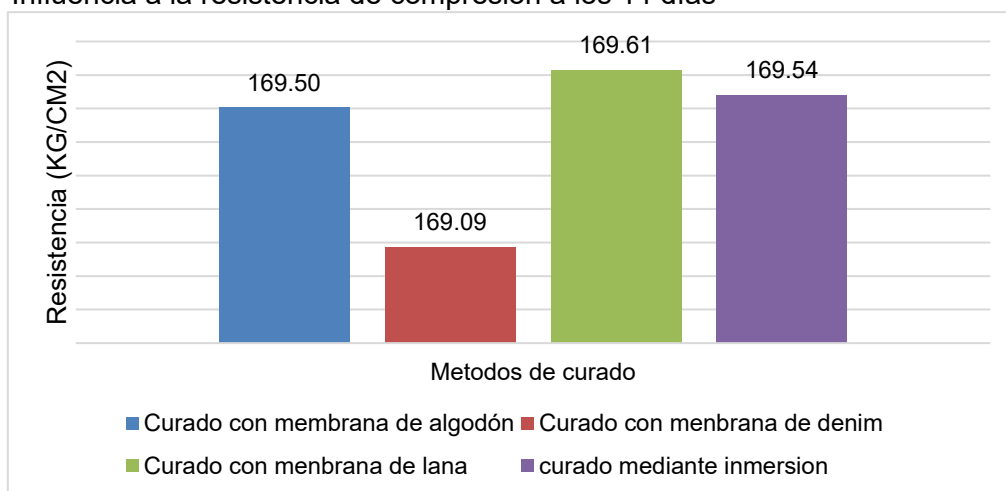
partir de estos resultados, se pueden observar diferencias en las resistencias obtenidas con otras membranas de curado. El curado con membranas de lana superó al método de inmersión en un 0.8%, mientras que el curado membranas de algodón se encuentra por debajo en un 1.26%. Por otro lado, el curado con membranas de denim no logró igualar la resistencia del curado por inmersión, mostrando un valor inferior del 5.96% en relación a la resistencia patrón, por lo tanto, los resultados indican que la resistencia del concreto varía según el tipo de membrana utilizada durante el proceso de curado.

### Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto, dosificado con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , fueron obtenidos a partir de diferentes métodos de curado utilizando membranas de diversos materiales.

**Figura 21**

Influencia a la resistencia de compresión a los 14 días



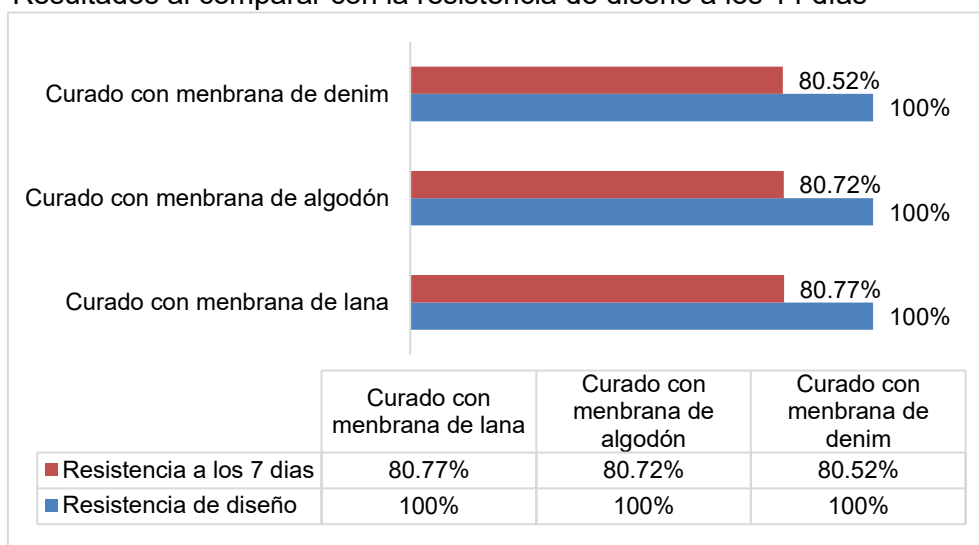
**Nota.** Se muestra los resultados promedios de los procesos de curado.

En la figura 21 se observan los resultados de los ensayos de compresión, donde se puede apreciar que el uso de membrana de lana para el proceso de curado, llega a lograr una resistencia de  $169.61 \text{ kg/cm}^2$  de manera similar, el curado con membrana de algodón alcanzó la resistencia de  $169.50 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el curado con membrana de denim alcanzó la resistencia de  $169.09 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente, el curado mediante inmersión mostró

una resistencia de 169.54 kg/cm<sup>2</sup> demostrando que el curado con membrana de lana presenta la mayor resistencia a la compresión a los 14 días, seguido por el curado por inmersión, luego el curado con membrana de algodón, finalmente el curado con membrana de denim, generando variaciones en la resistencia del mismo.

**Figura 22**

Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 14 días

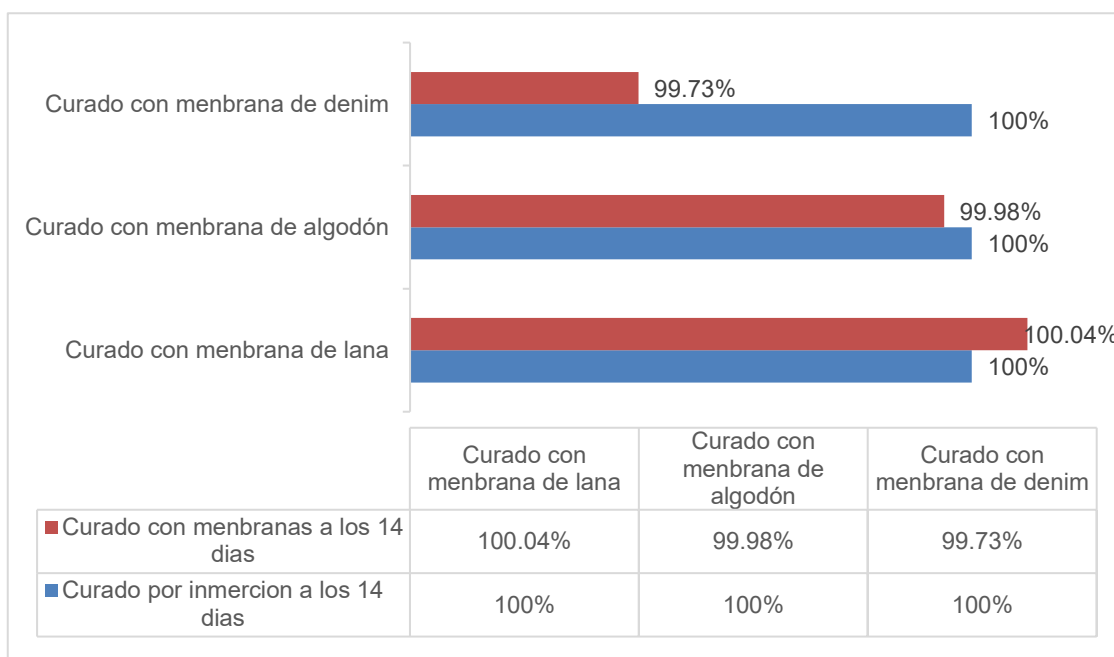


**Nota.** Se muestra los resultados expresados en porcentajes.

En la figura 22 se presentan los resultados porcentuales de la resistencia a la compresión del curado con las diferentes membranas. La investigación se centró en un concreto con una resistencia de diseño de  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, que se establece como el estándar al que se aspira, representando el 100% de efectividad. Demostrando los siguientes resultados que se expresan de la siguiente manera curado con membrana de lana alcanzó una resistencia a la compresión de 80.77%, el curado con membrana de algodón mostró una compresión de 80.72% y por su parte el curado con membrana de denim llega al 80.52%. Estos ensayos reflejan la efectividad de las diferentes membranas en el proceso de curado del concreto, claro evidenciando variaciones en su desempeño.

**Figura 23**

Resultados al comparar con la unidad patrón a los 14 días



**Nota.** Se muestra los resultados expresados en porcentajes.

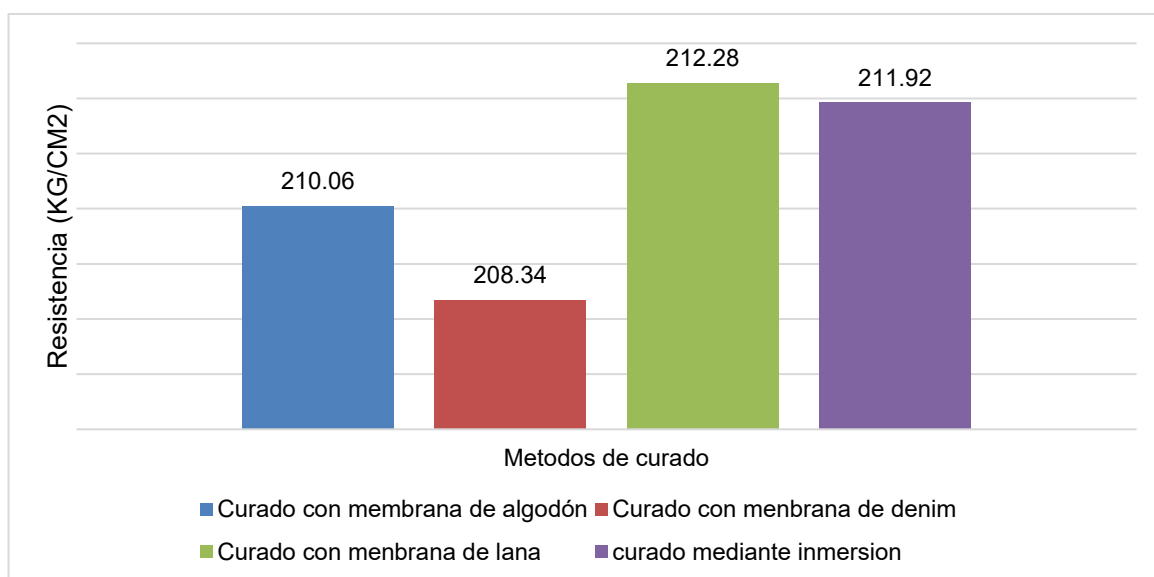
En la figura 23, se muestra una comparación de la unidad patrón correspondiente al curado mediante inmersión, el cual obtuvo la resistencia de 169.54 kg/cm<sup>2</sup>, al analizar los resultados en términos porcentuales, se observa que el curado con membranas de lana supera al método de inmersión en un 0.04%, mientras que el curado con membranas de algodón se encuentra por debajo del en un 0.02%. Por otro lado, el curado con membranas de denim no logra igualar la resistencia del curado por inmersión, mostrando un déficit del 0.27%. demostrando que existen diferencias en las resistencias obtenidas con distintos tipos de membranas, sin embargo, son bastante cercanas entre sí.

### Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.

Los resultados obtenidos a los ensayos de compresión a los 28 días de maduración del concreto, el cual fue dosificado a una resistencia de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y fueron curados con membranas de diferentes materiales estos son.

**Figura 24**

Influencia a la resistencia a la compresión a los 28 días.

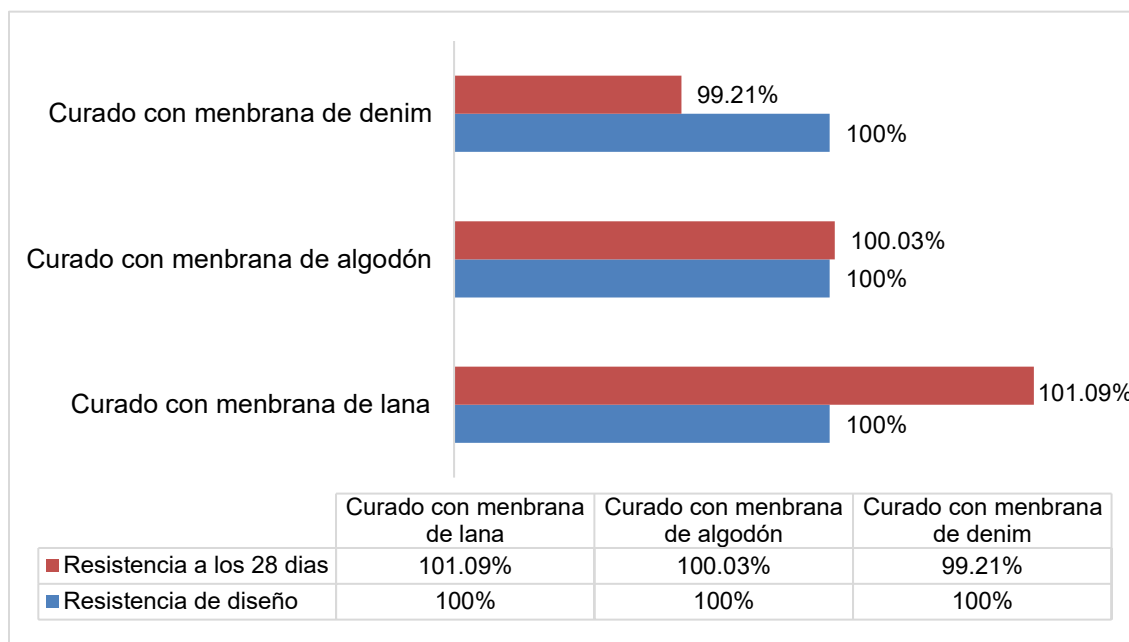


**Nota.** Se muestra los resultados promedios al curar con membranas.

En la figura 24 se presentan los resultados de los ensayos de compresión, el curado con membrana de lana logró una resistencia de  $212.28 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el curado con membrana de algodón llegó a  $210.06 \text{ kg/cm}^2$ . Por su parte, el curado con membrana de denim obtuvo una resistencia de  $208.34 \text{ kg/cm}^2$ . Para la unidad patrón que corresponde al curado por inmersión, mostró una resistencia de  $211.92 \text{ kg/cm}^2$ . Demostrando que el curado con membrana a los 28 días tiene mayor resistencia, seguido por el curado con membrana de algodón y finalmente el curado con membrana de denim. Esto evidencia que el tipo de membrana utilizada para el curado del concreto tiene influencia en su resistencia.

**Figura 25**

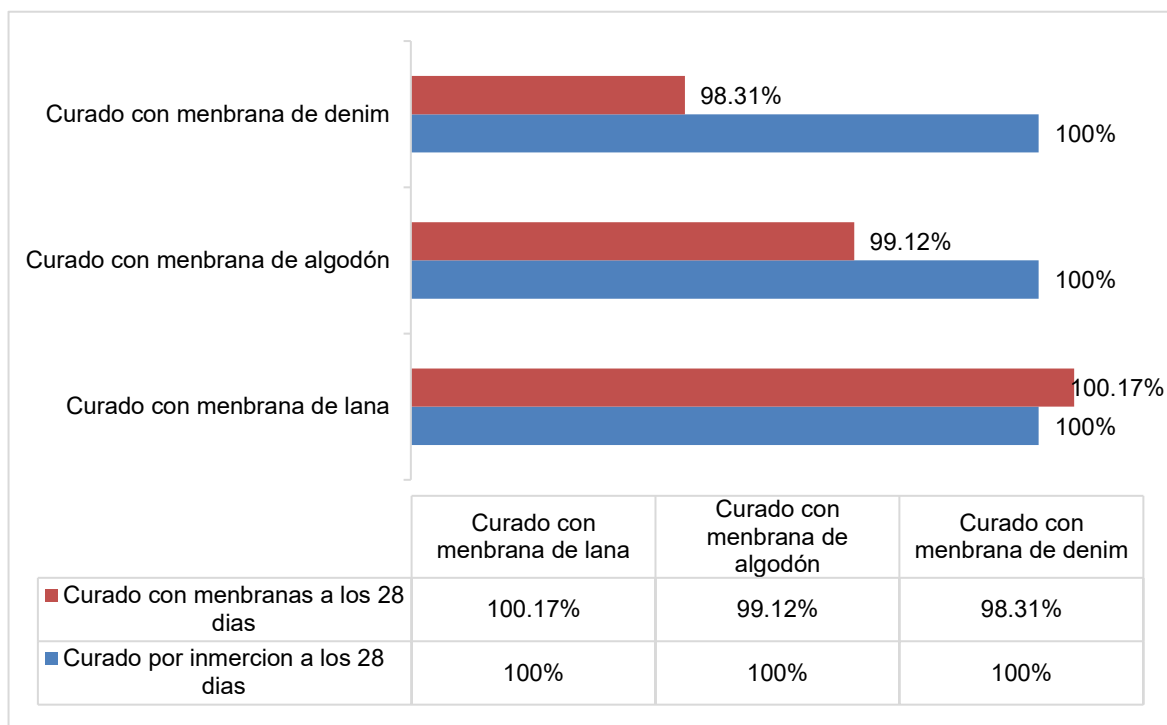
Resultados al comparar con la resistencia de diseño a los 28 días



En la figura 25 se presentan los resultados porcentuales de la resistencia a la compresión del curado con las diferentes membranas. Donde la investigación se centró en un concreto con una resistencia de diseño de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , que se establece como el estándar al que se aspira, representando el 100% de efectividad. Demostrando los siguientes resultados que se expresan de la siguiente manera curado con membrana de lana alcanzó una resistencia a la compresión de 101.09 %, el curado con membrana de algodón mostró una compresión de 100.03 % y por su parte el curado con membrana de denim llega al 99.21%. Estos ensayos reflejan la efectividad de las diferentes membranas en el proceso de curado del concreto.

**Figura 26**

Resultados al comparar con la unidad patrón a los 28 días.



**Nota.** Se muestra los resultados expresados en porcentajes.

En la figura 26 se muestran los resultados sobre la resistencia a la compresión del concreto se compararon con la unidad patrón, que en este caso es el curado por inmersión, el cual alcanzó una resistencia de 211.92 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar los diferentes métodos de curado, se observó que el curado con membrana de lana superó al de inmersión en un 1.09%, mientras que el curado con membrana de algodón se encuentra inferior levemente en un 0.03%. En contraste, el curado con membrana de denim no logró igualar el rendimiento del curado por inmersión, quedando por debajo en un 0.79%. Estos datos mostrados llegan a reflejar la influencia que tienen las diferentes membranas usadas para el curado de acuerdo a la unidad patrón mostrada.

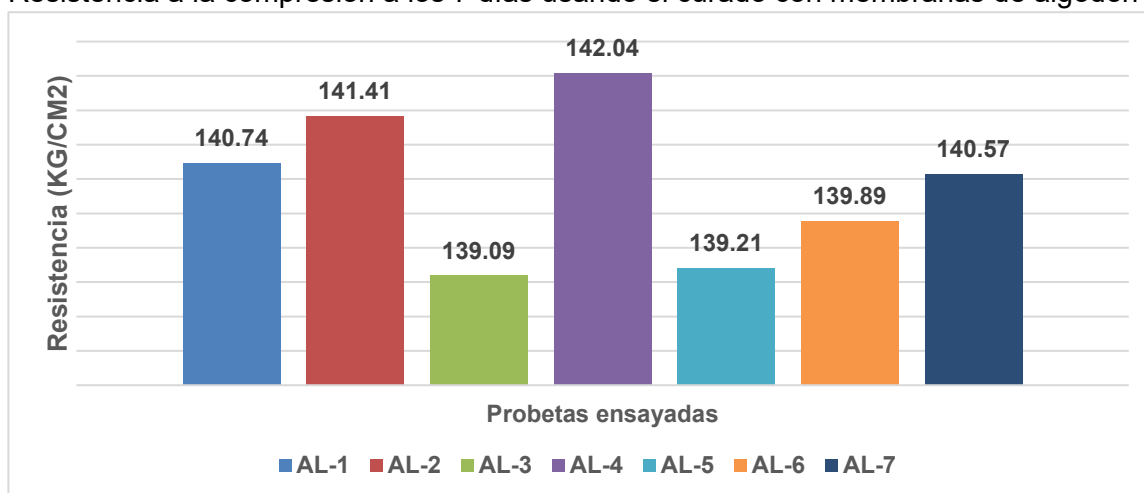
### 5.1.2. Resistencia a la compresión del concreto usar el curado con membrana de algodón.

Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión del concreto, curado mediante membranas de algodón, se realizaron a tres intervalos de tiempo: 7, 14 y 28 días, en función de la maduración del concreto. Los resultados de dichos ensayos pueden consultarse en los anexos.

#### Resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de algodón a los 7 días.

**Figura 27**

Resistencia a la compresión a los 7 días usando el curado con membranas de algodón



**Nota.** Se muestra los resultados obtenidos al curar con membranas de algodón a los 7 días.

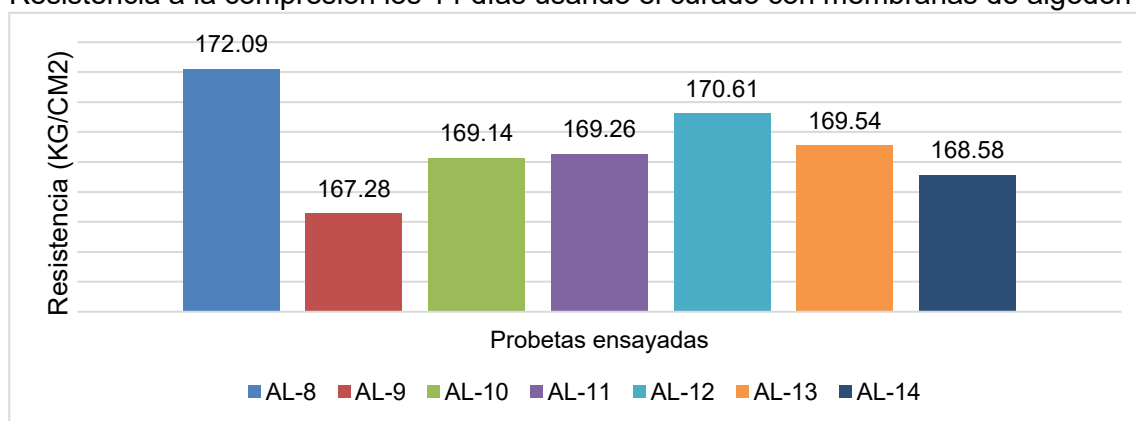
En la figura 27, se muestran los resultados de los ensayos a la compresión de las diferentes probetas en la que se utilizaron membranas de algodón para su proceso de curado. Así mismo, se detalla que fueron siete las probetas utilizadas para la primera etapa de maduración del concreto correspondiente a los 7 días, estas llegan a ser: La primera probeta AL-1 que soportó una carga de 24,870 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 140.74 kg/cm<sup>2</sup>; La segunda probeta AL-2, toleró una carga de 24,990 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 141.41

kg/cm<sup>2</sup>; La tercera probeta AL-3 soportó una carga de 24,580 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 139.09 kg/cm<sup>2</sup>; La cuarta probeta AL-4 soportó una carga de 25,100 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 142.04 kg/cm<sup>2</sup>; La quinta probeta AL-5 soportó una carga de 24,600 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 139.21 kg/cm<sup>2</sup>; La sexta probeta AL-6 soportó una carga de 24,720 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 139.21 kg/cm<sup>2</sup>; La séptima probeta AL-7 soportó una carga de 24,840 kg y al ser dividida con su área de la probeta llega a ser equivalente a 140.57 kg/cm<sup>2</sup>. Y generando una media aritmética de los resultados de las diversas probetas se llega a obtener una resistencia a la compresión del concreto de 140.42 kg/cm<sup>2</sup> al aplicar el curado con membranas de algodón.

### Resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de algodón a los 14 días.

**Figura 28**

Resistencia a la compresión los 14 días usando el curado con membranas de algodón



**Nota.** Se muestra los resultados obtenidos al curar con membranas de algodón a los 14 días.

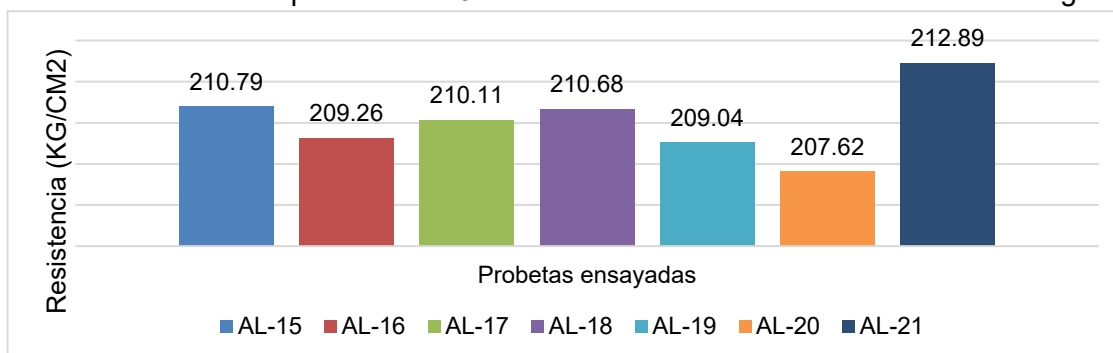
En la figura 28, se muestran los resultados de los ensayos obtenidos a los 14 días, del curado del concreto con membranas de algodón, donde se obtiene la resistencia promedio a la compresión de 169.50 kg/cm<sup>2</sup>. Este promedio se deriva las siete probetas identificadas como AL-8, AL-9, AL-10, AL-11, AL-12, AL-13 y AL-14, estas fueron

procesadas de la siguiente manera: La primera probeta AL-8 soportó una carga de 30,410 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 172.09 kg/cm<sup>2</sup>; La segunda probeta AL-9 soportó una carga de 29,560 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 167.28 kg/cm<sup>2</sup>; La tercera probeta AL-10 soportó una carga de 29,890 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.14 kg/cm<sup>2</sup>; La cuarta probeta AL-11 soportó una carga de 29,910 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.29 kg/cm<sup>2</sup>; La quinta probeta AL-12 soportó una carga de 30,150 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 170.61 kg/cm<sup>2</sup>; La sexta probeta AL-13 soportó una carga de 29,960 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.54 kg/cm<sup>2</sup>; La séptima probeta AL-14 soportó una carga de 29,790 kg, y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.58 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de algodón a los 28 días.**

**Figura 29**

Resistencia a la compresión los 28 días usando el curado con membranas de algodón



**Nota.** Se muestra los resultados obtenidos al curar con membranas de algodón a los 28 días.

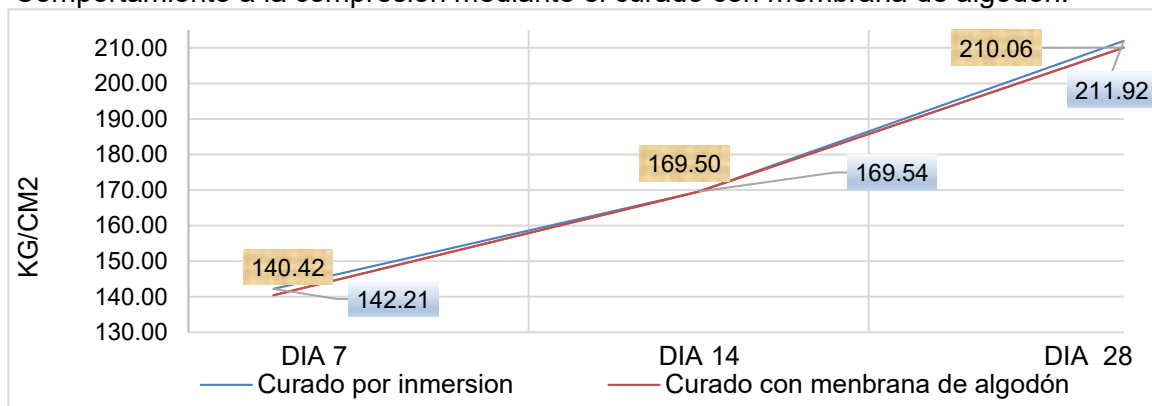
En la figura 29 se muestran los resultados del curado del concreto con membranas de algodón durante un periodo de 28 días, donde se logró una resistencia promedio a la compresión de 210.06 kg/cm<sup>2</sup>. Este promedio se obtiene a partir de siete probetas: la primera, denominada AL-15, soportó una carga de 37,250 kg y al ser dividida en su área

de impacto se obtiene la resistencia de 210.79 kg/cm<sup>2</sup>. Seguido por la segunda probeta, AL-16, resistió 36,980 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 209.26 kg/cm<sup>2</sup>; La tercera probeta AL-17 soportó una carga de 37,130 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 210.11 kg/cm<sup>2</sup>; La cuarta probeta AL-18 soportó una carga de 37,230 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 210.68 kg/cm<sup>2</sup>; La quinta probeta AL-19 soportó una carga de 36,940 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 209.04 kg/cm<sup>2</sup>; La sexta probeta AL-20 soportó una carga de 36,690 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 207.62 kg/cm<sup>2</sup>; La séptima probeta AL-21 soportó una carga de 37,620 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 212.89 kg/cm<sup>2</sup>;

### Comportamiento en la resistencia a la compresión del concreto mediante el curado con membrana de algodón.

**Figura 30**

Comportamiento a la compresión mediante el curado con membrana de algodón.



La figura 30 muestra cómo varía la resistencia a la compresión del concreto curado con membranas de algodón a lo largo de diferentes períodos de maduración. A los 7 días, la resistencia promedio fue de 140.42 kg/cm<sup>2</sup>, este fue encausado al promediar las resistencias obtenidas según el tiempo de los 7 días. Después, a los 14 días, la resistencia promedio aumentó a 169.50 kg/cm<sup>2</sup>, esto siendo el promedio de las probetas que fueron

sometidas a esfuerzos de compresión correspondiente a dicho tiempo de maduración. Finalmente, a los 28 días, la resistencia promedio llegó a 210.06 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados ofrecen una visión integral del concreto bajo este método de curado en diferentes etapas de maduración. También se incluye una curva correspondiente al curado por inmersión, que muestra un comportamiento similar al del curado con membranas de algodón.

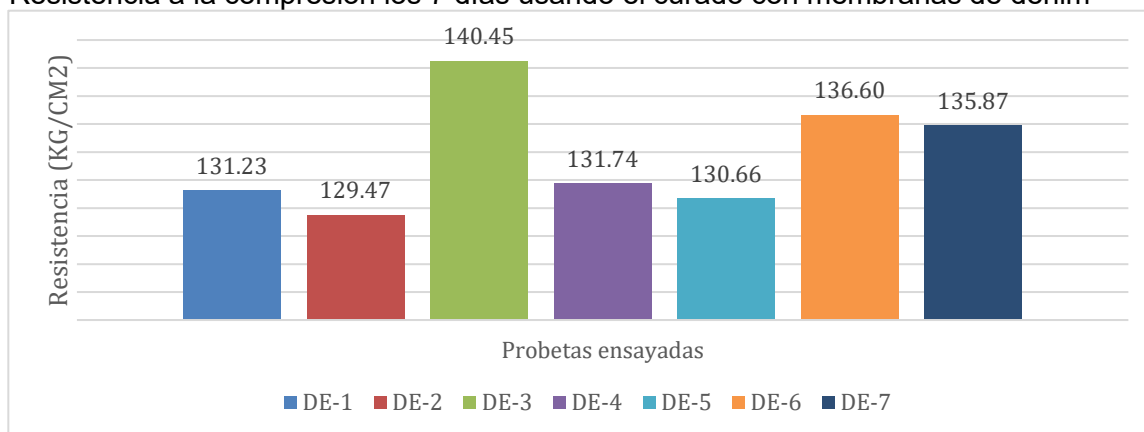
### 5.1.3. Resultados en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm<sup>2</sup> al aplicar el curado con membrana de denim.

Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión del concreto dosificado con una resistencia  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se realizaron en tres momentos: a los 7, 14 y 28 días, correspondientes a los distintos tiempos de maduración del concreto.

#### Resultados en la resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de denim a los 7 días.

**Figura 31**

Resistencia a la compresión los 7 días usando el curado con membranas de denim



**Nota:** Se muestra los resultados obtenidos al curar con membranas de denim a los 7 días.

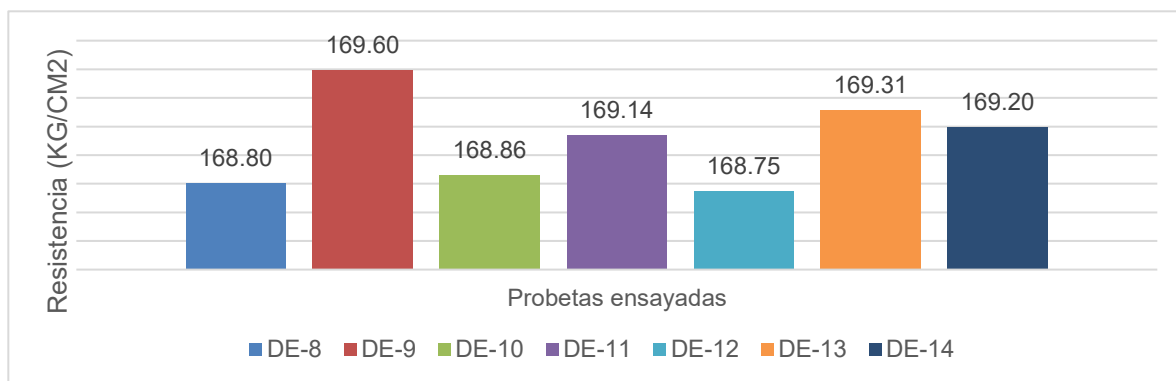
En la figura 31 se muestran los resultados de los ensayos realizados a los 7 días en concreto con una resistencia de diseño de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, que alcanzó una resistencia promedio a la compresión de 133.72 kg/cm<sup>2</sup> al utilizar membranas de denim. Esta cifra es el resultado del promedio de tres probetas. La primera probeta, identificada como DE-1, soportó una carga de 23,190 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 131.23 kg/cm<sup>2</sup>; La segunda probeta, DE-2, resistió 22,880 kg, y al ser

dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 129.47 kg/cm<sup>2</sup>; la tercera probeta DE-3 aguantó una carga de 24,820 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 140.45 kg/cm<sup>2</sup>; La cuarta probeta, identificada como DE-4, soportó una carga de 23,280 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 131.74 kg/cm<sup>2</sup>; La quinta probeta, identificada como DE-5, soportó una carga de 23,090 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 130.66 kg/cm<sup>2</sup>; La sexta probeta, identificada como DE-6, soportó una carga de 24,140 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 136.60 kg/cm<sup>2</sup>; La séptima probeta, identificada como DE-7, soportó una carga de 24,010 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 135.87 kg/cm<sup>2</sup>.

### Resultados en la resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de denim a los 14 días.

**Figura 32**

Resistencia a la compresión los 14 días usando el curado con membranas de denim



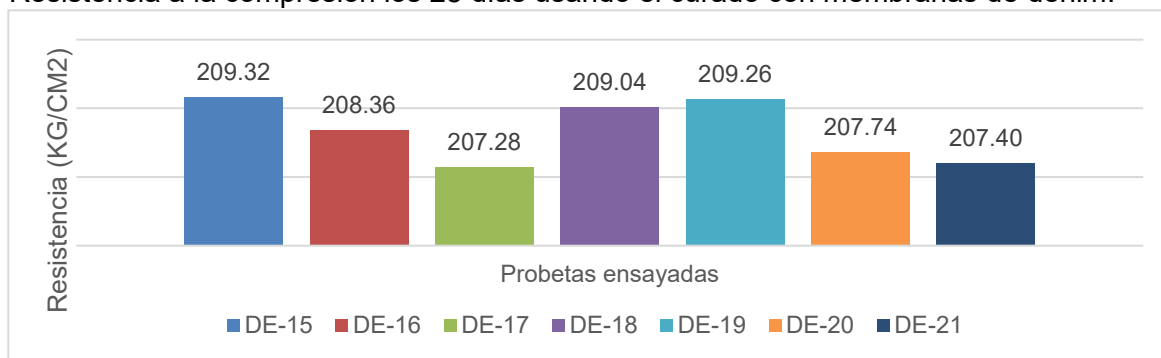
En la figura 32 se presentan los resultados obtenidos a los 14 días de curado con membrana de denim, que alcanzó una resistencia promedio a la compresión de 169.09 kg/cm<sup>2</sup>, calculada a partir de siete probetas tratadas con membranas de denim. Las mediciones individuales fueron las siguientes: La primera probeta, identificada como DE-8, soportó una carga de 29,830 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.80 kg/cm<sup>2</sup>; La segunda probeta, DE-9, resistió 29,970 kg, y al ser

dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 160.60 kg/cm<sup>2</sup>; la tercera probeta DE-10 aguantó una carga de 29.840 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.86 kg/cm<sup>2</sup>; La cuarta probeta, identificada como DE-11, soportó una carga de 29,890 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.14 kg/cm<sup>2</sup>; La quinta probeta, identificada como DE-12, soportó una carga de 29,820 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.75 kg/cm<sup>2</sup>; La sexta probeta, identificada como DE-13, soportó una carga de 29,920 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.31 kg/cm<sup>2</sup>; La séptima probeta, identificada como DE-7, soportó una carga de 29,900 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.20 kg/cm<sup>2</sup>

### **Resultados en la resistencia a la compresión del concreto usar el curado con membrana de denim a los 28 días.**

**Figura 33**

Resistencia a la compresión los 28 días usando el curado con membranas de denim.



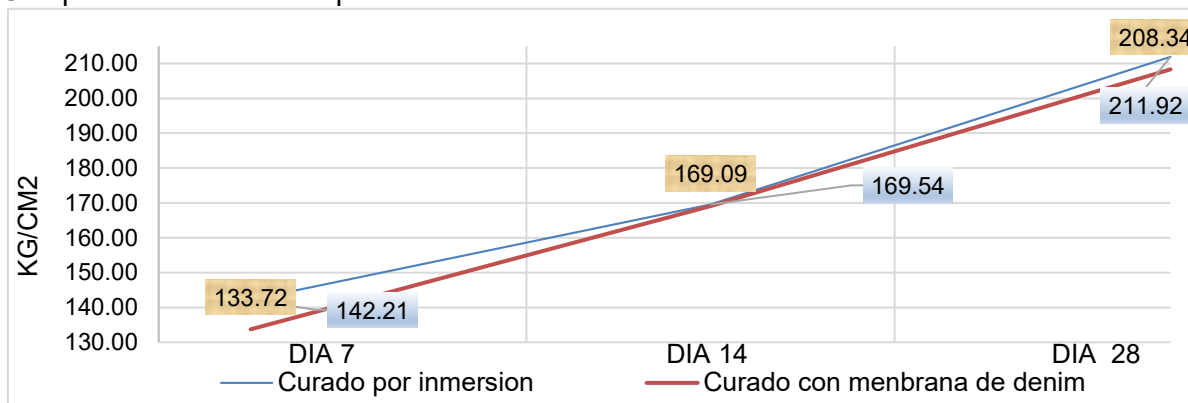
En la figura 33 se evidencia los resultados de los ensayos a los 28 días al usar el curado con membranas de denim, mostrando una resistencia a la compresión de 208.34 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde al promedio de los siete resultados obtenidos de las probetas curadas con membranas de denim. Las resistencias individuales fueron: La probeta, identificada como DE-15, soportó una carga de 36,990 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 209.32 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-16,

soportó una carga de 36,820 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 208.36 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-17, soportó una carga de 36,630 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 207.28 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-18, soportó una carga de 36,940 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 209.04 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-19, soportó una carga de 36,980 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 209.26 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-20, soportó una carga de 36,710 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 207.74 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como DE-21, soportó la carga de 36,650 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia 207.40 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Comportamiento en la resistencia a la compresión del concreto mediante el curado con membrana de denim.**

**Figura 34**

Comportamiento a la compresión usando el curado con membrana de denim.



En la figura 34 se aprecia el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto curado con membranas de denim, el mismo que fue objeto de estudio detallado a lo largo de diferentes periodos de maduración. En primer lugar, a los 7 días, se observó que la resistencia promedio alcanzó los 133.72 kg/cm<sup>2</sup>; En el periodo de 14 días, la resistencia promedio fue de 169.09 kg/cm<sup>2</sup>; Finalmente, a los 28 días, se registró una

resistencia promedio de 208.34 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados proporcionan una visión completa del comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> bajo curado con membranas de denim a lo largo de los diferentes tiempos de maduración. De manera similar, se muestra otra curva de resistencia correspondiente al proceso de curado mediante el método de inmersión, que se considera la unidad patrón en la investigación.

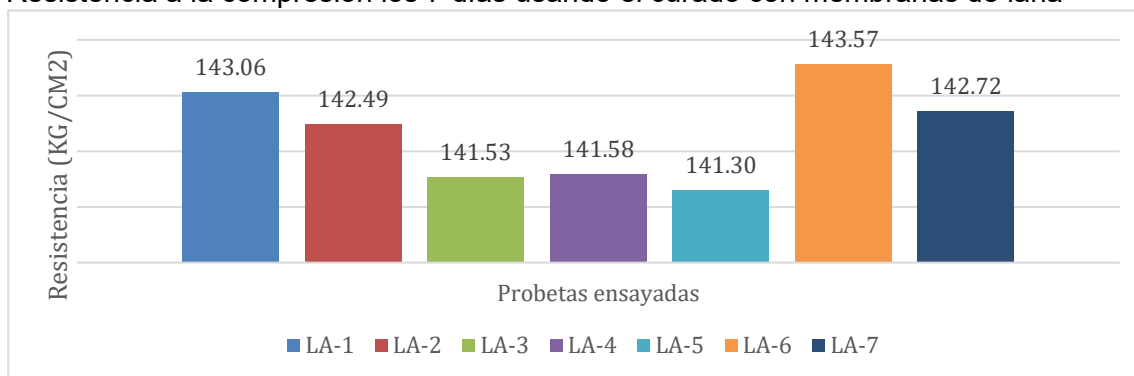
#### **5.1.4. Resultados en la resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de lana**

Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión del concreto, se registraron en tres momentos: a los 7, 14 y 28 días, de acuerdo con los tiempos de maduración del concreto.

#### **Resultados en la resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de lana a los 7 días.**

**Figura 35**

Resistencia a la compresión los 7 días usando el curado con membranas de lana



**Nota.** Se muestra los resultados al curar con membranas de lana a los 7 días.

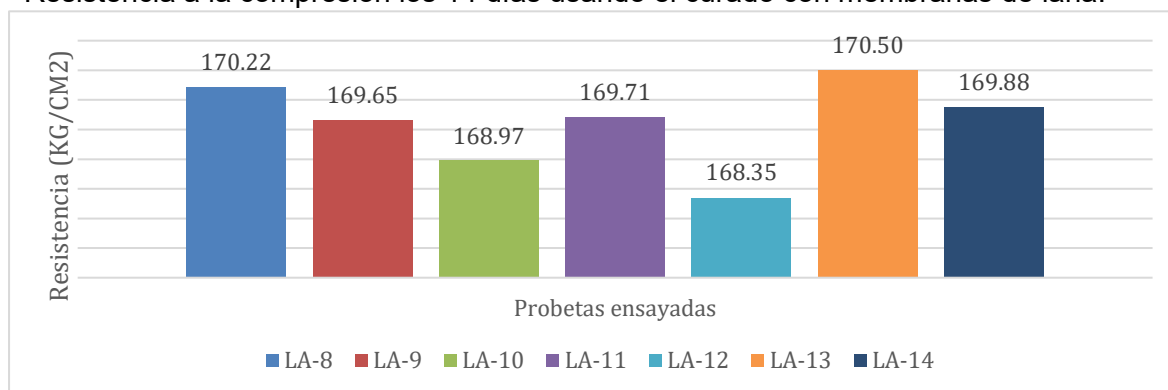
En la figura 35 se presentan los resultados de los ensayos a los 7 días, donde se alcanzó una resistencia a la compresión promedio de 142.75 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a la media aritmética de siete resultados obtenidos de las probetas curadas con membranas de lana. Las resistencias individuales de cada probeta fueron las siguientes: La probeta, identificada como LA-1, soportó una carga de 25,280 kg y al ser dividida en su área de

impacto se obtiene la resistencia de 143.06 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-2, soportó una carga de 25,180 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 142.49 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-3, soportó una carga de 25,010 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 141.53 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-4, soportó una carga de 25,020 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 141.58 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-5, soportó una carga de 24,970 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 141.30 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-6, soportó una carga de 25,370 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 143.57 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-7, soportó una carga de 25,220 kg y al ser dividida con área de impacto se obtiene la resistencia de 142.72 kg/cm<sup>2</sup>.

**Resultados en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  al aplicar el curado con membrana de lana a los 14 días.**

**Figura 36**

Resistencia a la compresión los 14 días usando el curado con membranas de lana.



**Nota:** Se muestra los resultados al curar con membranas de lana a los 14 días.

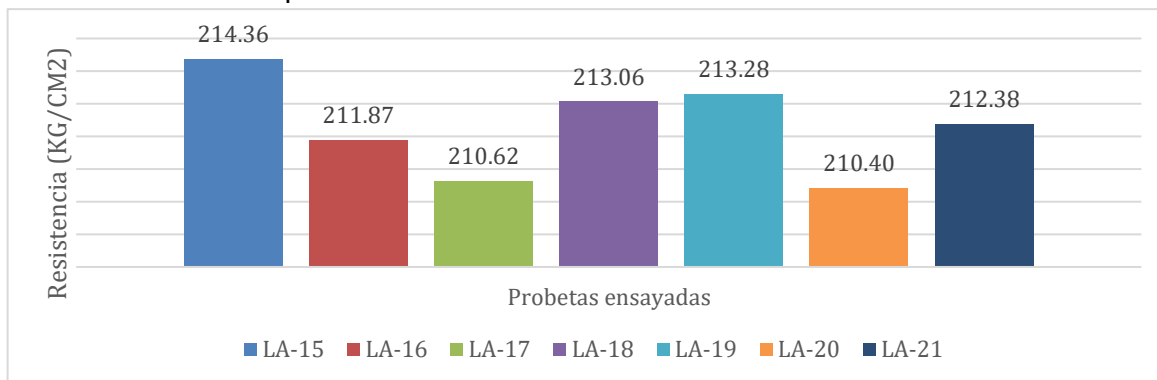
De acuerdo con la figura 36 a los 14 días, el concreto curado con membrana de lana alcanzó la resistencia a la compresión promedio de 169.61 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a la media aritmética de los siete resultados obtenidos de las probetas curadas con membranas de lana. Las resistencias individuales de las probetas fueron las siguientes: : La probeta, identificada como LA-8, soportó una carga de 30,080 kg y al ser dividida en su

área de impacto se obtiene la resistencia de 169.65 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-9, soportó una carga de 29,980 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.65 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-10, soportó una carga de 29,860 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.97 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-11, soportó una carga de 29,990 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 169.71 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-12, soportó una carga de 29,750 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 168.35 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-13, soportó una carga de 30,130 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 170.50 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-14, soportó una carga de 30,020 kg y al ser dividida con área de impacto se obtiene la resistencia de 169.88 kg/cm<sup>2</sup>

### **Resultados en la resistencia a la compresión del concreto al usar el curado con membrana de lana a los 28 días.**

**Figura 37**

Resistencia a la compresión los 28 días usando el curado con membranas de lana



**Nota.** Se muestra los resultados al curar con membranas de lana a los 28 días.

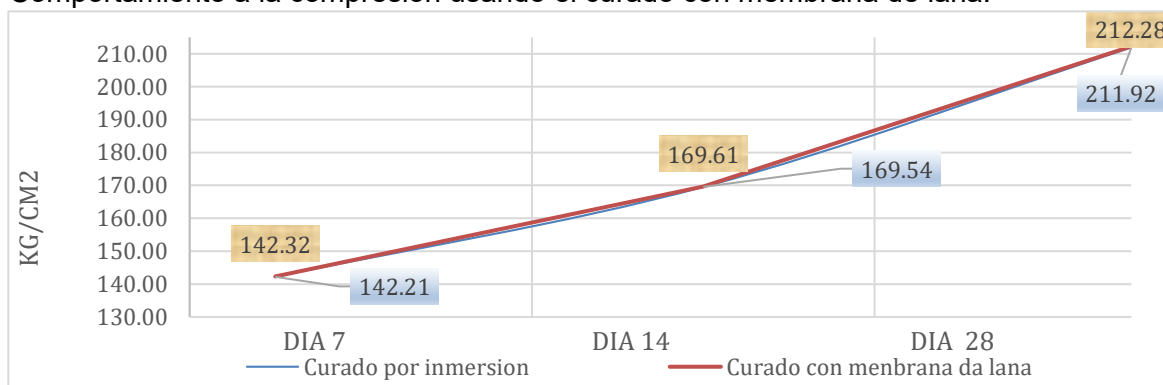
De acuerdo con la figura 37 a los 28 días, el concreto curado con membrana de lana alcanzó una resistencia a la compresión promedio de 212.28 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a la media aritmética de los siete resultados obtenidos de las probetas curadas con membranas de lana. Las resistencias individuales fueron las siguientes: La probeta, identificada como LA-15, soportó una carga de 37,880 kg y al ser dividida en su área de

impacto se obtiene la resistencia de 214.36 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-16, soportó una carga de 37,440 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 211.87 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-17, soportó una carga de 37,220 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 210.62 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-18, soportó una carga de 37,650 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 213.28 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-19, soportó una carga de 37,690 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 213.28 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-20, soportó una carga de 37,180 kg y al ser dividida en su área de impacto se obtiene la resistencia de 210.40 kg/cm<sup>2</sup>; La probeta, identificada como LA-21, soportó una carga de 37,530 kg y al ser dividida con área de impacto se obtiene la resistencia de 212.38 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Comportamiento en la resistencia a la compresión del concreto mediante el curado con membrana de lana.**

**Figura 38**

Comportamiento a la compresión usando el curado con membrana de lana.



**Nota.** Se muestra los resultados promedios al curar con membranas de lana.

En la figura 38 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión del concreto en el que fue utilizado membranas de lana para su curado en diferentes períodos de maduración. A los 7 días, se registró una resistencia promedio de 142.32 kg/cm<sup>2</sup>; En el siguiente período, a los 14 días, la resistencia promedio aumentó a 169.61 kg/cm<sup>2</sup>; Finalmente, a los 28 días, se observó una resistencia promedio de 212.28 kg/cm<sup>2</sup>. Estos

resultados proporcionan una visión clara del rendimiento del concreto bajo este método de curado a lo largo del tiempo. Además, se incluye una curva de resistencia correspondiente al curado por inmersión, que sirve como referencia en el estudio y muestra patrones similares a los obtenidos con las membranas de lana.

## 5.2 Discusión

En esta sección se discuten los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , considerando el efecto de los diferentes tipos de membranas utilizadas para el curado: algodón, denim y lana. La discusión se organiza de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, permitiendo evaluar la influencia de cada membrana en los diferentes periodos de maduración del concreto y comparando los resultados entre ellas:

Del **objetivo general**: Evaluar la influencia de los curados aplicados con membranas de algodón, denim y lana en la resistencia a la compresión del concreto.

Los resultados obtenidos a 28 días muestran diferencias claras entre los tipos de curado. La membrana de lana alcanzó la mayor resistencia ( $212.287 \text{ kg/cm}^2$ ), seguida del algodón ( $210.067 \text{ kg/cm}^2$ ) y finalmente el denim ( $208.334 \text{ kg/cm}^2$ ). En términos generales, estas diferencias concuerdan con la teoría de Neville y con la base técnica del ACI, que indican que la resistencia final del concreto depende del grado en que el curado permita mantener estable la humedad necesaria para la hidratación del cemento.

Este comportamiento global se alinea con lo planteado por Tarrillo (2024), quien encontró que los métodos de curado húmedo o por cobertura prolongada permiten alcanzar resistencias superiores en comparación con métodos de menor retención de humedad. Del mismo modo, investigaciones como las de Tapia (2024) y Alcívar (2020) coinciden en que los materiales capaces de conservar humedad de manera más estable generan un desarrollo resistente mayor. En ese sentido, que la lana haya presentado el mejor

desempeño es coherente con esa tendencia, pues es un material conocido por su alta higroscopicidad y su capacidad de absorber y liberar agua lentamente.

A nivel general, entonces, los resultados de esta tesis confirman lo señalado por autores previos: la calidad del curado está directamente relacionada con la retención de humedad, y dicha retención depende a su vez de las propiedades físicas del material utilizado como membrana.

Respecto al **Objetivo Específico 1**: Evaluar la influencia del curado con membrana de algodón en la resistencia a la compresión.

El curado con algodón alcanzó una resistencia ligeramente superior a la resistencia de diseño, llegando a 210.067 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Este resultado demuestra que el algodón puede actuar como una membrana adecuada de curado, siempre que su humedad se mantenga de manera constante durante el proceso.

Estos resultados guardan relación con lo señalado por Tarrillo (2024), quien reportó que las coberturas textiles húmedas generan resistencias cercanas o incluso mayores a las del curado por inmersión, siempre y cuando se mantenga la superficie del concreto debidamente hidratada. No obstante, a diferencia de la lana, el algodón tiende a secarse con más rapidez, lo que explica por qué su resistencia final fue ligeramente menor.

Desde el punto de vista teórico, este comportamiento es congruente con la idea de que la velocidad de evaporación influye en la formación del gel C-S-H, principal responsable del desarrollo resistente. El algodón absorbe bien el agua, pero la libera y evapora con mayor rapidez que la lana, lo cual puede generar pequeños periodos de desecación superficial que afecten la hidratación continua.

De manera similar, estudios como el de Rahimi et al. (2023) han mostrado que los materiales que no retienen humedad de manera homogénea tienden a mostrar resistencias ligeramente inferiores. En este caso, los valores de esta investigación coinciden con esa perspectiva teórica.

En cuanto al **Objetivo Específico 2**: Evaluar la influencia del curado con membrana de denim en la resistencia a la compresión.

El denim presentó la resistencia más baja entre las tres membranas, alcanzando 208.334 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque este valor también cumple la resistencia de diseño, su diferencia respecto al algodón y la lana evidencia que el denim no retiene la humedad de manera tan eficiente.

Este hallazgo coincide con lo estudiado por Mamani y Valdivia (2023), quienes demostraron que los materiales con baja higroscopicidad generan concretos con resistencia ligeramente inferior, debido a que no logran mantener un ambiente húmedo estable durante las primeras horas críticas de hidratación. Asimismo, la teoría de curado sugiere que si la superficie se seca parcialmente, incluso por periodos cortos, se interrumpe la formación adecuada de los compuestos hidratados, lo cual provoca resistencias menores en etapas posteriores.

Por su parte, Junior (2020) analizó distintos materiales de cobertura y concluyó que aquellos de fibras densas y baja absorción requieren ser humedecidos constantemente para funcionar adecuadamente como membranas de curado. Esta afirmación concuerda plenamente con el comportamiento obtenido en la presente tesis, donde el denim, pese a absorber agua inicialmente, no mantiene la humedad por tanto tiempo como otras fibras naturales.

En comparación con el curado por inmersión y con la membrana de lana, el denim se muestra como una alternativa aceptable, aunque no óptima. Su utilidad puede justificarse en contextos donde se necesiten materiales económicos o reciclados, pero su eficiencia estaría condicionada a un riego más frecuente.

Con respecto al **objetivo específico 3**: Evaluar la influencia del curado con membrana de lana en la resistencia a la compresión.

La membrana de lana fue la que presentó el mejor comportamiento, igualando prácticamente la resistencia obtenida en el curado por inmersión. Con 212.287 kg/cm<sup>2</sup>, la lana confirma que es un material altamente eficiente para mantener la humedad del concreto durante su proceso de hidratación.

Este resultado coincide notablemente con los estudios de Anwar et al. (2022) y Albakry y Abbas (2025), quienes demostraron que los métodos capaces de asegurar una humedad uniforme y sostenida generan concretos con mayores resistencias finales. Estos autores explican que la microestructura del concreto curado en ambientes húmedos prolongados suele mostrar una matriz más densa, con menos porosidad capilar, lo que deriva en resistencias superiores.

Además, la lana es reconocida por su capacidad de absorber agua y liberarla lentamente, propiedad que ha sido documentada en investigaciones textiles y que resulta especialmente conveniente para el curado. Esto coincide con la base teórica del proceso de hidratación, que requiere una disponibilidad constante de agua para formar geles C-S-H y etringita en sus primeras etapas.

En congruencia con los autores revisados, la lana demuestra ser el material más eficiente en comparación con el algodón y el denim, reafirmando que su uso como membrana alternativa es técnicamente viable y altamente recomendable.

## VI. Conclusiones

- De los resultados del objetivo general, se concluye que el tipo de membrana de curado utilizada influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto diseñado para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La membrana de lana (con  $212.28 \text{ kg/cm}^2$ ) y la de algodón (con  $210.06 \text{ kg/cm}^2$ ) demostraron ser altamente eficientes al superar o igualar el  $f'c$  requerido a los 28 días, mientras que la membrana de denim ( $208.34 \text{ kg/cm}^2$ ) resultó marginalmente inferior. La superioridad de la lana, al exceder incluso al curado patrón por inmersión en 0.17%, valida el uso de membranas textiles con alta capacidad de retención de humedad como alternativas viables y sostenibles a los métodos de curado húmedo intensivo en la construcción civil.
  - En cuanto al **primer objetivo específico**, al evaluar la influencia del curado con membrana de lana en la resistencia a la compresión, **se concluye** que este es el método más eficiente de los textiles probados, superando el  $f'c$  de diseño y al patrón de inmersión. Su resistencia final de  $212.28 \text{ kg/cm}^2$  (101.09% de  $f'c$ ) es resultado de la óptima capacidad de la fibra para retener humedad y minimizar el gradiente de evaporación. Este método es altamente recomendable en obras de construcción, ya que permite alcanzar la resistencia de diseño con menor demanda logística y de recursos hídricos en comparación con el riego continuo.
  - Por otra parte, respecto al **segundo objetivo específico**, al evaluar la influencia del curado con membrana de algodón en la resistencia a la compresión, **se concluye** que este método es completamente efectivo, logrando una resistencia a los 28 días de  $210.06 \text{ kg/cm}^2$  (100.03% de  $f'c$ ). El cumplimiento total de la resistencia de diseño confirma que la membrana de algodón proporciona un ambiente húmedo constante y adecuado para la

hidratación del cemento, siendo un material de curado confiable que garantiza la resistencia especificada para los elementos estructurales.

- Por último correspondiente al tercer objetivo específico, al evaluar la influencia del curado con membrana de denim en la resistencia a la compresión, **se concluye** que este método resultó ser el menos eficiente de los textiles, alcanzando una resistencia de 208.34 kg/cm<sup>2</sup> (99.21% de  $f_c$ ), sin lograr cumplir totalmente con la resistencia de diseño. La inferioridad se atribuye a una menor eficiencia en la retención de humedad, especialmente en etapas tempranas. No obstante, su rendimiento es superior a varios métodos de curado alternativos probados en la literatura para entornos desfavorables, manteniendo su relevancia como un material que aporta un beneficio significativo a la resistencia del concreto.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda priorizar el uso de membranas de lana para el curado del concreto, ya que demostraron la mayor eficiencia en la retención de humedad y permitieron superar la resistencia de diseño ( $212.28 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Se sugiere emplear membranas de algodón como alternativa confiable, debido a que alcanzaron la resistencia requerida ( $210.06 \text{ kg/cm}^2$ ) y garantizan un curado adecuado para elementos estructurales.
- Se recomienda evitar el uso de membranas de denim cuando se necesite cumplir estrictamente el  $f'c$  de diseño, pues presentaron valores ligeramente inferiores ( $208.34 \text{ kg/cm}^2$ ). En caso de utilizarlas, se deberá considerar un coeficiente de seguridad adicional en el diseño de la mezcla.
- Se aconseja implementar métodos de curado basados en membranas textiles que mantengan la humedad constante, ya que representan opciones sostenibles, de bajo consumo de agua y capaces de lograr resistencias equivalentes o superiores a los métodos tradicionales de curado húmedo.

### VIII. Referencias

- Albakry, B. A., & Abbas, Z. K. (2025). Evaluation of Reactive Powder Concrete strength using various curing methods. *Engineering technology & Applied science research*, 15(2), 21685–21690. <https://doi.org/10.48084/etasr.10281>.
- Alfaro Solano, F., & Sánchez Rivera, J. L. (2025). *Evaluation of the effect of initial curing temperatures on the uniaxial compression strength in hydraulic concrete*. *Revista Chilena de Ingeniería Civil*, 40(2), 45-54. <https://doi.org/10.7764/RIC.00152.21>
- Anwar, A., Tariq, H., Adil, S., & Iftikhar, M. A. (2022). Effect of curing techniques on compressive strength of concrete. *World journal of advanced research and reviews*, 16(3), 694–710. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.16.3.1379>.
- Anwar, A., Khan, M. F., & Ahmad, S. (2022). Effect of curing techniques on compressive strength of concrete. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3), 45–53. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.16.3.1379>
- Acuña Chiclayo, C. A., & Rojas Diaz, K. A. (2022). *“Influencia en la resistencia a la compresión de concretos  $f'c=280$  y  $350$  kg/cm<sup>2</sup>, aplicando diferentes métodos de curado, en la ciudad de Chiclayo, 2021”*.
- Ali, B., Kurda, R., Brito, J. de, & Alyousef, R. (2021). A review on the performance of concrete containing non-potable water. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 11(15), 6729. <https://doi.org/10.3390/app11156729>
- Alcívar, W. S., Bravo, Y. M., Pavón, C., Solórzano, E., & Palacios, L. (2020). Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto. En *Revista Técnica De La Facultad De Ingeniería Universidad Del Zulia* (Vol. ve2020, Número 2). <https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a03>
- Alonso, F. J. V. (2021). *CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTOS TEXTILES Y AFINES*.
- Alur arquitectos. (2010). *componestes del concreto*.

- Angie, B. P., Jean, Z. M., Jonathan, M. M., Wilter, R. P., & Ramona, P. de C. (2020). *Análisis de la prestación mecánica del hormigón empleando virutas de acero como agregado fino*. <https://doi.org/https://doi.org/10.33936/riemat.v5i1.2498>
- Arturo, H., Guillermo, C., & Rafael, C. (2005). *LA IMPORTANCIA DE UN CORRECTO CURADO DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN*.
- Avila, P., Restrepo, V., Jiménez, V., & Parody, M. (2016). *Análisis comparativo de la concentración de óxidos presentes en el cemento portland y lodos de plantas de tratamiento de agua potable*. 00019704. <https://hdl.handle.net/11323/1285>
- Ayquipa Román, L. (2021). *Influencia de los métodos de curados con mucílagos naturales en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en Abancay, 2019*.
- American Concrete Institute. (2016). *ACI 308R-16: Guide to External Curing of Concrete*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=30816>
- American Concrete Institute. (2019). *ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=31819>
- Ashby, M. F. (2021). *Materials selection in mechanical design* (6th ed.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820395-2.00001-7>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2023). Perú: alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis del agua [Nota de prensa]. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/690049-peru-alto-riesgo-de-vulnerabilidad-debido-a-crisis-del-agua>
- Cervera, M. (2020). *Mecánica de estructuras I: Resistencia de materiales* (2.<sup>a</sup> ed.). Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)
- David, O. F. (2022). *LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL TIEMPO*. [www.Prontubeam.com/en](http://www.Prontubeam.com/en)

- European Committee for Standardization (CEN). (2000). *EN 206-1: Concrete — Specification, performance, production and conformity*. Brussels, Belgium: CEN.  
[https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:29135,6242&cs=1B118C6DFAE011C8E3AA6D50C2B1C18F](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:29135,6242&cs=1B118C6DFAE011C8E3AA6D50C2B1C18F)
- Fernández, C. M. (1991). *Influencia de la temperatura de curado sobre la evolución de las resistencias a compresión de hormigones fabricados con distintos tipos de cementos* [Universidad Politécnica de Madrid]. <http://materconstrucc.revistas.csic.es>
- García, V., & Agulló, F. (2001). Propuesta metodológica para dosificación del hormigón proyectado. *Hormigón y Acero*, 52(220).  
<http://www.hormigonyacero.com/index.php/ache/article/view/324>
- Gomes Sánchez, S., Hoyos Ruiz, M. P., Ospina Molina, T., & Revilla Vargas, V. (2019). *Afectación de la resistencia a la compresión de probetas en concreto hidráulico ante diferentes métodos de curado*.
- Ghosh, S., & Pramanik, A. (2020). Mechanical properties of denim fabrics for technical applications. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 6(3), 101–110.  
<https://doi.org/10.15406/jteft.2020.06.00221>
- Ibrahim, M. A., Dulawat, S., Ahmad, E., Ibrahim, I. A., Ibrahim, U. S., & Ishaq, I. Z. (2024). *A Review on the Curing of Concrete using Different Methods*. *International Journal of Mechanical and Civil Engineering (IJMCE)*, 7(2), 15-25. [doi.org/10.52589/IJMCE-4ENVMZOX](https://doi.org/10.52589/IJMCE-4ENVMZOX)
- Jerson, C. P. (2024). *PATOLOGÍAS DE ORDEN QUÍMICO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12494/56881>
- Jerson, C. parra. (2024). *LITERATURA SOBRE PATOLOGÍAS DE ORDEN QUÍMICO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO*. Universidad

- Cooperativa de Colombia]. *Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12494/56881>
- Jordan Velez, J. E., Montoya Rodriguez, J. L., & Ocoro Alegria, K. F. (2018). *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO SOMETIDOS A CONDICIONES TRADICIONALES DE CURADO Y HUMEDAD AMBIENTAL*.
- Junior, L. T. (2020). Métodos de curado de concreto en zonas costeras y su trascendencia en América Latina en los últimos 10 años: una revisión de la literatura científica. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23697>
- Karen, F. H., Carlos, F. A., Hanny, C. R., & Paola, C. D. (2017). Aprovechamiento de subproductos de origen carbonatado en la industria del cemento y el concreto: Una revisión para evaluar su aplicación en el departamento del Huila. *Informador Técnico*, 81(2), 151. <https://doi.org/10.23850/22565035.880>
- Khamput, P., Masae, M., Somna, K., & Klathae, T. (2025). Mechanical and durability performance of sustainable concrete incorporating stone dust as sand substitute and sugarcane bagasse ash as cement replacement. *Applied Sciences*, 15(22), 12076. <https://doi.org/10.3390/app152212076>
- Liset, L. C., & Carlos, R. G. (2022). *Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193972950003>
- Li, X., Chen, Y., & Zhang, L. (2023). Performance evaluation of concrete incorporating recycled aggregates and supplementary cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*, 390, 136350. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136350>
- Patel, R. (2025). Sustainable cement and concrete technologies: A review of materials and processes for carbon reduction. *Journal of Sustainable Construction Materials*, 12(1), 45–68. <https://doi.org/10.1007/s41062-025-02213-5>

- Mamani Benavente, W. Y., & Valdivia Apaza, J. L. (2023). *Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas del Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con Cemento Tipo III-HE Usando Diferentes Formas de Curado con Productos Orgánicos.*
- Marta, G., Raul, Z., & Falcone, G. (2021). Una visión actualizada sobre la reacción álcali-silíce en Argentina y el diseño y construcción de estructuras de hormigón. *Artículo publicado.* <https://revistahormigon.org/una-vision-actualizada-sobre-la-reaccion-alkali-silice-en-argentina-y-el-diseno-y-construccion-de-estructuras-de-hormigon/>
- Martínez, M., Torres, A., Alonso, G., Chávez, G., Hernández, B., Lara, G., Martínez, A., Pérez, Q., Bedolla-Arroyo, J. A., & González-Valdéz, F. M. (2015). Concreto reciclado: una revisión. En *Revista ALCONPAT* (Vol. 5). <https://doi.org/04-2013-011717330300-203>
- Matallana Rodríguez, R. (2020). *EL CONCRETO FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS.*
- Mack-Vergara, Y. L. (2022). Concrete production and potential water related impacts. *The Philippine Statistician (Quezon City)*, 71(4), 1915–1937. <https://doi.org/10.17762/msea.v71i4.720>
- Medina, W. (2014). *El curado del concreto en la construcción.*
- Medina, W. (2017). *Vista de El Curado del Concreto en la Construcción.* <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1368/1267>
- Muhammad, A. I., Shashivendra, D., Abhishek, U., Umar, S. I., Salihu, S. U., Idris, Z. I., & Ibrahim, A. (2024). A Review on the Curing of Concrete using Different Methods. En *International Journal of Mechanical and Civil Engineering* (Vol. 7, Número 2). <https://doi.org/10.52589/ijmce-4envmzox>
- National Ready Mixed Concrete Association. (2020). CIP 11 – Curing in-Place Concrete. Silver Spring, MD: NRMCA.

- Mbuh Kuma, M., Nsahlai, L., Penka, B. J., & Fru, C. P. (2024). Analysis of the influence of water qualities on the strength of concrete. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71, Article 110. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00432-8>
- Ortiz Hinostrroza, F. K. (2020). *COMPARACIÓN ENTRE EL CURADO CONVENCIONAL DE CONCRETO Y CURADO CON ANTISOL EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO*.
- Orogbade, B. O., Adetoro, E. A., & Amusan, G. M. (2024). The evaluation of the effects of different curing methods on concrete. *Scientia Africana*, 23(3), 115–126. <https://doi.org/10.4314/sa.v23i3.11>
- Qi, G., Zhang, Q., & Sun, Z. (2024). Mechanical properties and hydration mechanism of super-sulfated cement prepared with ordinary Portland cement, carbide slag, and sodium silicate. *Frontiers in Materials*. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1406045>
- Rafael, R. S., Pedro, M. C., Yimmy, S. U., & Silvio, D. A. (2014). Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborado con agregado grueso de concreto reciclado. *Informador Técnico*, 2. <https://doi.org/10.23850/22565035.96>.
- Rahimi, M. Z., Zhao, R., Sadozai, S., Zhu, F., Ji, N., & Xu, L. (2023). Research on the influence of curing strategies on the compressive strength and hardening behaviour of concrete prepared with Ordinary Portland Cement. *Case Studies in Construction Materials*, 18(e02045), e02045. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02045>.
- Reyes Quispe, I. X., & Chahuayo Quispe, J. R. (2019). *“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”*.
- Rudeli, N., & Santilli, A. (2017). *Medición de resistencia a tempranas edades del hormigón: método que mejor se ajusta para la determinación de tiempos mínimos de desencofrado de elementos verticales de hormigón*.

- Skocek, J. (2024). *Sustainable concrete: Integrating recycled aggregates and hydraulic binders for modern construction*. *Sustainability*, 16(2), 814. <https://doi.org/10.3390/su16020814>
- Salim, A. A., & Al-Azzawi, A. (2022). The effect of water quality sources on concrete mix parameters. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 6, 54–59. <https://geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/1365>
- Truscott, J. (2023, febrero 22). *Water: One of concrete's most important resources faces new challenges*. CarbonCure Technologies Inc. <https://www.carboncure.com/blog/concrete-corner/water-one-of-concretes-most-important-resources-faces-new-challenges/>
- Tarrillo Vigil, E. E. (2024). *Comparación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometidos a diferentes tipos de curados* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6345>
- Tapia Cabrera, O. (2024). *Influencia de los métodos de curado con aditivo químico en la resistencia a compresión del concreto de  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6785>
- Velazco Chávez, C. A., & Contreras Usedo, S. R. (2018). "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÉTODO DE CURADO EN ESPECÍMENES DE LOSAS DE CONCRETO SIMPLE, SIMULANDO CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE OBRA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".
- Wilson, M. S. (2014). *Prácticas en el Curado del Concreto Caso de Estudio. Artículo*. <https://hdl.handle.net/11537/23697>
- Yan, C. S., Luis, A. T., & Pedro, M. P. (2022). Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura. *Revista del Instituto de*

*investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 321-329. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.20814>

Zambrano Navarrete, L. D., Alava Santos, R. J., Ruíz Párraga, W. E., & Menéndez Menéndez, E. A. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. En *Gaceta Técnica* (Vol. 23, Número 1). <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>

Zhang, H., & Wang, Y. (2023). Effect of supplementary cementitious materials on mechanical and durability properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 403, 126791. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.126791>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes