

FUNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Evaluación del esfuerzo a compresión de bloque de concreto fabricado
artesanalmente mediante el curado al vapor en Abancay - 2023**

Asesor:

Msc. Maldonado Mendivil Ángel

Autor:

Zambrano Velazques Aron

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación



**Universidad
Tecnológica de los Andes**
Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 008

En la ciudad de Abancay, a los ocho días del mes de **agosto del 2025**, siendo las **11:00 am** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° **0640-2025-EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **31 de julio del 2025**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ Abbon Alex
Dictaminante :	Dr. SOTO PALOMINO Wilfredo
Replicante :	Ing. GAMARRA MOTA Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Evaluación del esfuerzo a compresión de bloque de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado de vapor en Abancay – 2023.

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Zambrano Velazques, Aron

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

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

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Zambrano Velazques, Aron	Aprobado

Siendo **las 12:35 pm horas** concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ Abbon Alex

Dictaminante: Dr. SOTO PALOMINO Wilfredo

Replicante: Ing. GAMARRA MOTA Rubén

Se expide, la presente
conforme al Libro de
Actas de Sustentación de
Tesis, consignado en los
folios N° 343

Abancay 23 de abril del 2026

(*) Mayoría: Dos integrantes del Jurado
aprueban o desaprueban; Unanimidad:
Todos los integrantes del Jurado aprueban o
desaprueban, Art. 18 RGCAI.
(**) 0 a 10: Desaprobado; 11 a 15:
Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y
20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGCAI.

Reporte de similitud



Página 2 de 171 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tmcoid::3117:593263469

24% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 24%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del autor		
Apellidos y Nombres	:	Zambrano Velazques, Aron
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	76846688
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0007-3519-721X
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Maldonado Mendivil Ángel
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	06788424
URL ORCID	:	https://orcid.org/0001-9002-1910
Datos de la investigación		
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	:	Propio
Porcentaje de similitud		24 % con deposito
URL de OCDE		https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, cuyo amor, apoyo incondicional y consejos sabios me han guiado en cada paso importante de mi vida. A mis familiares quienes también me brindaron apoyo en los momentos más difíciles. A mis profesores y mentores, quienes me han inspirado a alcanzar la excelencia y a nunca dejar de aprender. Esta obra es un reflejo de todo lo que he recibido de ustedes.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis, por su invaluable orientación y paciencia a lo largo de este proceso. A mis compañeros de estudio, por su colaboración y amistad que hicieron este viaje más llevadero y enriquecedor. Al personal de la Universidad Tecnológica de los Andes, por brindar las facilidades y recursos necesarios para la realización de esta investigación. Finalmente, agradezco a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable y motivación constante me han permitido alcanzar este logro.

Resumen

La presente tesis denominada “Evaluación del esfuerzo a compresión de bloque de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor en Abancay”, tiene como objetivo evaluar la influencia del curado a vapor en la resistencia a la compresión, el contenido de humedad y la cantidad de agua utilizada en bloques de concretos fabricados de forma artesanal. Se hizo uso de una metodología del tipo aplicado con un nivel descriptivo. Las muestras estuvieron conformadas por 20 unidades para curado tradicional y 20 para curado a vapor, se llevó a cabo un diseño de mezcla, en el cual se encontró que los materiales no cumplen con los requisitos mínimos en cuanto a lo establecido en la normativa. Los resultados obtenidos fueron que al hacer uso del curado a vapor podemos mejorar la resistencia a la compresión hasta en un 50.90%, obteniendo en este caso una mejora a los 28 días de los 34.30 kg/cm² a 40.72 kg/cm², incrementar el contenido de humedad hasta en un 32.12%, obteniendo en este caso una mejora a los 28 días de 34.93 % a 99.00% y reducir la cantidad de agua utilizada hasta en un 84.86%, obteniendo en este caso una reducción a los 28 días de 2000 ml a 302.86 ml. Finalmente se concluye que el curado a vapor, nos brinda una mejora en cuanto a las propiedades mecánicas de los bloques de concreto.

Palabras clave: Vapor, Lama, Agua, Esfuerzo a compresión, Temperatura, Humedad

Abstract

The present thesis entitled "Evaluation of the compressive strength of concrete blocks manufactured by hand using steam curing in Abancay" aims to evaluate the influence of steam curing on the compressive strength, moisture content and amount of water used in concrete blocks manufactured by hand. An applied methodology was used with a descriptive level. The samples consisted of 20 units for traditional curing and 20 for steam curing. A mix design was carried out, in which it was found that the materials do not meet the minimum requirements as established in the regulations. The results obtained were that by using steam curing we can improve the compressive strength by up to 50.90%, obtaining in this case an improvement at 28 days from 34.30 kg / cm² to 40.72 kg / cm², increase the moisture content by up to 32.12%, obtaining in this case an improvement at 28 days from 34.93 % to 99.00% and reduce the amount of water used by up to 84.86%, obtaining in this case a reduction at 28 days from 2000 ml to 302.86 ml. Finally, it is concluded that steam curing gives us an improvement in the mechanical properties of concrete blocks.

Keywords: Steam, Lama, Water, Compressive stress, Temperature, Humidity

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xv
Índice de anexos.....	xvii
I. Introducción.....	19
II. Planteamiento del problema.....	21
2.1. Descripción y formulación del problema	21
2.2. Objetivos.....	24
2.2.1. Objetivo general.....	24
2.2.2. Objetivos específicos	24
2.3. Justificación e importancia	25
2.4. Hipótesis	26
2.5. Variables	26
III. Marco teórico.....	28
3.1. Antecedentes.....	28
3.2. Bases teóricas.....	37
3.3. Definición de términos	53
IV. Metodología.....	56

4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	56
4.2.	Ámbito temporal y espacial	57
4.3.	Población y muestra.....	57
4.4.	Instrumentos	59
4.5.	Procedimientos	60
4.6.	Análisis de datos	60
4.7.	Consideraciones éticas.....	61
V.	Resultados y discusión	63
5.1.	Resultados.....	63
5.1.1.	Análisis granulométrico	63
5.1.2.	Peso unitario suelto	66
5.1.3.	Peso específico.....	67
5.1.4.	Contenido de humedad	68
5.1.5.	Diseño de mezcla	69
5.1.6.	Cálculo de la resistencia a la compresión	71
5.1.7.	Porcentaje de humedad	84
5.1.8.	Cantidad de agua utilizada	87
5.1.9.	Resultados respecto al objetivo general	90
5.1.10.	Resultados respecto al objetivo específico 1	95
5.1.11.	. Resultados respecto al objetivo específico 2	96
5.1.12.	Resultados respecto al objetivo específico 3	98
5.2.	Discusión de resultados	99
VI.	Conclusiones	103
VII.	Recomendaciones	105
VIII.	Referencias.....	106
IX.	Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis granulométrico de lama	63
Tabla 2 Análisis granulométrico del agregado fino	64
Tabla 3 Análisis granulométrico del agregado grueso	65
Tabla 4 Peso unitario suelto del agregado fino	66
Tabla 5 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	67
Tabla 6 Peso específico del agregado fino	67
Tabla 7 Peso específico del agregado grueso	68
Tabla 8 Contenido de humedad del agregado fino	68
Tabla 9 Contenido de humedad del agregado grueso	69
Tabla 10 Propiedades del agregado fino	69
Tabla 11 Propiedades del agregado grueso	70
Tabla 12 Cálculo de volumen de agua.....	70
Tabla 13 Cálculo de volumen de cemento	70
Tabla 14 Dosificación para 1 m ³	71
Tabla 15 Dosificación para 1 bolsa de cemento	71
Tabla 16 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días.....	72
Tabla 17 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días.....	72
Tabla 18 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días.....	72
Tabla 19 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días.....	73
Tabla 20 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días.....	73
Tabla 21 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días.....	73
Tabla 22 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días.....	73
Tabla 23 Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días.....	74

Tabla 24 Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días	74
Tabla 25 Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días	74
Tabla 26 Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días	75
Tabla 27 Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días	75
Tabla 28 Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días	75
Tabla 29 Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días	75
Tabla 30 Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días	76
Tabla 31 Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días	76
Tabla 32 Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 7 días	76
Tabla 33 Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 14 días	77
Tabla 34 Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 21 días	77
Tabla 35 Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 28 días	77
Tabla 36 Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 7 días	78
Tabla 37 Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 14 días	78
Tabla 38 Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 21 días	78
Tabla 39 Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 28 días	78

Tabla 40 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días.....	79
Tabla 41 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días.....	79
Tabla 42 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días.....	80
Tabla 43 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días.....	80
Tabla 44 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días.....	80
Tabla 45 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días.....	81
Tabla 46 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días.....	81
Tabla 47 Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días.....	82
Tabla 48 Porcentaje de resistencia alcanzada	82
Tabla 49 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 1 al día 7.....	84
Tabla 50 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 8 al día 14.....	84
Tabla 51 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 15 al día 21.....	84
Tabla 52 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 22 al día 28.....	85
Tabla 53 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 1 al día 7.....	85
Tabla 54 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 8 al día 14.....	85
Tabla 55 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 15 al día 21.....	85
Tabla 56 Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 22 al día 28.....	86

Tabla 57 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado tradicional del día 1 al día 7.....	87
Tabla 58 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado tradicional del día 8 al día 14.....	88
Tabla 59 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado tradicional del día 15 al día 21.....	88
Tabla 60 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado tradicional del día 22 al día 28.....	88
Tabla 61 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 1 al día 7.....	89
Tabla 62 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 8 al día 14.....	89
Tabla 63 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 15 al día 21.....	90
Tabla 64 Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 22 al día 28.....	90
Tabla 65 Resultados de contenido de humedad.....	90
Tabla 66 Prueba de normalidad de Resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor	92
Tabla 67 Prueba de homogeneidad de varianzas de los datos de resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor	93
Tabla 68 Prueba t student de los datos de resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor.....	95
Tabla 69 Resultados de resistencia a la compresión.....	95
Tabla 70 Resultados de contenido de humedad.....	97
Tabla 71 Resultados de cantidad de agua total utilizada.....	98

Índice de figuras

Figura 1 Curva granulométrica de lama	64
Figura 2 Curva granulométrica del agregado fino.....	65
Figura 3 Curva granulométrica del agregado grueso	66
Figura 4 Resistencia a la compresión promedio de las muestras sometidas a curado tradicional	83
Figura 5 Resistencia a la compresión promedio de las muestras sometidas a curado a vapor	83
Figura 6 Porcentaje de humedad promedio de las muestras sometidas a curado tradicional.....	86
Figura 7 Porcentaje de humedad promedio de las muestras sometidas a curado a vapor	87
Figura 8 Resultados de resistencia a la compresión	91
Figura 9 Resultados de resistencia a la compresión	96
Figura 10 Resultados de resistencia a la compresión	97
Figura 11 Resultados de cantidad de agua utilizada en cada método de curado	98
Figura 12. Obtención de muestras de agregado fino ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 13. Obtención de muestras de agregado grueso ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 14. Obtención de muestras de agregado lama ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 15. Ensayo de granulometría del agregado fino ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 15. Ensayo de granulometría del agregado grueso ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 17. Ensayo de granulometría del agregado lama ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 18. Pesaje de agregado previa a la mezcla. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 19. Traslado de material para la mezcla..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 20. Mezcla de agregados y cemento para bloques artesanales..... ¡Error! Marcador no definido.	

Figura 21. Elaboración de bloques de concreto artesanales; **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 22. Obtención de bloques de concreto artesanales; **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 23. Elaboración del prototipo de cámara de vapor; **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 24. Prototipo de cámara de vapor elaborado para el curado de bloques de concreto **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 25. Muestras sometidas a un curado tradicional; **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 26. Funcionamiento del prototipo de cámara a vapor; **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 27. Supervisión y control de la cámara de vapor en funcionamiento. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 28. Muestras sometidas a un curado controlado en la cámara a vapor **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 29. Ensayo de compresión de bloques sometidos a curado tradicional . **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 30. Ensayo de compresión de bloques sometidos a curado a vapor . **¡Error! Marcador no definido.**

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	115
Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables.....	116
Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos.....	117
Anexo 4. Panel fotográfico.....	141

I. Introducción

El uso de bloques de concreto en la construcción es crucial debido a su versatilidad, resistencia, facilidad de manejo y bajo costo, lo que los hace una opción accesible y sostenible. A nivel mundial, la producción de estos materiales ha crecido, como en Estados Unidos, donde aumentó un 3,8% en 2020. Sin embargo, la producción de cemento, componente principal del concreto, contribuye al 8% de las emisiones globales de CO₂ y puede afectar negativamente la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas. En Perú, la producción de cemento creció un 4,5% en 2019, pero enfrenta desafíos como la falta de inversión en infraestructura y la corrupción. La industria es criticada por su impacto ambiental y en la salud de los trabajadores. En Abancay, gran parte de las edificaciones se construyen con bloques de concreto, aunque muchas empresas no cumplen con las normas técnicas, representando un riesgo para la población. La producción artesanal de estos bloques tiene limitaciones en calidad y resistencia, afectada por mezclas inconsistentes, curado inadecuado, y falta de compactación y control de calidad.

Es por ello que la presente investigación posee el siguiente esquema:

Capítulo I: expone el contexto general del estudio, la relevancia del tema y las razones que motivaron su desarrollo.

Capítulo II: describe la problemática central, se formulan los objetivos de la investigación y se establece la hipótesis en función de la realidad observada. Asimismo, se justifica la importancia del estudio y se definen las variables de análisis.

Capítulo III: presenta los antecedentes relevantes, las bases teóricas que sustentan la investigación y la definición de los términos clave utilizados en el estudio.

Capítulo IV: se detalla el enfoque metodológico adoptado, el tipo y nivel de investigación, así como el ámbito temporal y espacial. Además, se describe la población y

muestra, los instrumentos de recolección de datos, los procedimientos aplicados, el análisis de datos y las consideraciones éticas del estudio.

Capítulo V: se exponen los hallazgos obtenidos a partir del análisis de los datos y se discuten en relación con la literatura existente y los objetivos planteados.

Capítulo VI: se sintetizan los principales hallazgos de la investigación, resaltando su aporte en relación con el problema planteado y los objetivos establecidos.

Capítulo VII: se proponen sugerencias y estrategias basadas en los resultados obtenidos, con el fin de mejorar o dar solución a la problemática abordada en el estudio.

Capítulo VIII: por último, se presentan las fuentes bibliográficas utilizadas para la fundamentación teórica y metodológica del estudio.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Descripción

Arango (2024), en su artículo científico, indica que la mampostería en todas las épocas ha sido una solución versátil y practica para la ejecución de las obras, esto se debe a la facilidad para predecir sus comportamientos: hoy en la actualidad se tienen varios métodos de diseños que permiten estimar su confiabilidad y seguridad. Para su ejecución de la construcción los maestros suelen tener alta calificación técnica para garantizar un prolongado tiempo de servicio y estos factores son los que permiten incluirla en muchas normas de construcción sismo resistente.

La producción de materiales de construcción, como el bloque de concreto, es una actividad que ha crecido en todo el mundo. Según un informe de la Asociación Nacional de Fabricantes de Concreto de los Estados Unidos, la producción de bloques de concreto en ese país aumentó en un 3,8% en 2020 (National Concrete Masonry Association 2020). Sin embargo, la producción de materiales de construcción también tiene un impacto significativo en el medio ambiente. Según un estudio de la Universidad de Cambridge, la producción de cemento, uno de los componentes principales del concreto, es responsable del 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono. Además, la producción de materiales de construcción puede tener un impacto negativo en la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas a las fábricas (Cambridge Centre for Climate Repair, 2018).

Señala que los costos de producción de los bloques de concreto con sustitución de residuos sólidos de polietileno de alta densidad tienen un valor económico menor que los bloques convencionales, los cuales poseen un costo de 14 centavos de dólar, mientras que sus bloques ecológicos tienen uno de 11 centavos de dólar (Mendoza et al., 2021). La relevancia del uso de mampostería en México y América latina; se debe a que la mayoría de

las viviendas unifamiliares se construyen, precisamente a base de muros de mampostería (en sus diferentes modalidades). También se emplean sistemas a base de muros de mampostería en el diseño y construcción edificios de vivienda de baja altura (Ruiz y Godínez, 2022). Por otro lado, Ríos et al. (2017), señala que la producción de materiales de bloques de concreto en Colombia es un tema complejo que involucra varios factores, como la demanda de materiales de construcción, la disponibilidad de recursos y la sostenibilidad ambiental. La producción de concreto en Colombia requiere 4,69 millones de toneladas de arena y 7,53 millones de toneladas de grava; así mismo, esta industria del cemento está liderada por empresas como CEMEX y Holcim Colombia SA. (Delrieu y Rodríguez, 2008).

En la región peruana, la producción de materiales de construcción también ha crecido en los últimos años. Según un informe del Banco Central de Reserva del Perú, la producción de cemento en el país aumentó en un 4,5% en 2019 (Nureña, 2015). Sin embargo, la industria de la construcción en Perú también enfrenta desafíos significativos. Un estudio de la Pontificia Universidad Católica del Perú encontró que la falta de inversión en infraestructura y la corrupción son barreras importantes para el crecimiento del sector. Además, la industria de la construcción en Perú ha sido criticada por su impacto en el medio ambiente y la salud de los trabajadores (Contreras, 2020).

En el censo nacional del 2017 se identifica que las viviendas tienen muros predominantemente en ladrillo o bloque de cemento siendo el uso del concreto clásico en las edificaciones y en la actualidad se viene observando una creciente y masiva acelerada población urbanística, generando una gran demanda de viviendas en zonas periféricas siendo estas edificaciones elaboradas de bloques de concreto y adobe. Gran parte de las edificaciones de Abancay son construidas con bloques de concreto más conocidos como bloquetas, estas unidades de albañilería son fabricados artesanalmente con el uso de mesa vibradora, en algunos casos con el uso de prensa hidráulica o las ponedoras, esto debido a la

exigente demanda que existe en la ciudad. Muchas empresas fabricantes de estas unidades de albañilería producen bloques de concreto que no cumplen con las especificaciones que exigen las Normas Técnicas, ocasionando un riesgo para la población.

Existen 26 empresas dedicadas a la fabricación de bloques de concreto en la ciudad de Abancay, de las cuales, las 3 empresas que tienen mayor producción diaria y las que emplean la mejor tecnología para la producción de sus unidades de albañilería corresponden a las bloqueteras “Distribuciones Vicky”, “Andrés Herencia Huanca” y “René Ñahui”, abarcando así el 11,54% de bloqueteras que cumplen con los estándares mínimos de calidad, no obstante estos no son suficientes para garantizar la adecuada construcción de viviendas. Las edificaciones consideradas como monumentales o históricas que son 13 253 parte de ella están en la ciudad de Abancay incrementando la carga muerta y más aún esta zonificada de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en la zona 2 (Buller & Neciosup, 2008).

Luego de visitar y recolectar información fundamental de las “bloqueteras” de la ciudad de Abancay, las cuales me brindaron información valiosa de sus diseños de mezcla y método de curado que utilizan, pero esta información al comparar y llevar sus bloques de concretos fabricados artesanalmente al laboratorio para hacer el ensayo a compresión, me resultó que no llegaban a la resistencia indicada en la norma, las cuales son la mezcla inconsistente, debido a la falta de conocimiento técnico y equipo adecuado, resulta en una composición heterogénea y debilitada. El curado inadecuado, influenciado por condiciones ambientales desfavorables y la falta de implementación de nuevas tecnologías de curado, compromete la resistencia y la integridad estructural de los bloques. Además, la falta de compactación adecuada, producto de limitaciones técnicas y falta de atención durante el proceso de fabricación, incrementa la porosidad y disminuye la densidad de los bloques. Por último, un control de calidad deficiente, evidente en la falta de pruebas y evaluaciones, así

como la ausencia de estándares claros, impide la detección temprana de defectos y la mejora continua del proceso de fabricación

Problema general

- ¿Cuál es la influencia del curado con vapor en el esfuerzo a compresión de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023?

Problemas específicos

- **PE1:** ¿Cuál es la influencia del curado con vapor en la resistencia axial de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023?
- **PE2:** ¿Cuál es la influencia del curado con vapor en el porcentaje de humedad de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023?
- **PE3:** ¿Cuál es la influencia de la cantidad de vapor en el esfuerzo a compresión de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia del curado con vapor en el esfuerzo compresión de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Analizar la influencia del curado con vapor resistencia axial de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.
- **OE2:** Determinar la influencia del curado con vapor en el porcentaje de humedad de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.
- **OE3:** Medir la cantidad de vapor el esfuerzo a compresión de los bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.

2.3. Justificación e importancia

Justificación

La presente investigación busca la necesidad de evaluar el esfuerzo a compresión de los bloques de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor en Abancay. La evaluación de estas propiedades es importante para garantizar la calidad y resistencia del producto final, lo que a su vez contribuirá a la seguridad y durabilidad de las construcciones. Además, el cálculo del esfuerzo a compresión de los bloques de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor puede proporcionar información valiosa para mejorar el proceso de producción y la calidad del producto final.

Para lo cual se utilizó métodos y técnicas de investigación que permitieron medir y analizar los bloques de concreto. Entre los métodos y técnicas que se utilizarán se encuentran:

- Esfuerzo a compresión
- Porcentaje de humedad
- Cantidad de agua utilizada

La combinación de estos métodos y técnicas permitieron obtener información detallada sobre su comportamiento de los bloques de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor en Abancay. Donde se utiliza un enfoque participativo que involucra a la comunidad local en el proceso de evaluación, lo que permitió obtener información valiosa sobre las prácticas y técnicas de producción utilizadas en la región.

Importancia

La importancia de esta investigación es que se está evaluando un método innovador de curado al vapor en el que se evidencio la carencia de estudios específicos del curado al vapor en bloques de concreto fabricado artesanalmente en la ciudad de Abancay, donde se llegara a hacer un comparativo de las unidades de bloque de concreto curadas mediante el

curado al vapor y tradicional, los cuales serán sometidos a estudios de laboratorios y así evidenciar y analizar los resultados de dicho método y sus comportamiento de esfuerzo a compresión de la unidad de bloque de concreto y con estos resultados buscar proporcionar un estudio valiosos para los ingenieros civiles de nuestra zona y fomentando a seguir innovando en los métodos de curados.

2.4. Hipótesis

Hipótesis general

- El curado con vapor incrementa significativamente el esfuerzo a compresión de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.

Hipótesis específicas

- **HE1:** El curado con vapor incrementa significativamente la resistencia axial de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.
- **HE2:** El curado con vapor incrementa significativamente el porcentaje de humedad de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.
- **HE3:** La cantidad de vapor influye significativamente esfuerzo a compresión de los bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.

2.5. Variables

Definición de variables

Se determinó como variable independiente a: “Curado con vapor”, el cual se analizó mediante las dimensiones e indicadores “temperatura de vapor” “volumen de vapor concentrado”, “tasa de humidificación” y “duración del curado”.

La variable dependiente es aquella que se ve afectada cuando se va variando la variable independiente, con lo cual el “Esfuerzo a compresión” fue variando debido al porcentaje de humedad contenida y cantidad de agua utilizada.

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición	Escalas de medición
Curado con vapor	El proceso de curado con vapor implica aplicar vapor de agua al concreto durante un período de tiempo controlado y a temperaturas específicas. El vapor proporciona calor y humedad adicionales, creando un entorno óptimo para el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del concreto.	Se prepara dos grupos de muestras de concreto prefabricado, uno que será sometido a curado al vapor y otro a curado tradicional. Se establecerán las condiciones de curado para cada grupo de muestras, y se asegurará que las condiciones sean constantes para cada tipo de curado: para el curado a vapor se elaborará un prototipo hermético en el cual se concentrará el vapor del curado, mientras que para el curado tradicional se desarrollará mediante riego humedeciendo completamente la muestra.	D1: Cantidad con vapor	I1: Temperatura del vapor	Termómetro de alta precisión	°C (incrementos de 0.1 o 1 °C)
				I2: Volumen de vapor concentrado	Medidor de flujo de vapor	1/min (incrementos de 1% a 5%)
				I3: Tasa de humidificación	Higrómetro	% (incrementos de 1 a 5%)
				I4: Duración del curado	Paso del tiempo	días (intervalos de 1 día)
Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición	Escalas de medición
Propiedades mecánicas	Se refieren a las características relacionadas con la resistencia y el comportamiento estructural del material. Estas propiedades son fundamentales para garantizar que los elementos prefabricados de concreto cumplan con los requisitos de diseño y desempeño esperados.	En este estudio, la resistencia del concreto prefabricado se medirá mediante pruebas de compresión y flexión en diferentes edades del concreto, mientras que la durabilidad se evaluará a través del cambio en la resistencia y absorción de agua, la permeabilidad y la resistencia al desgaste del concreto. Por lo tanto, la resistencia y durabilidad del concreto se operacionalizan a través de las diferentes pruebas y mediciones realizadas en el estudio para evaluar los indicadores específicos de cada dimensión de la variable dependiente.	D1: Resistencia axial	I1: f _b máximo a compresión axial	Ensayo de compresión	kg/cm ²
				I2: f _b promedio a compresión axial	Ensayo de compresión	kg/cm ²
			D2: Porcentaje de humedad	I1: Humedad inicial	Higrómetro	%
				I2: Humedad final	Higrómetro	%

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

Tejada y Córdoba (2023) en su artículo de investigación denominado: *“Influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó”*, presentan un estudio sobre cómo el proceso de curado influye en la resistencia a la compresión del concreto en condiciones climáticas específicas. Mediante el vertido de probetas de concreto en el laboratorio, se aplicaron tres métodos de curado, y se evaluó la resistencia a diferentes edades, desde 3 hasta 91 días. Los resultados revelaron que el curado al aire libre se asocia a factores ambientales, como la precipitación y la temperatura. La fuente de material para la investigación fue el río Atrato, principal punto de extracción de material pétreo en Quibdó, utilizado en diversas obras civiles. Los agregados se caracterizaron mediante tamizaje, granulometrías, densidad, humedad, absorción y masa unitaria. El curado por inmersión demostró un comportamiento típico y efectivo en la resistencia del concreto, superando un 3% la resistencia de diseño a los 28 días, alcanzando un valor de 3615,79 PSI. La resistencia continuó incrementándose de manera proporcional con el tiempo, superando a otros métodos empleados. A los 28 días, el concreto expuesto a las condiciones de Quibdó alcanzó el 97% de la resistencia de diseño, mostrando una leve disminución a los 91 días, posiblemente debido a la influencia de factores ambientales, como la ausencia de precipitaciones y las oscilaciones de temperatura (entre 21,67 °C y 34,45 °C). Por otro lado, el concreto expuesto al aire libre y cubierto con papel film logró el 91% de la resistencia de diseño en los primeros 28 días, pero experimentó una reducción del 14% a los 91 días en comparación con los 56 días. Para el clima cálido-pluvial de Quibdó, especialmente entre julio y octubre, el curado con papel film no garantizó alcanzar la resistencia de diseño a los 28 días, demostrándose inadecuado bajo estas condiciones ambientales. La precipitación juega un papel clave en el curado al aire libre, ya

que favorece la hidratación del concreto y previene la evaporación. En conclusión, la investigación destaca la importancia de considerar las condiciones climáticas en el proceso de curado para obtener la resistencia deseada en estructuras verticales y horizontales al aire libre.

Liu et al. (2023) en su artículo de investigación denominado: *“Monitoreo del proceso de curado del concreto basado en la medición del módulo y la fricción interna usando un método de impedancia electromecánica cuantitativa”*, destacan la importancia de determinar el estado de consolidación del hormigón fresco para asegurar la calidad y seguridad en construcción. El proceso de curado del concreto normalmente lleva aproximadamente 28 días, durante los cuales la mezcla se endurece y fortalece hasta alcanzar los estándares adecuados para su uso. Los enfoques tradicionales de monitoreo solo miden el módulo de Young mediante el método ultrasónico. En este estudio, proponen un método de monitoreo en tiempo real basado en la medición precisa del módulo y la fricción interna utilizando impedancia electromecánica cuantitativa (Q-EMI). Los resultados indican que tanto el módulo como la fricción interna son útiles para supervisar el proceso de curado, aunque la medición del módulo resulta más precisa debido a su menor susceptibilidad a las condiciones de soporte. Para un tipo específico de concreto, el módulo de Young se estabiliza después de 4 días, mientras que el módulo de corte requiere 7 días para alcanzar la estabilidad; por lo tanto, la medición del módulo de corte es más adecuada para monitorear el proceso de curado. Además, se observa que el tiempo de curado es altamente sensible a la relación arena/cemento. Este enfoque proporciona una herramienta conveniente para monitorear el proceso de curado del concreto utilizando muestras pequeñas.

Dai et al. (2023), en su artículo de investigación denominada: *“Resistencia a las heladas y predicción de la vida útil del hormigón de igual resistencia bajo curado a temperatura negativa”*, abordan el tema de la resistencia a la compresión del hormigón

curado a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su evolución con el tiempo, llegando a alcanzar niveles comparables a los del hormigón curado a 28 días en condiciones estándar. No obstante, la resistencia a las heladas de este hormigón con igual fuerza aún no se comprende completamente. Para evaluarla, se consideraron la pérdida de masa, el módulo elástico dinámico relativo, la tensión máxima y la deformación máxima del hormigón. Los resultados revelaron que el curado a temperaturas negativas disminuye la resistencia a las heladas del hormigón con igual fuerza, siendo esta influencia más notable con una relación agua-aglomerante más alta. Se determinó que un contenido de aire inicial óptimo entre el 4% y el 5% favorece la resistencia a las heladas del hormigón con igual fuerza. Además, se desarrollaron modelos de cálculo de la tensión máxima relativa y la deformación máxima relativa considerando el contenido de aire inicial y los ciclos de congelación-descongelación. Mediante el método del coeficiente rápido, se estableció una relación entre los ensayos acelerados en laboratorio y la durabilidad del concreto en el sitio, utilizando un criterio de falla basado en la reducción del módulo elástico dinámico relativo al 60%. A pesar de sus esfuerzos, el hormigón de igual resistencia curado a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ no logró obtener la misma resistencia a las heladas ni la misma vida útil que el hormigón curado bajo condiciones estándar.

J. Liu et al. (2023) en su artículo de investigación denominada: *“Un nuevo método mejorado de curado por carbonatación utilizando una solución de monoetanolamina (MEA): sus efectos sobre la hidratación y la microestructura de los materiales a base de cemento”* presentan el potencial del curado con CO_2 para mejorar las propiedades de materiales basados en cemento y capturar CO_2 , especialmente en hormigón prefabricado. Sin embargo, se señala que su aplicación en el sitio de construcción se ve limitada debido a la dificultad de difundir CO_2 en el interior del concreto fresco. Como alternativa, proponen un nuevo método de curado mejorado por carbonatación utilizando una solución de monoetanolamina (MEA). Durante el estudio, se examinaron los efectos de este nuevo

curado en la resistencia a la compresión, la hidratación y la microestructura del material. Los resultados indican que la solución MEA puede retrasar la hidratación del cemento, lo que afecta la estructura de los poros y reduce la resistencia a la compresión. Es importante destacar que el impacto de la solución MEA rica en CO_2 en la resistencia a la compresión de la pasta de cemento difiere significativamente del efecto de la solución MEA estándar. La solución MEA rica en CO_2 muestra un efecto de inhibición débil en la hidratación temprana del cemento, mientras que su efecto promotor en la hidratación posterior es más evidente. Esto se atribuye a una reacción química entre la solución de MEA rica en CO_2 y los iones de calcio presentes en la solución de poro de la pasta de cemento, lo que conduce a la generación de carbonato de calcio en cantidades mínimas, pero suficientes para favorecer la hidratación posterior del cemento.

Zambrano et al. (2022) en su artículo denominado: *“Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón”*, se propusieron el objetivo de determinar el método de curado más efectivo para lograr la máxima resistencia a los 28 días. Evaluaron tres tipos de curado: hidratación continua, cubiertas húmedas y láminas de polietileno, sometiendo posteriormente los especímenes a pruebas de compresión. Los resultados revelaron que, a los 7 días, el curado con cubiertas húmedas alcanzó una resistencia de 20,46 MPa, mientras que el método de láminas de polietileno mostró un valor inferior de 18,33 MPa. A los 14 días, las cubiertas húmedas demostraron la resistencia más alta de 21,71 MPa, seguidas por la hidratación continua con un valor de 20,84 MPa, y el método de curado con lámina de polietileno registró el valor más bajo de 19,86 MPa. A los 28 días, los especímenes superaron sus resistencias de diseño, siendo la resistencia máxima de 33,92 MPa (109,1% de la resistencia de diseño) para el método de cubiertas húmedas, 22,31 MPa (106,2% de la resistencia de diseño) para el método de hidratación continua y 21,81 MPa (103,9%) para el método de curado con lámina de

polietileno. En conclusión, se recomiendan los tres métodos de curado en función de la rigurosidad de su aplicación, pero el método de cubiertas húmedas se destaca como el más favorable, ya que mantiene el hormigón hidratado durante un período prolongado y demuestra que la forma de curado ejerce una influencia significativa en la resistencia del concreto.

Araujo (2021) en su tesis de investigación denominada: “*Evaluación del autocurado del concreto aplicando polietilenglicol frente a un concreto con curado convencional en la ciudad de Chiclayo*”, propone abordar la insuficiente eficacia del curado convencional del concreto mediante la eliminación de este proceso, a favor de la aplicación del autocurado del concreto utilizando el aditivo Polietilenglicol 4000 en distintas dosificaciones (0,5%, 1%, 1,5% y 1,75% del peso del cemento). Las variables independientes del estudio se centran en las diferentes dosificaciones del aditivo, mientras que las variables dependientes incluyen el asentamiento, exudación, contenido de aire, temperatura, tiempo de fraguado, peso unitario, resistencia a la compresión, permeabilidad, resistencia a la flexión y fisuración. Además, se llevó a cabo una evaluación económica. Los resultados de las mezclas con Polietilenglicol 4000 se compararon con los resultados de un concreto curado sumergido en agua. Se concluyó que las dosificaciones más efectivas del Polietilenglicol 4000 fueron aquellas con 1% y 1,5% del peso del cemento, aunque alcanzaron solo el 81,5% y 80,9% respectivamente de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días (210 kg/cm²).

Chávez (2021) en su tesis denominada: “*Evaluación de las propiedades mecánicas en bloques de concreto tipo P incorporando vidrio triturado*”, planteó el objetivo de evaluar las propiedades mecánicas de estos bloques mediante la adición de vidrio triturado. La metodología empleada fue de investigación aplicada y tecnológica, con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, incorporando un porcentaje de vidrio triturado en lugar de arena gruesa. Los resultados revelaron que la resistencia a la compresión por unidad de

albañilería en los bloques de concreto tipo P, con un 5% de vidrio triturado a los 28 días, superó el valor de diseño alcanzando 71,23 kg/cm². Aumentando la adición al 10%, la resistencia fue de $f'_b = 74,50$ kg/cm², al 15% fue de $f'_b = 80,17$ kg/cm², y al 20% fue de $f'_b = 82,39$ kg/cm². En cuanto a la resistencia a la compresión de muretes de albañilería (f'_m), el bloque patrón sin adición obtuvo un mejor comportamiento con un $f'_m = 8,18$ MPa. Además, en términos de resistencia a la compresión diagonal (V'_m), el bloque de concreto tipo P con una adición del 20% de vidrio triturado presentó un aumento de 1,06 MPa en comparación con el modelo patrón. Se concluye que la adición de vidrio triturado en los bloques de concreto tipo P no afecta la trabajabilidad del concreto, y que el porcentaje de absorción del bloque disminuye a medida que se añade más vidrio triturado en comparación con el bloque patrón. De igual forma, la succión del bloque se reduce a medida que aumenta el porcentaje de vidrio triturado. Las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, la resistencia de pilas de albañilería y la resistencia de muretes de albañilería, presentan mejores resultados a medida que aumenta el porcentaje de vidrio triturado.

Flores (2024) en su tesis de investigación denominada: “*Comparación entre el curado convencional y curado con SikaCem en la resistencia del concreto, Jaén 2022*”, realizó una comparación de cuando es de eficiente un curado convencional en agua y un curado con aditivo SikaCem y cómo esto influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm², su investigación analiza como un curado inapropiado disminuye notablemente la resistencia del concreto donde se realizaron probetas cilíndricas de concreto los cuales fueron sometidos a diferentes tipos de curados como: inmersión, aspersión con agua, aspersión con 1,2 y 3 capas de aditivo SikaCem, donde obtuvo los siguientes resultados de ensayo a compresión a los 28 días de curado fueron, 267.95 kg/cm², 234.16 kg/cm², 213.93 kg/cm², 215.41 kg/cm² y 217.00 kg/cm², respectivamente donde concluye

que el curado por inmersión en agua es mas eficiente que los curados con el aditivo SikaCem en capas.

Ortiz (2020) en su tesis de investigación denominada: “*Comparación entre el curado convencional de concreto y un curado con Antisol en la resistencia al concreto*”, presenta una recopilación exhaustiva de la información del curado convencional en comparación con un curado con aditivo Antisol y estudiar cómo actúa este aditivo en su comportamiento del concreto. Su investigación fue científico con un tipo de investigación aplicada, de nivel descriptivo -comparativo-correlacional y con un diseño experimental en donde obtuvo 80 probetas de ensayo y no utilizo la técnica de muestreo, sino el de censo, los cuales después de realizarse los ensayos en laboratorio concluyo que el aditivo Antisol no mejora la resistencia del concreto en comparación con el curado convencional, sustentando que la resistencia final obtenida del curado convencional fue de 235.76 kg/cm² y del aditivo Antisol es de 230.15 kg/cm².

Mamami y Vargas (2022) en su tesis de investigación denominada: “*Curado de concreto en clima frío, y su influencia en la resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² Juliaca -2022*”, tuvieron como objetivo demostrar la influencia del curado del concreto en un clima frio, tuvo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada con un diseño cuasi experimental, su población de estudio fue el concreto de $f'c=210$ kg/cm² y en el cual su muestra fue el vaciado del pavimento rígido de la obra “Mejoramiento del servicio de infraestructura vial urbana II etapa en la urbanización Taparachi primer sector de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román-Puno-Jrs.Venezuela,Guatemala,Honduras,Montevideo,Ecuador y Ovalo periodista(Segunda etapa)” y además de un total de 51 especímenes conformados por tres grupos de 17 probetas cada uno, donde un grupo se encontraba en un temperatura controlada de 20 °C – 25°C,el segundo grupo curado en condiciones in situ y el tercer grupo sumergido y curado en condiciones in situ, donde concluyo que las variaciones de temperaturas

influencia negativamente hasta en un 33.31%,32.08%,31.00%,28.33% y 27.61% a las edades de 01,03,07,14 y 28 días con respecto a las muestras curadas en condiciones controladas de temperatura.

Huancollo y Zamalloa (2022) en su tesis de investigación denominada: *“Evaluación del curado utilizando totora en especímenes de concreto $f'c=210$ kg/cm² en Puno-2022”*, el objetivo de esta investigación es evaluar el resultado del curado utilizando totora en especímenes de $f'c=210$ kg/cm² donde su metodología es cuasi experimental y aplicado para lo cual los especímenes fueron realizados en laboratorio en donde obtuvieron 27 probetas de concreto para evaluar en tres etapas, la primera etapa a los 07 días 03 especímenes curado con totora y 03 curado tradicional, y 03 unidades en poza como curado del concreto patrón, la segunda etapa a los 14 días 03 especímenes para cada método de curado finalmente la tercera etapa a los 28 días 03 especímenes de muestra para cada método de curado en donde se obtuvo que el curado patrón llegó a un promedio de 120% de resistencia a compresión y curado a totora llegó a un promedio de 99.5% a la resistencia del diseño y donde sobre sale un 5% más con respecto al curado tradicional.

Burgos y Huaynates (2022) en su tesis de investigación denominada: *“Influencia del curado artificial del concreto por rociado sobre la resistencia a la compresión en el concreto premezclado $f'c= 280$ kg/cm²”*, su objetivo principal es comparar la efectividad de tres tipos de aditivos curadores para la cual realizaron probetas de concreto utilizando el cemento Pacasmayo Tipo I y agregado de una cantera donde realizaron los ensayos respectivos de laboratorio.

En respecto al concreto premezclado con dicho cemento trabajaron con un slump de 4” a 6” y una temperatura de 21 °C y la relación de a/c de 0.58. Después de haber realizado los ensayos entre los tres tipos de aditivos curadores artificiales y una muestra patrón demostraron que mediante un análisis estadístico que no existe una diferencia significativa

entre las medias de los resultados del aditivo Sikacemcurador y Membranil, pero si entre el Sikacemcurador y el Z Membrana blanco; mientras entre el Membranil y Z Membrana blanco la diferencia de medias tampoco es significativa; sin embargo estos dos últimos aditivos mencionados no llegaron a la resistencia de diseño de 280 kg/cm² donde el menor valor obtenido fue del aditivo Z Membrana blanco con una reducción de 4.64% ($f'_c=267$ kg/cm²) seguido del aditivo Membranil con un 2.14% ($f'_c=274$ kg/cm²), mientras el aditivo Sikacemcurador resulto con el valor de $f'_c= 287$ kg/cm² por lo que concluyeron que los aditivos curadores afectan disminuyendo el grado y la tasa de hidratación del cemento en comparación por curado por inmersión.

Ayquipa (2021) en su tesis de investigación denominada: *“Influencia de los métodos de curado con mucílagos naturales en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² en Abancay, 2019”*, busca determinar cómo los métodos de curado con mucílagos naturales afectan la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210$ kg/cm². La metodología adoptada fue cuantitativa y de diseño experimental, utilizando el método estadístico de distribución t de Student con un nivel de aceptación del 95%. El estudio evaluó la influencia del curado del concreto, con el objetivo de ampliar los conocimientos sobre la influencia de los mucílagos naturales en distintos métodos de curado en la resistencia a compresión del concreto. Los mucílagos naturales empleados como agentes curadores incluyeron sábila, nopal y linaza, los cuales se aplicaron a los especímenes de concreto mediante los métodos de aspersión, inmersión y membrana. Se realizó un análisis comparativo de los valores de resistencia a compresión del concreto a edades de 7, 14 y 28 días, utilizando los diferentes métodos de curado con mucílagos naturales y se demostró la hipótesis planteada, que indica que estos métodos influyen en la resistencia a compresión del concreto en comparación con el curado tradicional con agua.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Concreto

El concreto, también conocido como hormigón en algunos lugares, es un material de construcción esencial y ampliamente utilizado en todo el mundo. Se compone principalmente de cemento, agregados (como arena, grava o piedra triturada) y agua. Estos ingredientes se mezclan en proporciones específicas para formar una masa moldeable y fluida que se endurece con el tiempo y se convierte en un material sólido y resistente. El cemento es el ingrediente principal del concreto y actúa como agente aglutinante. Es producido a partir de la molienda de materiales como piedra caliza, arcilla y minerales que contienen sílice, alúmina y hierro. El cemento se mezcla con los agregados y el agua para crear una pasta que se une a los agregados y luego se endurece a medida que el cemento hidrata. Los agregados, que pueden ser: arena, grava o piedra triturada, proporcionan estabilidad y resistencia al concreto. Dependiendo de las necesidades y requisitos específicos del proyecto, se pueden utilizar diferentes tipos y tamaños de agregados. El agua se agrega a la mezcla para facilitar el proceso de mezclado y para permitir que el cemento hidrate y forme la estructura de la red cristalina que da al concreto su resistencia y durabilidad. El concreto es ampliamente utilizado en la construcción de edificios, puentes, carreteras, represas, túneles y muchas otras infraestructuras debido a su alta resistencia a la compresión, durabilidad, facilidad de fabricación y bajo costo en comparación con otros materiales de construcción. Es un material versátil que se adapta a una variedad de aplicaciones y ofrece un rendimiento confiable en diferentes condiciones ambientales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque el concreto es resistente a la compresión, también puede ser susceptible a la tensión y la flexión. Para abordar estas limitaciones, se utilizan técnicas de refuerzo, como la incorporación de barras de acero (concreto armado), para mejorar aún más su resistencia y capacidad de carga (Le et al., 2023).

3.2.1.1. Concreto prefabricado

El concreto prefabricado es un tipo de concreto que se produce en una fábrica o planta de producción en lugar de ser vertido y moldeado en el lugar de construcción. Se compone principalmente de cemento, agregados (como arena y grava), agua y aditivos, y se fabrica en elementos estructurales, paneles, vigas, losas u otros componentes prefabricados (Cao et al., 2023).

La producción de concreto prefabricado implica el vertido y el curado controlado del concreto en moldes o encofrados especiales en la planta de fabricación. Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia adecuada, se retira del molde y se somete a un proceso de curado adicional para fortalecerlo. Posteriormente, estos elementos prefabricados se transportan al sitio de construcción y se instalan en su posición final. (D. Zhang et al., 2023)

El uso de concreto prefabricado tiene varias ventajas. En primer lugar, permite un mayor control de calidad, ya que el proceso de fabricación se lleva a cabo en condiciones controladas y se pueden implementar pruebas y controles rigurosos. Además, la producción en masa y la automatización en la planta pueden resultar en una mayor eficiencia y reducción de costos. También se puede lograr una mayor precisión en las dimensiones y formas de los elementos prefabricados. (Zhao et al., 2023)

Además de estas ventajas técnicas, el concreto prefabricado ofrece beneficios en términos de ahorro de tiempo en la construcción, ya que los elementos pueden fabricarse simultáneamente en la planta mientras se realiza la preparación del sitio. Esto puede acelerar el proceso de construcción y reducir los plazos de entrega. También puede minimizar los desechos en el lugar de construcción y reducir la necesidad de mano de obra intensiva. (Zhu & Hai Tan, 2023)

3.2.1.2. Concreto fabricado artesanalmente

El concreto fabricado artesanalmente, también conocido como concreto hecho a mano, es aquel que se produce de manera manual en pequeña escala, generalmente en el sitio de construcción. A diferencia del concreto prefabricado, que se produce en una planta de fabricación, el concreto fabricado artesanalmente implica mezclar los ingredientes del concreto directamente en el lugar de construcción utilizando herramientas y equipos básicos (Cubas, 2017).

El proceso de fabricación artesanal del concreto generalmente implica los siguientes pasos:

- Mezcla de ingredientes: los ingredientes principales del concreto, como el cemento, la arena, la grava y el agua, se mezclan en proporciones adecuadas. Esta mezcla se puede realizar en un espacio designado utilizando palas, carretillas o mezcladoras de concretos manuales.
- Mezclado: los ingredientes se mezclan manualmente hasta obtener una mezcla homogénea. Esto requiere el esfuerzo físico de los trabajadores, quienes deben asegurarse de que todos los componentes estén bien incorporados.
- Vertido y moldeo: una vez que la mezcla está lista, se vierte en moldes o encofrados preparados en el lugar de construcción. Estos moldes pueden ser de madera, metal u otros materiales y se utilizan para dar forma al concreto de acuerdo con los requisitos del proyecto.
- Curado y fraguado: después de verter el concreto en los moldes, se permite que fragüe y se endurezca durante un período de tiempo determinado. El curado adecuado es esencial para garantizar que el concreto alcance la resistencia y durabilidad requeridas.

El concreto fabricado artesanalmente a menudo se utiliza en proyectos de construcción de pequeña escala, como reparaciones de estructuras existentes, construcciones de bajo presupuesto o trabajos donde no se requiere una gran cantidad de concreto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el concreto fabricado artesanalmente puede tener limitaciones en términos de control de calidad y consistencia en comparación con el concreto prefabricado producido en plantas especializadas (Paredes, 2023).

Es crucial seguir las buenas prácticas de mezclado, proporciones adecuadas de ingredientes y técnicas de curado para obtener un concreto de calidad en proyectos donde se utiliza el método artesanal. En caso de dudas o proyectos de mayor envergadura, siempre es recomendable consultar a profesionales en ingeniería y construcción para garantizar la adecuada utilización del concreto. (Mosqueira, 2019)

3.2.1.3. Curado del concreto

El curado del concreto es el proceso de mantener la humedad y temperatura adecuadas en el concreto recién colocado para permitir que se endurezca y desarrolle su resistencia y durabilidad óptimas. Es una etapa crítica en la fabricación y colocación del concreto, ya que influye directamente en sus propiedades finales (B. Liu et al., 2023).

El curado del concreto es necesario debido a la reacción química conocida como hidratación, en la cual el cemento se mezcla con agua para formar una matriz sólida y resistente. Durante este proceso, el agua es esencial para mantener la humedad en el concreto, lo que permite que la hidratación se complete y la resistencia del material se desarrolle plenamente (Dai et al., 2023).

El curado adecuado del concreto ayuda a lograr los siguientes objetivos:

- Resistencia: el proceso de curado permite que el concreto alcance la resistencia deseada. La humedad ayuda a que las partículas de cemento se hidraten y se adhieran entre sí, formando una estructura sólida y resistente.
- Durabilidad: el curado adecuado contribuye a mejorar la durabilidad del concreto, reduciendo la formación de grietas y minimizando el potencial de deterioro debido a factores externos como la sequedad, la temperatura o la exposición a sustancias químicas.
- Control de contracción: el curado ayuda a controlar la contracción del concreto durante el proceso de secado. Al mantener la humedad en el concreto, se reduce la contracción excesiva y se minimiza la posibilidad de fisuras.
- Desarrollo de propiedades físicas: el curado adecuado permite el desarrollo de otras propiedades físicas importantes del concreto, como la resistencia a la compresión, la resistencia a la abrasión y la resistencia a los productos químicos.

El curado del concreto se puede lograr de varias formas, dependiendo del proyecto y las condiciones específicas. Algunas técnicas comunes de curado incluyen el uso de mantas húmedas, rociado de agua, membranas de curado, productos químicos de curado y sistemas de curado por vapor. La elección del método dependerá de factores como el clima, el tamaño y la forma de la estructura, y los requisitos del proyecto (Horszczaruk & Brzozowski, 2023).

3.2.1.3.1. Curado tradicional

El curado tradicional del concreto se refiere a la práctica comúnmente utilizada en la industria de la construcción para curar el concreto mediante la aplicación de agua en forma de riego o mediante la colocación de mantas húmedas sobre la superficie del concreto recién colocado (Aceros Arequipa, 2020).

En el curado tradicional, una vez que el concreto ha sido colocado y nivelado en su posición final, se toman medidas para mantener la humedad en el concreto durante un período de tiempo suficiente para permitir una hidratación adecuada y un desarrollo óptimo de sus propiedades físicas (Cemento Yura, 2022).

A continuación, se describen los métodos de curado tradicional más comunes:

- **Riego:** consiste en rociar agua sobre la superficie del concreto para mantenerla húmeda. Esto se puede hacer utilizando una manguera con un rociador o mediante la instalación de sistemas de riego automáticos. El riego se realiza regularmente durante el período de curado para asegurar que la superficie del concreto no se seque (Alario, 2014).
- **Mantas húmedas:** se colocan mantas de algodón, yute u otros materiales sobre el concreto para retener la humedad. Estas mantas se humedecen con agua y se mantienen en su lugar durante varios días para proporcionar un entorno húmedo y proteger el concreto de la pérdida de humedad (ReliableCure, 2022).

Ambos métodos de curado tradicional tienen como objetivo mantener la humedad en el concreto para permitir que la reacción de hidratación ocurra de manera adecuada. La humedad ayuda a evitar la evaporación excesiva del agua presente en el concreto, lo que a su vez permite una hidratación completa del cemento y el desarrollo de una estructura fuerte y duradera (Ingegeek, 2022).

Es importante destacar que el curado tradicional generalmente requiere un monitoreo constante para asegurar que se mantenga un nivel adecuado de humedad. La duración del período de curado puede variar según factores como la composición del concreto, el clima y las condiciones ambientales. Se recomienda seguir las recomendaciones de los profesionales en ingeniería y construcción para asegurar un curado óptimo del concreto en cada proyecto específico.

3.2.1.3.2. Curado con vapor

El curado con vapor del concreto es un método de curado acelerado que involucra la aplicación controlada de vapor de agua al concreto recién colocado. Este método se utiliza cuando se desea acelerar el proceso de curado y obtener resistencia temprana en el concreto. Durante el curado con vapor, se crea una cámara de vapor alrededor del concreto para mantener una alta humedad y temperatura constante. Esto se logra mediante el uso de generadores de vapor o sistemas de inyección de vapor que suministran vapor a la estructura o a la zona circundante. El vapor se mantiene a una temperatura específica y se controla cuidadosamente para evitar cambios bruscos que puedan causar tensiones en el concreto (Silva, 2022).

El curado con vapor acelera el proceso de hidratación del cemento al proporcionar una alta humedad y temperatura, lo que ayuda a que las reacciones químicas ocurran más rápidamente. Como resultado, el concreto puede alcanzar su resistencia deseada en un período de tiempo más corto en comparación con el curado tradicional. Este método es especialmente útil en climas fríos o en proyectos donde se requiere una resistencia temprana del concreto para avanzar rápidamente con la construcción. También puede ser utilizado en elementos prefabricados de concreto, donde se necesita un curado rápido para reducir los tiempos de producción y acelerar el proceso de construcción (KraftCuring, 2021).

Es importante tener en cuenta que el curado con vapor debe ser realizado por personal capacitado y bajo la supervisión de profesionales en ingeniería y construcción. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante y las pautas técnicas para asegurar un curado adecuado y evitar cualquier daño o deformación en el concreto.

3.2.1.4. Temperatura de curado

La temperatura del concreto puede variar en diferentes etapas y situaciones, y depende de varios factores. A continuación, se mencionan algunas temperaturas relacionadas con el concreto:

- Temperatura de mezclado: durante el proceso de mezclado del concreto, el agua y los componentes secos, como el cemento, la arena y la grava, se combinan. La temperatura del agua utilizada para mezclar el concreto suele ser ambiente o cercana a la temperatura ambiente (Claros, 2022).
- Temperatura fresca del concreto: la temperatura del concreto recién mezclado, conocida como temperatura fresca, puede variar según varios factores, como la temperatura ambiente, la temperatura de los ingredientes utilizados y el tiempo de transporte. Por lo general, la temperatura fresca del concreto puede oscilar entre los 10 °C y los 35 °C (Claros, 2022).
- Temperatura de colocación: cuando el concreto se vierte en el encofrado o molde, su temperatura puede verse afectada por las condiciones ambientales, como la temperatura del aire y la exposición al sol. Además, la temperatura de colocación también puede variar dependiendo de si se utiliza algún método de enfriamiento o calentamiento del concreto durante el proceso de colocación (Claros, 2022).

- Temperatura de curado: durante el proceso de curado, se busca mantener una temperatura adecuada para promover la hidratación y el desarrollo de la resistencia del concreto. La temperatura de curado puede variar según las especificaciones del proyecto y las recomendaciones de diseño, pero generalmente se busca mantenerla dentro de un rango óptimo, que suele ser entre los 10 °C y los 30 °C (Claros, 2022).

Es importante tener en cuenta que el control de la temperatura del concreto es crucial para lograr un rendimiento óptimo y evitar problemas como fisuras o disminución de la resistencia. En proyectos de gran envergadura o con requerimientos especiales, se pueden utilizar técnicas como el enfriamiento o el calentamiento del concreto para mantener la temperatura dentro de los límites deseados.

3.2.1.5. Humidificación

La humidificación del concreto es un proceso que consiste en agregar agua adicional al concreto ya colocado o al área circundante con el fin de mantener una alta humedad en el entorno del concreto durante el proceso de curado. El objetivo principal de la humidificación es prevenir la pérdida excesiva de humedad por evaporación, lo cual puede ocurrir en condiciones ambientales secas o calurosas (Guo et al., 2023).

La humidificación se utiliza para contrarrestar la evaporación rápida del agua presente en el concreto fresco y mantenerla en un estado húmedo durante el proceso de curado. Al mantener una alta humedad, se favorece la hidratación del cemento, lo que contribuye al desarrollo de una estructura fuerte y duradera (Y. Zhang et al., 2023).

Existen diferentes métodos de humidificación que se pueden utilizar, dependiendo de las condiciones y recursos disponibles:

- Riego con agua: consiste en aplicar agua directamente sobre la superficie del concreto utilizando una manguera, aspersores o sistemas de riego. El agua se aplica de manera uniforme para mantener la superficie húmeda durante el período de curado (Beglarigale et al., 2023).
- Uso de mantas húmedas: se colocan mantas de material absorbente, como algodón o jute, sobre el concreto para retener la humedad. Estas mantas se humedecen con agua y se mantienen en su lugar durante varios días para asegurar un entorno húmedo alrededor del concreto (Beglarigale et al., 2023).
- Membranas de curado: se aplican membranas o recubrimientos especiales en la superficie del concreto para evitar la evaporación excesiva de la humedad. Estas membranas pueden ser líquidas o en forma de láminas y forman una barrera protectora que mantiene la humedad en el concreto (Beglarigale et al., 2023).

La humidificación del concreto es especialmente importante en condiciones de clima seco, caluroso o ventoso, donde la evaporación del agua puede ser rápida. También es útil en proyectos donde se requiere un curado acelerado o cuando se necesita una resistencia temprana del concreto. Es importante destacar que la humidificación debe llevarse a cabo de manera controlada y adecuada para evitar problemas como el exceso de humedad o la formación de fisuras. Se recomienda seguir las pautas y recomendaciones de profesionales en ingeniería y construcción para asegurar un curado óptimo y lograr un concreto de calidad (Chen et al., 2023).

3.2.2. Propiedades del concreto

Las propiedades del concreto son las características físicas, mecánicas y químicas que determinan su comportamiento y rendimiento en diferentes aplicaciones de la construcción. Estas propiedades son fundamentales para garantizar la resistencia, durabilidad y funcionalidad del concreto en diversas estructuras y elementos.

3.2.2.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas del concreto se refieren a las características que se pueden medir u observar directamente en relación con su estructura y comportamiento físico. Estas propiedades son importantes para comprender el desempeño del concreto en diferentes condiciones. A continuación, se mencionan algunas de las propiedades físicas del concreto:

- **Densidad:** es la relación entre la masa y el volumen del concreto. La densidad del concreto se expresa comúnmente en kg/m^3 y puede variar según la mezcla y los agregados utilizados (Zhou et al., 2023).
- **Porosidad:** es la cantidad de espacio vacío o poros presentes en el concreto. La porosidad afecta directamente la permeabilidad y la absorción de agua del concreto, lo que a su vez puede influir en su resistencia y durabilidad (Zhou et al., 2023).
- **Absorción de agua:** es la capacidad del concreto para absorber agua. La absorción de agua está relacionada con la porosidad y puede ser un factor importante para determinar la resistencia a la intemperie y la durabilidad del concreto (Zhou et al., 2023).
- **Conductividad térmica:** es la capacidad del concreto para conducir el calor. La conductividad térmica del concreto puede influir en la transferencia de

calor a través de las estructuras de concreto y en su capacidad de retener o liberar calor en diferentes condiciones ambientales (Zhou et al., 2023).

- Contracción y expansión térmica: el concreto se expande y contrae en respuesta a cambios de temperatura. Estas deformaciones térmicas pueden generar tensiones internas y fisuras en el concreto si no se controlan adecuadamente (Zhou et al., 2023).
- Color: el color del concreto puede variar según los materiales y pigmentos utilizados en la mezcla. El color del concreto puede tener fines estéticos o funcionales, como la reflectividad de la luz solar (Zhou et al., 2023).
- Textura superficial: la textura superficial del concreto se refiere a la apariencia y la rugosidad de la superficie. Puede variar según el método de acabado utilizado, y puede tener un impacto en la adherencia, la resistencia al deslizamiento y la estética (Zhou et al., 2023).

3.2.2.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del concreto se refieren a su capacidad para resistir fuerzas y deformaciones bajo carga. Estas propiedades son fundamentales para evaluar la resistencia estructural y el comportamiento del concreto en diferentes aplicaciones de construcción (Ahn et al., 2023). Algunas de las propiedades mecánicas del concreto incluyen:

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia al corte
- Resistencia al flexionamiento
- Módulo de elasticidad
- Ductilidad

- Tenacidad
- Resistencia al desgaste
- Resistencia al impacto
- Coeficiente de Poisson
- Coeficiente de dilatación térmica

3.2.2.2.1. Esfuerzo a compresión

El esfuerzo a compresión del concreto es una propiedad mecánica fundamental que se refiere a la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión antes de sufrir una falla. Se trata de la resistencia máxima que puede soportar el concreto antes de que comience a aplastarse o romperse bajo cargas aplicadas en dirección hacia el interior (Lai et al., 2023).

El esfuerzo a compresión se expresa en unidades de presión, generalmente en megapascuales (MPa) o psi (libra por pulgada cuadrada). Es una medida de la resistencia estructural y la capacidad de carga del concreto en aplicaciones donde se somete a compresión, como en columnas, vigas, losas y cimentaciones (Yang et al., 2023).

La resistencia a la compresión del concreto depende de varios factores, como la calidad y tipo de cemento utilizado, la relación agua-cemento, el tipo y cantidad de agregados, el proceso de mezclado y curado, y la edad del concreto al momento de realizar las pruebas de resistencia. La resistencia a la compresión del concreto se determina mediante pruebas de compresión uniaxial, en las que se aplican cargas de compresión gradualmente crecientes al concreto hasta que se produce la falla. Se realizan muestras cilíndricas o cubos de concreto y se aplica la carga en una máquina de ensayo específica. Los resultados de estas pruebas se utilizan para clasificar el

concreto en diferentes niveles de resistencia y para asegurar que cumpla con los requisitos de diseño y las normas específicas (Liao et al., 2023).

La resistencia a la compresión del concreto es una propiedad crítica en el diseño estructural, ya que influye en la capacidad de carga, la estabilidad y la durabilidad de las estructuras. Las estructuras de concreto deben ser diseñadas considerando el esfuerzo a compresión del concreto para garantizar que puedan soportar las cargas aplicadas sin sufrir daños o fallas.

3.2.2.2.2. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto, también conocido como módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal, es una propiedad mecánica que describe la rigidez o la capacidad del concreto para deformarse elásticamente bajo la aplicación de una carga. Se trata de una medida de la relación entre el cambio de esfuerzo (tensión) y el cambio correspondiente de deformación (deformación unitaria) en el concreto (Bhirud et al., 2023).

El módulo de elasticidad se representa con la letra "E" y se expresa en unidades de presión, generalmente en megapascuales (MPa) o psi (libra por pulgada cuadrada). Es una medida de la rigidez del concreto y su capacidad para resistir deformaciones elásticas sin sufrir daños permanentes. El módulo de elasticidad del concreto depende de varios factores, como la relación agua-cemento, el tipo y cantidad de agregados, el contenido de aire, la calidad del cemento y la edad del concreto. En general, el módulo de elasticidad del concreto se encuentra en el rango de 15,000 a 40,000 MPa (2 a 6 millones de psi), aunque estos valores pueden variar según las características del concreto (Domagała & Sieja, 2023).

El módulo de elasticidad del concreto se utiliza en el análisis y diseño estructural para determinar la deformación elástica de las estructuras de concreto bajo

cargas aplicadas. Se utiliza en combinación con otras propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción, para calcular las deformaciones, las tensiones y la respuesta estructural del concreto. Es importante destacar que el módulo de elasticidad del concreto es una propiedad material que puede variar según las condiciones de exposición, la edad del concreto y otros factores ambientales. Además, el concreto puede tener diferentes módulos de elasticidad en diferentes direcciones, como en el caso de estructuras reforzadas con barras de acero, donde el acero tiene un módulo de elasticidad diferente al del concreto (Jajodia & Gadve, 2023).

El conocimiento del módulo de elasticidad del concreto es esencial para garantizar que las estructuras de concreto sean diseñadas y construidas de manera adecuada, teniendo en cuenta su comportamiento elástico y su capacidad para soportar cargas sin deformaciones excesivas.

3.2.2.3. Normatividad de ensayos de concreto

La normatividad de ensayos del concreto se refiere al conjunto de estándares y normas técnicas que establecen los procedimientos y métodos para realizar ensayos y pruebas en el concreto, con el fin de evaluar y verificar sus propiedades físicas y mecánicas. Estas normas son desarrolladas por organizaciones y comités de normalización, como ASTM International (American Society for Testing and Materials) e ISO (International Organization for Standardization), y varían según el país y la región.

La normatividad de ensayos del concreto proporciona pautas y especificaciones claras sobre los procedimientos de muestreo, preparación de muestras, ejecución de ensayos y análisis de resultados. Estas normas garantizan la uniformidad, la confiabilidad y la comparabilidad de los resultados obtenidos en los

ensayos de concreto, lo que es esencial para el diseño y la construcción de estructuras seguras y duraderas.

Algunas de las normas más comunes utilizadas en los ensayos del concreto incluyen:

- ASTM C39: método estándar de ensayo para resistencia a la compresión del concreto cilíndrico.
- ASTM C78: método estándar de ensayo para resistencia a la flexión del concreto.
- ASTM C469: método estándar de ensayo para resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto.
- ASTM C143/C143M: método estándar de ensayo para asentamiento del concreto en el cono de Abrams.
- ASTM C231: método estándar de ensayo para contenido de aire del concreto mediante el método de presión del aire.
- ASTM C138: método estándar de ensayo para densidad (unidad de masa y volumen) y vacíos en el concreto fresco.

Estas normas también pueden abordar aspectos relacionados con el curado del concreto, la preparación de mezclas, la medición de la temperatura del concreto, el muestreo de agregados y otros procedimientos y prácticas relevantes para la evaluación del concreto.

3.2.2.4. Norma técnica peruana NTP 399.600

Esta norma técnica peruana brinda los parámetros y requisitos que se deben cumplir de los bloques de concretos ya sean solidos o huecos, los cuales tiene como componentes al cemento, agua y agregados, para su funcionalidad de muros y tabiques interiores como exteriores.

- NTP 334.009:2016 Cementos Pórtland.
- NTP 399.088:2014 Concreto, agua mezcla utilizada.
- NTP 400.037:2014 Agregados especificaciones normalizadas.
- NTP 399.619:2008 Unidades de albañería contracción lineal.
- NTP 399.633:2017 Unidades de albañería tecnología y definiciones.
- ASTM C 331 Requisitos de agregados ligeros para unidades de albañería.

3.3. Definición de términos

Propiedades mecánicas: se refieren a las características del concreto relacionadas con su comportamiento bajo cargas o fuerzas, como la resistencia, la deformación, la elasticidad y la tenacidad (Muñoz et al., 2023).

Bloque de concreto: es un elemento prefabricado utilizado en la construcción que se produce mediante la mezcla de cemento, agregados y agua. Los bloques de concreto se utilizan para levantar muros y paredes, y pueden tener diferentes tamaños y diseños (Zhao et al., 2023).

Fabricación artesanal: es el proceso de producir concreto utilizando métodos y herramientas manuales, sin la utilización de maquinaria automatizada. En la fabricación artesanal, se mezclan los materiales, se moldea y se cura el concreto de forma tradicional (Crespo et al., 2020).

Curado al vapor: es un método de curado del concreto que implica la aplicación controlada de vapor de agua para acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento. El curado a vapor ayuda a lograr una resistencia temprana y un desarrollo adecuado de las propiedades del concreto (Tejada & Córdoba, 2023).

Resistencia a la compresión: es la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión antes de sufrir una falla. Se mide mediante ensayos de compresión, y la resistencia a la compresión es una de las propiedades más

importantes del concreto en términos de su capacidad de carga y durabilidad (Ahn et al., 2023).

Durabilidad: es la capacidad del concreto para resistir el deterioro y mantener su rendimiento a lo largo del tiempo bajo condiciones ambientales adversas, como la exposición a la humedad, los cambios de temperatura, los agentes químicos y la acción del desgaste (Dongo et al., 2019).

Coefficiente de absorción: es una medida de la capacidad de un material, como el concreto, para absorber agua. El coeficiente de absorción se expresa en términos de la masa de agua absorbida por unidad de volumen de concreto y se utiliza para evaluar la porosidad y la permeabilidad del material (Gómez, 2003).

Porosidad: es la proporción de espacio poroso o huecos en el concreto en relación con su volumen total. La porosidad influye en la absorción de agua, la resistencia al congelamiento y deshielo, y la durabilidad del concreto (Torres et al., 2023).

Absorción capilar: es el fenómeno por el cual el concreto absorbe y transporta agua debido a la presión capilar generada en los poros del material. La absorción capilar puede afectar la durabilidad y el rendimiento del concreto, especialmente en condiciones de humedad y exposición al agua (Bao et al., 2023).

Microestructura: se refiere a la estructura a nivel microscópico del concreto, que incluye la disposición y la interacción de los componentes del material, como los granos de cemento, los agregados y los poros. La microestructura influye en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto (He et al., 2023).

Fractura: es la rotura o la falla del concreto bajo la aplicación de fuerzas o cargas. La fractura puede ocurrir debido a la superación de la resistencia del material o a la presencia de defectos o discontinuidades (Yu et al., 2023).

Reología: es el estudio del comportamiento del concreto como un material viscoelástico, es decir, su capacidad para fluir y deformarse bajo la influencia de fuerzas. La reología del concreto se relaciona con sus propiedades de fluidez, cohesión y capacidad de mezcla (Mandal et al., 2023).

Tensión de adherencia: es la fuerza de adherencia o resistencia a la separación entre el concreto y otros materiales, como el acero de refuerzo. La tensión de adherencia es importante en la transferencia de fuerzas y la capacidad de carga del concreto reforzado (Gan et al., 2023).

Cura acelerada: es un método de curado del concreto que implica la |acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento. La cura acelerada se utiliza cuando se requiere un desarrollo rápido de resistencia en el concreto (Yazdani et al., 2008).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

La pesquisa fue de tipo aplicada, conforme a lo señalado por Valderrama y Jaimes (2019), quienes afirman que este tipo de estudios se orienta hacia la utilización práctica de conocimientos teóricos con el propósito de resolver problemáticas concretas o mejorar determinadas condiciones. En este contexto, la presente tesis analiza las propiedades de resistencia a la compresión de bloques de concretos fabricados artesanalmente, con especial atención al proceso de curado al vapor.

Nivel de investigación

El nivel fue explicativo, debido a que un estudio explicativo busca identificar y analizar las relaciones de causa y efecto entre variables, proporcionando una comprensión más profunda del fenómeno estudiado (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En este caso, se analizará cómo el curado al vapor influye en las propiedades mecánicas de los bloques de concretos fabricados artesanalmente. El enfoque cuantitativo permitió determinar el grado de impacto de este proceso en la resistencia y durabilidad del material, estableciendo las relaciones causales entre el método de curado y las características estructurales de los bloques.

Diseño de la investigación

El diseño experimental es un enfoque metodológico que permite analizar la relación causa-efecto entre variables mediante la manipulación intencional de una o más variables independientes y el control de factores externos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En este estudio, se adoptó un diseño experimental, dado que se manipuló la variable independiente, en este caso, el curado al vapor, con el objetivo de evaluar su impacto en las propiedades mecánicas de los bloques de concreto fabricados artesanalmente.

A través de la aplicación controlada de este proceso, se evaluaron los cambios en la resistencia y durabilidad del material, permitiendo establecer relaciones causales entre el método de curado y las características estructurales de los bloques. Además, se trabajó con un grupo experimental, donde los bloques fueron sometidos al curado al vapor, y un grupo de control, en el que los bloques fueron curados de manera convencional. La comparación entre ambos grupos permitió determinar con mayor precisión sobre la influencia del curado al vapor, asegurando la validez de los resultados obtenidos.

4.2. Ámbito temporal y espacial

Ámbito temporal

Este estudio se centra en la ciudad de Abancay, ubicada en la región de Apurímac, Perú. La evaluación de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor se llevará a cabo en bloques producidos por los fabricantes locales en Abancay.

Ámbito espacial

El año 2023, es el año en el cual se llevó a cabo la evaluación de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto fabricado artesanalmente mediante el curado al vapor en Abancay. La investigación se llevó a cabo durante un período que abarca desde 2023 hasta 2024, que incluyó la recolección de muestras de bloques de concreto, la realización de ensayos y pruebas de laboratorio, y el análisis de los resultados obtenidos.

4.3. Población y muestra

Población

Según Robles (2019), una población se define como un conjunto de unidades, que pueden ser objetos, individuos, acciones o eventos, relevantes para un estudio. Para la presente investigación, la población estuvo representada por los bloques de concreto elaborados bajo condiciones controladas en laboratorio, con características homogéneas en

cuanto a materiales y proceso de fabricación. La población seleccionada para el ensayo estuvo compuesta por un total de 80 bloques.

Muestra

Según Robles (2019), una muestra es un grupo representativo seleccionado dentro de una población que comparte características específicas relacionadas con el objeto de estudio. En este caso, la población inicial estuvo conformada por 80 bloques de concreto, los cuales fueron sometidos a un proceso de selección mediante muestreo probabilístico, obteniendo una muestra preliminar de 67 bloques. No obstante, durante la evaluación inicial, se identificó que algunos especímenes no cumplían con los requisitos mínimos establecidos en la normativa vigente, por lo que fueron excluidos del estudio.

Fórmula de muestreo aleatorio simple:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N = población= 80

Z = nivel de confianza= 1,96

E = error= 5%

p = probabilidad de éxito= 50%

q = probabilidad de fracaso= 50%

$$n = \frac{80 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(80 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

n = muestra= 67

Después, la selección de la muestra se realizó bajo un muestreo no probabilístico por conveniencia, asegurando que los especímenes evaluados cumplieran con los requisitos normativos para ensayos de resistencia a la compresión. Esta muestra permitió obtener datos

comparativos sobre la influencia del método de curado en las propiedades mecánicas del concreto, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados.

Finalmente, se conformó la muestra definitiva con 40 bloques de concreto, distribuidos en dos grupos experimentales: 20 testigos, sometidos a curado tradicional, y 20 experimentales, expuestos a curado al vapor. Esta división permitió realizar un análisis comparativo para evaluar la influencia del método de curado en las propiedades mecánicas del concreto.

4.4. Instrumentos

En esta investigación se empleó la técnica de observación directa, la cual consiste en registrar de manera objetiva y sistemática los comportamientos o fenómenos en su contexto natural sin intervención del investigador (Rojas, 2011). Esta técnica permitió documentar en detalle el comportamiento y las características de los bloques de concreto fabricados artesanalmente, sometidos tanto a curado al vapor como a curado tradicional.

Para la recolección de datos, se utilizó una ficha de recolección de datos, un instrumento diseñado para organizar y estructurar la información obtenida, facilitando su análisis y garantizando la validez de los datos recopilados (Rojas, 2011). Esta ficha fue elaborada específicamente para registrar las mediciones obtenidas en los ensayos experimentales, permitiendo documentar variables clave (ver Anexo 3):

- Dimensiones de los bloques de concreto
- Peso y contenido de humedad de las muestras.
- Resistencia a la compresión de los bloques a los 7, 14, 21 y 28 días.
- Cantidad de agua utilizada en el proceso de curado.

El uso de la observación directa en combinación con la ficha de recolección de datos garantizó la recopilación sistemática de información cuantitativa, lo que permitió comparar

los resultados entre los bloques sometidos a curado al vapor y aquellos que siguieron un curado tradicional.

4.5. Procedimientos

El procedimiento comenzó con la recopilación de información sobre el curado a vapor y la producción artesanal de bloques de concreto, para lo cual se identificó la microempresa “Distribuciones Vicky” como fuente de materiales. Se recolectaron muestras de agregados finos, gruesos y lama para su análisis en laboratorio, determinando sus propiedades físico-mecánicas mediante ensayos de granulometría. Con estos datos, se diseñó la mezcla y se fabricaron bloques siguiendo un proceso controlado de pesaje, mezcla y moldeo con máquinas ponedoras, obteniendo un total de 90 unidades.

Posteriormente, los bloques se dividieron en dos grupos: uno sometido a curado tradicional con agua y otro a curado a vapor en una cámara hermética diseñada para este estudio. Se monitorearon la humedad y temperatura, y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días en el laboratorio Linux Ingenieros. Los resultados fueron analizados estadísticamente para determinar cuál método de curado ofrecía una mejor alternativa para microempresas productoras de bloques de concreto artesanal.

4.6. Análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizaron tablas y figuras con el fin de representar y comparar visualmente los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia mecánica de los bloques de concreto. Se realizaron comparaciones entre las 20 muestras del grupo experimental (bloques curados al vapor) y las 20 muestras del grupo de control (bloques curados de manera convencional), con el objetivo de identificar tendencias y diferencias en las propiedades evaluadas. Posteriormente, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar si los datos seguían una distribución normal, lo que permitió verificar la adecuación del uso de pruebas paramétricas en el estudio.

En este estudio, tras verificar la normalidad de los datos, se aplicó esta prueba para contrastar las hipótesis, permitiendo analizar la resistencia mecánica de los bloques de concreto según el método de curado utilizado. La prueba t de Student es una técnica estadística empleada para comparar las medias de dos grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos (Rodrigo y Obregón, 2018). Los resultados obtenidos validaron la hipótesis de investigación y evidenciaron el impacto del curado al vapor en las propiedades estructurales de los bloques fabricados artesanalmente.

4.7. Consideraciones éticas

En esta tesis, se tuvo en cuenta diversas consideraciones éticas para garantizar la integridad y el respeto hacia los sujetos involucrados y los principios éticos de la investigación. Las consideraciones éticas que se implementaron son las siguientes:

Consentimiento informado: antes de llevar a cabo cualquier actividad de recolección de datos, se obtuvo el consentimiento informado de los participantes o propietarios de los bloques de concreto. Se les proporcionó información clara y comprensible sobre los objetivos, los procedimientos y los posibles riesgos y beneficios del estudio. Además, se respetó su derecho a participar de manera voluntaria y a retirarse en cualquier momento sin consecuencias negativas.

Confidencialidad y privacidad: se mantuvo la confidencialidad de la información recopilada, asegurando que los datos y la identidad de los participantes fueron tratados de forma confidencial y que solo fueron utilizados para fines académicos y de investigación. Se emplearon códigos o identificadores para mantener el anonimato de los participantes, evitando divulgar cualquier información personal sin su consentimiento expreso.

Integridad científica: se siguieron los estándares éticos en la recolección, el análisis y la interpretación de los datos. Se evitó la manipulación o distorsión de los resultados para

obtener conclusiones falsas o sesgadas. La objetividad y la honestidad fueron principios fundamentales en todo el proceso de investigación.

Cuidado y bienestar de los participantes: durante la realización de cualquier experimento o prueba en los bloques de concreto, se tomaron precauciones para garantizar la seguridad y el bienestar de los participantes involucrados, así como la protección del medio ambiente. Se utilizaron prácticas seguras y se siguieron las normas y regulaciones aplicables para minimizar cualquier posible riesgo.

Reconocimiento de fuentes: se reconoce adecuadamente la contribución de otros investigadores o estudios previos citándolos y referenciándolos adecuadamente. Se evitó el plagio y se respetaron los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores o instituciones.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

5.1.1. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico se realizó para la lama, el agregado fino y el agregado grueso. Para la lama se consideró el proceso de un agregado fino.

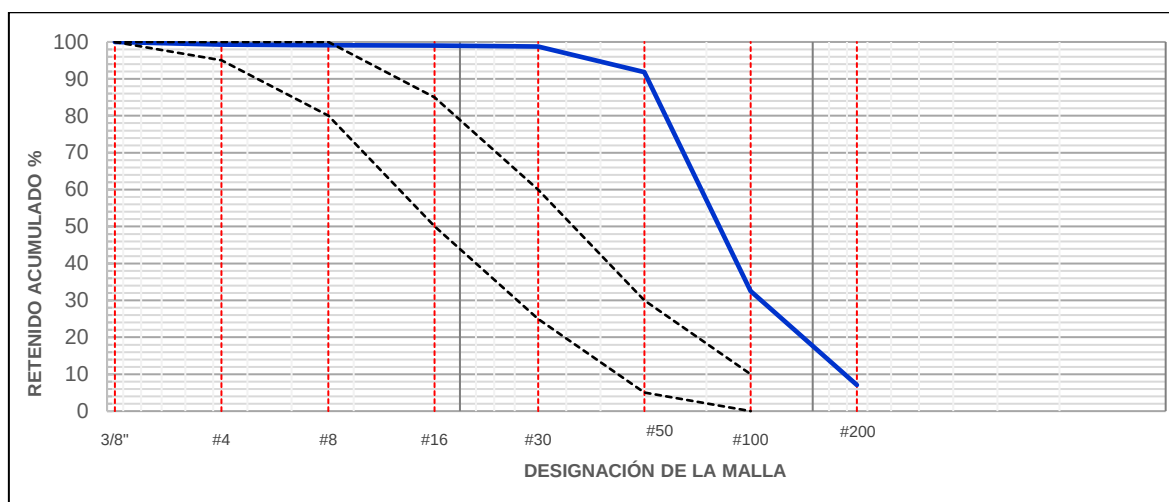
La lama fue sometida a los estándares de la norma NTP 400.012/ASTM C-136 para agregados finos, debido a su fineza, en este caso se consideró una muestra inicial de 1800 g, que luego de ser lavada sobre el tamiz N° 200 se reduce a 1060,5 g; alcanzando así un módulo de fineza de 0,8 y que, de acuerdo a los límites de la curva granulométrica, no cumple con las especificaciones necesarias para ser utilizado, lo cual es entendible, ya que este material no es sometido a controles de calidad a la hora de utilizarlo en la fabricación de bloques artesanales.

Tabla 1

Análisis granulométrico de lama

Tamiz		Retenido Masa	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
U.S Standard	mm	(g)			
3/8"	9.50	1.3	0.0	0.0	100.0
#4	4.74	8.6	0.8	0.8	99.2
#8	2.36	1.3	0.1	0.9	99.1
#16	1.18	1.1	0.1	1.0	99.0
#30	0.60	2.6	0.2	1.2	98.8
#50	0.30	79.6	7.0	8.2	91.8
#100	0.15	676.3	59.3	67.5	32.5
#200	0.08	289.7	25.4	92.9	7.1
Pasa # 200		79.5	7.0		
Total, Tamizado (g)		1060.5	1060.5	0.8	

Nota: Tabla de material retenido por tamices según para el análisis granulométrico.

Figura 1*Curva granulométrica de lama*

Nota: Se aprecia la curva granulométrica del material lama donde se aprecia que se encuentra fuera de los parámetros establecidos.

El agregado fino fue sometido a los estándares de la norma NTP 400.012/ASTM C-136 para agregados finos, en este caso se consideró una muestra inicial de 3480 g, que luego de ser lavada sobre el tamiz N° 200 se reduce a 3420,9 g; alcanzando así un módulo de fineza de 3,6 y que, de acuerdo a los límites de la curva granulométrica, no cumple con las especificaciones necesarias para ser utilizado, lo cual es entendible, ya que este material no es sometido a controles de calidad a la hora de utilizarlo en la fabricación de bloques artesanales.

Tabla 2*Análisis granulométrico del agregado fino*

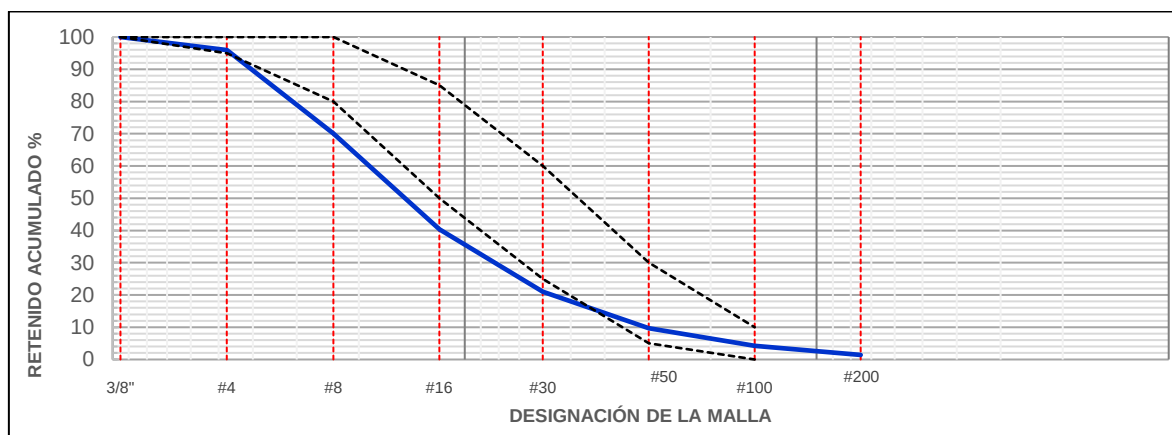
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
U.S Standard	mm				
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
#4	4.74	141.3	4.1	4.1	95.9
#8	2.36	898.6	25.9	30.0	70.0
#16	1.18	1031.2	29.7	59.7	40.3
#30	0.60	668.4	19.3	78.9	21.1
#50	0.30	394.8	11.4	90.3	9.7
#100	0.15	188.6	5.4	95.8	4.2

Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
U.S Standard	mm				
#200	0.08	98.0	2.8	98.6	1.4
Pasa # 200		49.1	1.4		
Total Tamizado (g)		3420.9	Módulo de fineza	3.6	

Nota: Tabla de material retenido por tamices según para el análisis granulométrico.

Figura 2

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Datos de laboratorio donde se aprecia que no cumple según la norma.

El agregado grueso fue sometido a los estándares de la norma NTP 400.012/ASTM C-136 para agregados gruesos, en este caso se consideró una muestra inicial de 4120 g, que luego de ser lavada sobre el tamiz N° 200 se reduce a 4044,3 g; que, de acuerdo a los límites de la curva granulométrica, no cumple con las especificaciones necesarias para ser utilizado, lo cual es entendible, ya que este material no es sometido a controles de calidad a la hora de utilizarlo en la fabricación de bloques artesanales.

Tabla 3

Análisis granulométrico del agregado grueso

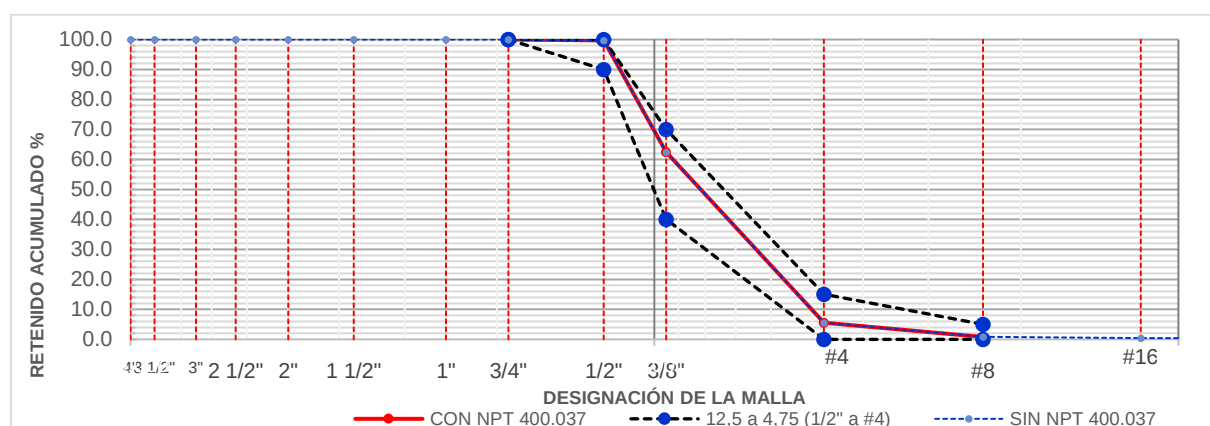
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
U.S Standard	mm				
4"	100.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	90.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0

Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
U.S Standard	mm				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	13.6	0.3	0.3	99.7
3/8"	9.50	1513.0	37.3	37.6	62.4
#4	4.75	2306.1	56.8	94.4	5.6
#8	2.36	194.7	4.8	99.2	0.8
#16	1.18	13.6	0.3	99.5	0.5
#50	0.30	3.3	0.1	99.6	0.4
Pasa # 50		15.7	0.4		
Total Tamizado (g)		4044.3			

Nota: Tabla de material retenido por tamices según para el análisis granulométrico del laboratorio.

Figura 3

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: Datos de laboratorio donde indica que el material se encuentra dentro de los parámetros

5.1.2. *Peso unitario suelto*

El agregado fino fue sometido a los estándares de la norma MTC E 203-2016, con lo cual se obtuvo un peso unitario suelto 1727,54 kg/m³ y un porcentaje de vacíos de 34,10%.

Tabla 4

Peso unitario suelto del agregado fino

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del Molde (gr)	2131.5	2131.5	2131.5
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	7020	7040	7010
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4888.5	4908.5	4878.5

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Volumen del Molde (cm ³)	2831.68	2831.68	2831.68
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.726	1.733	1.723
Peso Específico (kg/ m ³)	2621.607	2621.607	2621.607
Peso Unitario Suelto (kg/ m ³)	1726.360	1733.423	1722.829
Porcentaje de Vacíos	34.15%	33.88%	34.28%

Nota: Tabla de los resultados del laboratorio donde se muestra los resultados de laboratorio del ensayo del peso unitario del material.

El agregado grueso fue sometido a los estándares de la norma MTC E 203-2016, con lo cual se obtuvo un peso unitario suelto 1560,89 kg/m³ y un porcentaje de vacíos de 26,21%.

Tabla 5

Peso unitario suelto del agregado grueso

Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del Molde (gr)	3973.5	3973.5	3973.5
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18720.0	18710.0	18690.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	14746.5	14736.5	14716.5
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.562	1.561	1.559
Peso Específico (kg/ m ³)	2115.371	2115.371	2115.371
Peso Unitario Suelto (kg/ m ³)	1562.303	1561.244	1559.125
Porcentaje de Vacíos	26.15%	26.20%	26.30%

Nota: Tabla de los resultados del laboratorio donde se muestra los resultados de laboratorio del ensayo del peso unitario del material.

5.1.3. *Peso específico*

El agregado fino fue sometido a los estándares de la norma MTC E 206-2016, con lo cual se obtuvo un peso específico de 2,62 gr/cm³ y un porcentaje de absorción de 1,50%.

Tabla 6

Peso específico del agregado fino

Datos del ensayo	Muestra 01
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	148.2
Peso de la Muestra Seca (gr)	492.6
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	950.8

Datos del ensayo	Muestra 01
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	646.1
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	304.7
Peso del Agua Desplazada (gr)	187.9
Peso del Agua Absorbida (gr)	7.4
Peso Específico (gr/cm ³)	2.62
Capacidad de Absorción	1.50%

Nota: Tabla de los resultados del laboratorio donde se muestra los resultados de laboratorio del ensayo del peso específico del material.

El agregado grueso fue sometido a los estándares de la norma MTC E 206-2016, con lo cual se obtuvo un peso específico de 2,12 gr/cm³ y un porcentaje de absorción de 0,93%.

Tabla 7

Peso específico del agregado grueso

Datos del ensayo	Muestra 01
Peso de la canastilla sumergida (gr)	1012.4
Peso de la Muestra Seca (gr)	2400.1
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	2300.2
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	2422.4
Peso del Agua Absorbida (gr)	22.3
Peso Específico (gr/cm ³)	2.12
Capacidad de Absorción (%)	0.93%

Nota: Tabla de los resultados del laboratorio donde se muestra los resultados de laboratorio del ensayo del peso específico del material.

5.1.4. Contenido de humedad

El agregado fino fue sometido a los estándares de la norma MTC E 215-2016, con lo cual se obtuvo un contenido de humedad de 1,17%.

Tabla 8

Contenido de humedad del agregado fino

Datos del ensayo	Muestra 01
Cápsula N°	1
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	412.10
Peso agregado seco + recipiente (g)	408.30

Datos del ensayo	Muestra 01
Peso del agua (g)	3.80
Peso del recipiente (g)	84.50
Peso neto del suelo seco (g)	323.80
% de Humedad	1.17

Nota: Datos de laboratorio del ensayo de contenido de humedad del material.

El agregado grueso fue sometido a los estándares de la norma MTC E 215-2016, con lo cual se obtuvo un contenido de humedad de 0,95%.

Tabla 9

Contenido de humedad del agregado grueso

Datos del ensayo	Muestra 01
Cápsula N°	1
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	423.50
Peso agregado seco + recipiente (g)	420.20
Peso del agua (g)	3.30
Peso del recipiente (g)	72.20
Peso neto del suelo seco (g)	348.00
% de Humedad	0.95

Nota: Datos de laboratorio del ensayo de contenido de humedad del material.

5.1.5. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizó haciendo uso de la norma ACI 211.1, el cual es utilizado para realizar dosificaciones de mezcla en concretos hidráulicos, siendo en este caso el diseño realizado para un concreto de 80 kg/cm² de resistencia.

Como primera consideración, se tomó como base un concreto ciclópeo con un SLUMP de 1", el cemento utilizado fue Yura Tipo I sin incorporación de aire. Con estas condiciones iniciales se tiene las propiedades obtenidas de los ensayos anteriores para el caso del agregado grueso y fino:

Tabla 10

Propiedades del agregado fino

Propiedades	Valores
Gravedad Específica:	2.620

Propiedades	Valores
Módulo de Finura (min. 2.40 - max. 3.00):	3.00
Peso Unitario Compacto Seco:	2013.59 kg/m ³
Porcentaje de Absorción:	1.50 %
Contenido de Humedad:	1.17 %

Nota: Datos de laboratorio de los resultados de las propiedades del agregado fino.

Tabla 11

Propiedades del agregado grueso

Propiedades	Valores
Tamaño Máximo:	3/8
Peso Específico Seco:	2.12
Peso Unitario Compactado Seco:	1685.20 kg/m ³
Porcentaje de Absorción:	0.93 %
Porcentaje de Humedad:	0.95 %

Nota: Datos de laboratorio de los resultados de las propiedades del agregado grueso.

Con estas propiedades se obtuvo un volumen de agua de 0,207 m³.

Tabla 12

Cálculo de volumen de agua

Calculo volumen de agua										
Slump:	1.00"	T.Máx.	0.38	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
T. Máx Agregado:	0.38"	Con Aire	181.0	175.0	168.0	160.0	150.0	142.0	122.0	107.0
Con Aire:	181.00	Sin Aire	207.0	199.0	190.0	179.0	166.0	154.0	130.0	113.0
Sin Aire:	207.00									
Peso del agua:	207.0 kg	Volumen del agua:	0.2070	m³						

Nota: Datos de laboratorio del cálculo de volumen de agua necesaria para el diseño de mezcla, posteriormente de haber realizado los ensayos respectivos a los agregados.

También un volumen de cemento de 0.085 m³.

Tabla 13

Cálculo de volumen de cemento

Calculo volumen del cemento					
F'cr	150	(kg/cm ²)	Con Aire Incorporado		Sin Aire Incorporado
Relación Agua / Cemento			0.70		0.79
Peso del Cemento			296	kg	263
Volumen del Cemento			0.096	m ³	0.085

Peso del Cemento	262	kg	Sin Aire Incorporado
Volumen del Cemento	0.085	m ³	

Nota: Datos de laboratorio diseño de mezcla.

Como dosificación final se tiene que para 1 m³ de concreto se tiene 6,17 bolsas de cemento y 210 litros de agua

Tabla 14

Dosificación para 1 m³

Elemento	Por peso		Por volumen suelto	
Agua	209.73	kg	0.210	m ³
Cemento	262.03	kg	6.17	bolsas
Agregado Grueso	748.53	kg	0.480	m ³
Agregado Fino	871.32	kg	0.504	m ³

Nota: Datos de laboratorio

Para 1 bolsa de cemento se tiene:

Tabla 15

Dosificación para 1 bolsa de cemento

Elemento	Por peso		Por volumen suelto	
Agua	34.0	kg	0.034	m ³
Cemento	42.5	kg	1.000	bolsa
Agregado Grueso	121.4	kg	0.078	m ³
Agregado Fino (Arena fina y Lama)	141.3	kg	0.082	m ³
Arena Fina	70.7	kg	0.041	m ³
Lama	70.7	kg	0.041	m ³

Nota: Datos de laboratorio

5.1.6. Cálculo de la resistencia a la compresión

De los bloques de concreto artesanal obtenidos, se hicieron uso de 20 unidades para el análisis de la resistencia a compresión de los bloques con curado tradicional y 20 unidades para los bloques con curado a vapor. Estos fueron fallados en 4 etapas a los 7 días, 14 días, 21 días y 28 días

Como bien sabemos, las dimensiones de los bloques de concretos fabricados artesanalmente poseen un margen de variación entre sus dimensiones, justamente por el

hecho de haber sido elaborados de forma artesanal, con lo cual se muestra a continuación las dimensiones de las distintas muestras para cada caso con su respectivo código para poder identificar sus cambios.

Tabla 16

Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
B7-1	12.07	39.97
B7-2	12.01	39.95
B7-3	12.04	40.01
B7-4	12.06	39.90
B7-5	12.07	40.07

Nota: Se realizó los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).

Tabla 17

Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
B14-1	12.09	40.04
B14-2	11.96	40.09
B14-3	12.00	40.02
B14-4	12.09	39.96
B14-5	12.02	39.90

Nota: Se realizó los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).

Tabla 18

Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
B21-1	11.96	40.09
B21-2	11.94	40.06
B21-3	12.00	39.95
B21-4	11.94	39.95
B21-5	12.02	39.99

Nota: Se realizó los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).

Tabla 19*Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días*

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
B28-1	11.91	39.92
B28-2	12.02	39.98
B28-3	11.94	39.98
B28-4	11.92	39.90
B28-5	12.06	40.10

Nota: Se realizo los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).**Tabla 20***Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días*

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
BV7-1	11.91	40.00
BV7-2	11.92	40.01
BV7-3	11.90	40.02
BV7-4	12.06	39.99
BV7-5	12.01	40.10

Nota: Se realizo los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).**Tabla 21***Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días*

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
BV14-1	12.05	39.91
BV14-2	11.91	40.02
BV14-3	11.97	39.83
BV14-4	11.96	40.00
BV14-5	11.98	40.02

Nota: Se realizo los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).**Tabla 22***Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días*

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
BV21-1	11.98	39.91
BV21-2	11.93	40.02

BV21-3	11.98	39.92
BV21-4	11.96	40.02
BV21-5	11.96	40.03

Nota: Se realizo los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).

Tabla 23

Dimensiones de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días

Código de muestra	Dimensiones (cm)	
	D1 (largo)	D2 (ancho)
BV28-1	11.97	40.01
BV28-2	11.99	40.09
BV28-3	11.97	40.06
BV28-4	12.07	39.96
BV28-5	11.91	40.10

Nota: Se realizo los ensayos de control de variación dimensional (datos de laboratorio).

El área se determinó para una superficie rectangular: $Area = D1 \times D2$

Tabla 24

Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días

Código de muestra	Área (cm²)
B7-1	482.44
B7-2	479.80
B7-3	481.72
B7-4	481.19
B7-5	483.64

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques de concreto (datos de laboratorio).

Tabla 25

Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días

Código de muestra	Área (cm²)
B14-1	484.08
B14-2	479.48
B14-3	480.24
B14-4	483.12
B14-5	479.60

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).

Tabla 26*Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días*

Código de muestra	Área (cm ²)
B21-1	479.48
B21-2	478.32
B21-3	479.40
B21-4	477.00
B21-5	480.68

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).**Tabla 27***Área de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días*

Código de muestra	Área (cm ²)
B28-1	475.45
B28-2	480.56
B28-3	477.36
B28-4	475.61
B28-5	483.61

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).**Tabla 28***Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días*

Código de muestra	Área (cm ²)
BV7-1	476.40
BV7-2	476.92
BV7-3	476.24
BV7-4	482.28
BV7-5	481.60

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).**Tabla 29***Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días*

Código de muestra	Área (cm ²)
BV14-1	480.92
BV14-2	476.64
BV14-3	476.77
BV14-4	478.40
BV14-5	479.44

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).

Tabla 30

Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días

Código de muestra	Área (cm²)
BV21-1	478.12
BV21-2	477.44
BV21-3	478.24
BV21-4	478.64
BV21-5	478.76

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).

Tabla 31

Área de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días

Código de muestra	Área (cm²)
BV28-1	478.92
BV28-2	480.68
BV28-3	479.52
BV28-4	482.32
BV28-5	477.59

Nota: Se realizo un cuadro de control del área de los bloques (datos de laboratorio).

Todas estas muestras fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión de testigos MTC 3-704/ASTM C 29/C 39M-21, obteniendo las siguientes cargas de falla.

Tabla 32

Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 7 días

Código de muestra	Carga (kgf)
B7-1	10319
B7-2	12416
B7-3	10452
B7-4	12659
B7-5	12345

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 33*Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 14 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
B14-1	12380
B14-2	14629
B14-3	13708
B14-4	13801
B14-5	13670

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 34*Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 21 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
B21-1	15171
B21-2	14673
B21-3	14244
B21-4	14451
B21-5	14457

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 35*Carga soportada de las muestras sometidas a curado tradicional a los 28 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
B28-1	17612
B28-2	16210
B28-3	16451
B28-4	15839
B28-5	15931

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 36*Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 7 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
BV7-1	14790
BV7-2	14926
BV7-3	15031
BV7-4	14667
BV7-5	14663

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 37*Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 14 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
BV14-1	16675
BV14-2	16514
BV14-3	16609
BV14-4	15069
BV14-5	16655

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 38*Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 21 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
BV21-1	17706
BV21-2	17875
BV21-3	17597
BV21-4	17410
BV21-5	18175

Nota: Se aprecia los resultados de laboratorio donde los bloques fueron sometidos a esfuerzo a compresión y donde indica la carga máxima que soportaron.

Tabla 39*Carga soportada de las muestras sometidas a curado a vapor a los 28 días*

Código de muestra	Carga (kgf)
BV28-1	19487
BV28-2	19049

Código de muestra	Carga (kgf)
BV28-3	19568
BV28-4	19568
BV28-5	20010

Nota: Elaboración propia

Con estos datos determinados se procedió a calcular la resistencia a la compresión:

Tabla 40

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 7 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
B7-1	482.44	10319	21.39	24.16
B7-2	479.80	12416	25.88	
B7-3	481.72	10452	21.70	
B7-4	481.19	12659	26.31	
B7-5	483.64	12345	25.52	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 41

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 14 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
B14-1	484.08	12380	25.57	28.34
B14-2	479.48	14629	30.51	
B14-3	480.24	13708	28.54	
B14-4	483.12	13801	28.57	
B14-5	479.60	13670	28.50	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 42

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 21 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
B21-1	479.48	15171	31.64	30.48
B21-2	478.32	14673	30.68	
B21-3	479.40	14244	29.71	
B21-4	477.00	14451	30.30	
B21-5	480.68	14457	30.08	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 43

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado tradicional a los 28 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
B28-1	475.45	17612	37.04	34.30
B28-2	480.56	16210	33.73	
B28-3	477.36	16451	34.46	
B28-4	475.61	15839	33.30	
B28-5	483.61	15931	32.94	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 44

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 7 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
BV7-1	476.40	14790	31.05	30.95
BV7-2	476.92	14926	31.30	
BV7-3	476.24	15031	31.56	
BV7-4	482.28	14667	30.41	

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
BV7-5	481.60	14663	30.45	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 45

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 14 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
BV14-1	480.92	16675	34.67	
BV14-2	476.64	16514	34.65	
BV14-3	476.77	16609	34.84	34.08
BV14-4	478.40	15069	31.50	
BV14-5	479.44	16655	34.74	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 46

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 21 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
BV21-1	478.12	17706	37.03	
BV21-2	477.44	17875	37.44	
BV21-3	478.24	17597	36.80	37.12
BV21-4	478.64	17410	36.37	
BV21-5	478.76	18175	37.96	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Tabla 47

Resistencia a la compresión de las muestras que fueron sometidos a curado a vapor a los 28 días

Código de muestra	Área (cm ²)	Carga (kgf)	F'c (kg/ cm ²)	F'c Promedio (kg/ cm ²)
BV28-1	478.92	19487	40.69	40.72
BV28-2	480.68	19049	39.63	
BV28-3	479.52	19568	40.81	
BV28-4	482.32	19568	40.57	
BV28-5	477.59	20010	41.90	

Nota: Se aprecia un cuadro donde indica el área de cada bloque con su respectiva resistencia que llego en el esfuerzo a compresión que se realizaron en el laboratorio de donde se obtuvo un promedio.

Recordando que la resistencia de diseño fue de 80 kg/cm², se realizó una comparación para identificar el porcentaje de resistencia alcanzado para cada tipo de curado fallado a los distintos días.

Tabla 48

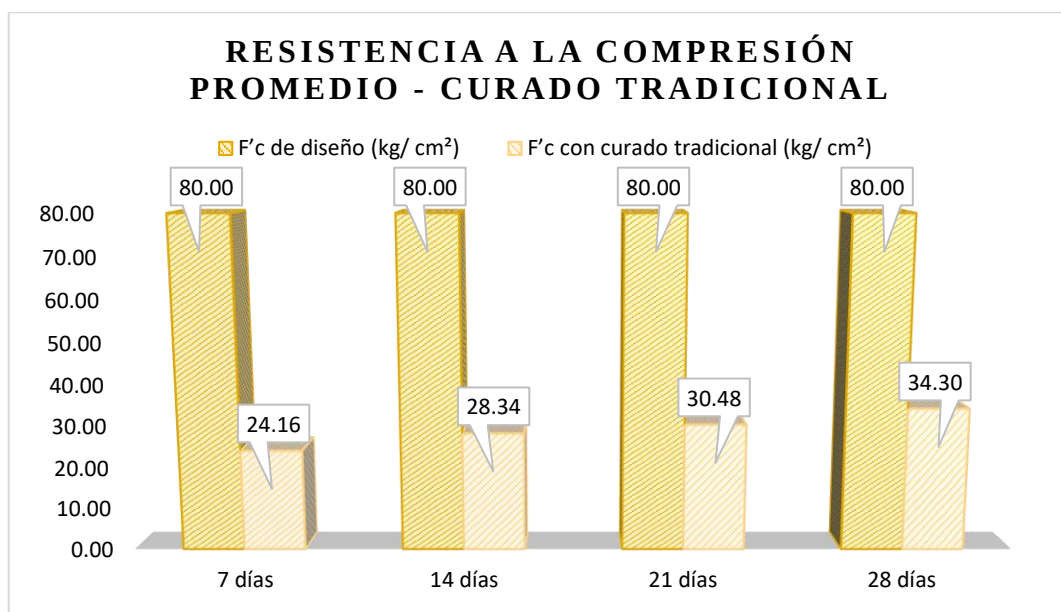
Porcentaje de resistencia alcanzada

Día al cual fue fallado	Tipo de curado	F'c Promedio (kg/ cm ²)	F'c de diseño (kg/ cm ²)	% de resistencia alcanzado
7 días	Curado tradicional	24.16	80	30.20%
7 días	Curado a vapor	30.95	80	38.69%
14 días	Curado tradicional	28.34	80	35.43%
14 días	Curado a vapor	34.08	80	42.60%
21 días	Curado tradicional	30.48	80	38.10%
21 días	Curado a vapor	37.12	80	46.40%
28 días	Curado tradicional	34.30	80	42.88%
28 días	Curado a vapor	40.72	80	50.90%

Nota: Elaboración propia

Figura 4

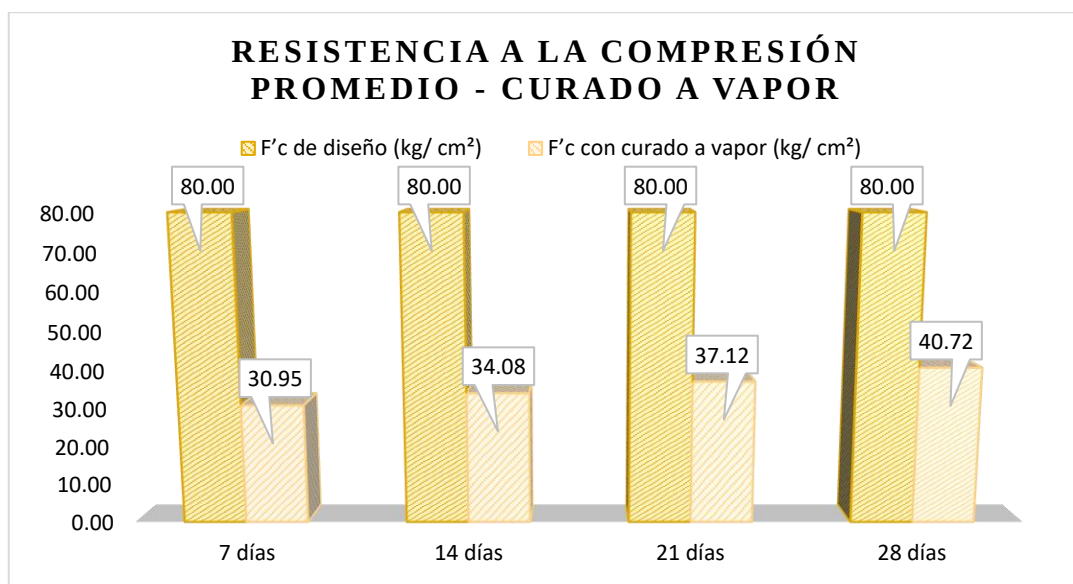
Resistencia a la compresión promedio de las muestras sometidas a curado tradicional



Nota: Se aprecia en la imagen la resistencia a esfuerzo a compresión proyectada a llegar y los resultados llegados en laboratorio de las unidades de bloque de concreto curados tradicionalmente.

Figura 5

Resistencia a la compresión promedio de las muestras sometidas a curado a vapor



Nota: Se aprecia en la imagen la resistencia a esfuerzo a compresión proyectada a llegar y los resultados llegados en laboratorio de las unidades de bloque de concreto curados al vapor.

5.1.7. Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad, refleja la cantidad de agua contenido dentro de los bloques de concretos fabricados artesanalmente, esto es beneficioso para el concreto, puesto que, al mantener mayor cantidad de humedad, podrá aumentar su resistencia de forma más eficiente.

Tabla 49

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 1 al día 7

Humedad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Humedad Inicial	60%	70%	80%	70%	70%	72%	72%
Humedad final	70%	80%	81%	81%	72%	81%	70%
Humedad promedio	65.0%	75.0%	80.5%	75.5%	71.0%	76.5%	71.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas tradicionalmente.

Tabla 50

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 8 al día 14

Humedad	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
Humedad Inicial	74%	81%	70%	80%	81%	70%	70%
Humedad final	80%	81%	70%	80%	81%	70%	70%
Humedad promedio	77.0%	81.0%	70.0%	80.0%	81.0%	70.0%	70.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas tradicionalmente.

Tabla 51

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 15 al día 21

Humedad	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21
Humedad Inicial	80%	81%	70%	70%	80%	81%	70%
Humedad final	80%	81%	70%	70%	80%	81%	70%
Humedad promedio	80.0%	81.0%	70.0%	70.0%	80.0%	81.0%	70.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas tradicionalmente.

Tabla 52

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado tradicional del día 22 al día 28

Humedad	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28
Humedad Inicial	72%	74%	81%	70%	80%	70%	70%
Humedad final	70%	80%	81%	70%	80%	81%	70%
Humedad promedio	71.0%	77.0%	81.0%	70.0%	80.0%	75.5%	70.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas tradicionalmente.

Tabla 53

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 1 al día 7

Humedad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Humedad Inicial	60%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad final	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad promedio	79.5%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas al vapor.

Tabla 54

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 8 al día 14

Humedad	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
Humedad Inicial	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad final	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad promedio	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas al vapor.

Tabla 55

Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 15 al día 21

Humedad	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21
Humedad Inicial	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad final	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%

Humedad	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21
Humedad promedio	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a las unidades de bloque de concreto curadas al vapor.

Tabla 56

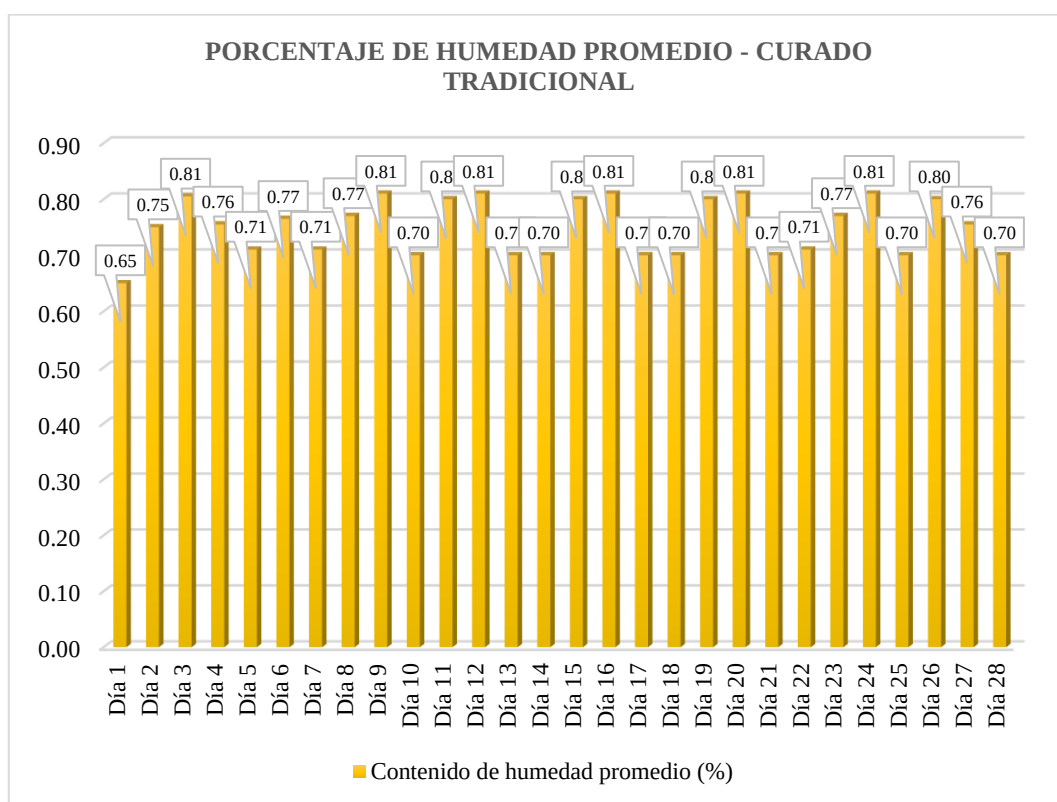
Porcentaje de humedad contenida de las muestras sometidas a curado a vapor del día 22 al día 28

Humedad	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28
Humedad Inicial	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad final	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Humedad promedio	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%

Nota: En el cuadro nos indica el control de humedad que se realizó diariamente a la unidades de bloque de concreto curadas al vapor.

Figura 6

Porcentaje de humedad promedio de las muestras sometidas a curado tradicional



Nota: Variación representativa del porcentaje de humedad desde el día 1 hasta los 28 días.

Humedad	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28
Cantidad de agua por la tarde (ml)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Cantidad de agua utilizada (ml)	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000

Nota: En el cuadro indica la cantidad de agua utilizada en la cuarta semana del curado tradicional.

En el caso del curado a vapor debido a su estado, se considera como cantidad de agua utilizada al agua condensada menos la cantidad de agua recolectada en mililitros como se ve a continuación:

Tabla 61

Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 1 al día 7

Humedad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Cantidad de agua condensada (ml)	450	370	420	390	390	410	380
Cantidad de agua recolectada (ml)	50	70	85	70	95	175	100
Cantidad de agua utilizada (ml)	400	300	335	320	295	235	280

Nota: Cuadro representativo del agua utilizada y recolectada para su rehusó en la primera semana del curado a vapor.

Tabla 62

Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 8 al día 14

Humedad	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
Cantidad de agua condensada (ml)	380	430	410	400	500	430	480
Cantidad de agua recolectada (ml)	130	140	140	80	70	60	60
Cantidad de agua utilizada (ml)	250	290	270	320	400	370	420

Nota: Cuadro representativo del agua utilizada y recolectada para su rehusó en la segunda semana del curado a vapor

Tabla 63

Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 15 al día 21

Humedad	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21
Cantidad de agua condensada (ml)	420	410	420	440	400	430	420
Cantidad de agua recolectada (ml)	130	135	80	110	100	80	90
Cantidad de agua utilizada (ml)	290	275	340	330	300	350	330

Nota: Cuadro representativo del agua utilizada y recolectada para su rehusó en la tercera semana del curado a vapor

Tabla 64

Cantidad de agua utilizada en las muestras sometidas a curado a vapor del día 22 al día 28

Humedad	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28
Cantidad de agua condensada (ml)	360	420	420	400	470	400	390
Cantidad de agua recolectada (ml)	130	135	145	80	60	130	60
Cantidad de agua utilizada (ml)	230	285	275	320	410	270	330

Nota: Cuadro representativo del agua utilizada y recolectada para su rehusó en la cuarta semana del curado a vapor

5.1.9. Resultados respecto al objetivo general

Evaluar la influencia de la cantidad de vapor de curado en las propiedades mecánicas de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.

Tabla 65

Resultados de contenido de humedad

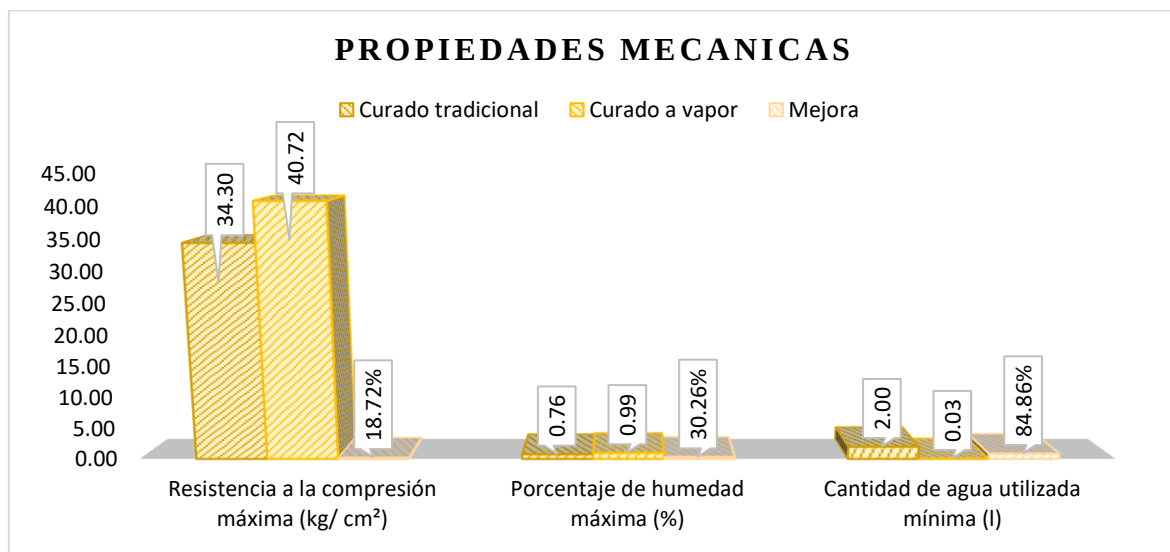
Propiedad mecánica	Curado tradicional	Curado a vapor	Mejora
Resistencia a la compresión máxima (kg/ cm ²)	34.30	40.72	18.72%

Propiedad mecánica	Curado tradicional	Curado a vapor	Mejora
Porcentaje de humedad máxima (%)	76.00%	99.00%	30.26%
Cantidad de agua utilizada mínima (l)	2.00	0.0302	84.86%

Nota: Cuadro indicador de la humedad promedio y como influyo en la resistencia a la compresión.

Figura 8

Resultados de resistencia a la compresión



Nota: Cuadro indicador de los resultados promedio del ensayo a compresión.

Interpretación:

El curado a vapor, nos brinda una mejora en cuanto a las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, siendo estos beneficios el incremento de la resistencia a la compresión en un 18,72%, el incremento del contenido de humedad en 30,26% y la reducción de la cantidad de agua utilizada en un 84,86%.

• Prueba de normalidad

Para verificar si los datos de resistencia a la compresión (f'_c ensayo) siguen una distribución normal, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que la muestra es menor a 50 unidades muestrales. La formulación de las hipótesis es la siguiente:

Hipótesis nula (H_0): Los datos de resistencia a la compresión (f'_c ensayo) siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): Los datos de resistencia a la compresión (f'_c ensayo) no siguen una distribución normal.

Criterio de decisión

Se establece un nivel de significancia (α) comúnmente fijado es 0.05 (5% de error estadístico).

- Si el p-valor (Sig.) es mayor a 0.05, no se rechaza H_0 (los datos son normales).
- Si el p-valor es menor a 0.05, se rechaza H_0 en favor de H_1 (los datos no son normales).

Tabla 66

Prueba de normalidad de Resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión máxima	Bloques de concreto con curado tradicional	0.967	20	0.695
	Bloques de concreto con curado al vapor	0.936	20	0.202

Nota. Datos obtenidos de SPSS.

Dado que ambos valores de significancia (sig.) son mayores a 0.05 (nivel de error), no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que los datos de resistencia a la compresión de los bloques en ambas condiciones de curado siguen una distribución normal.

Este resultado justifica el uso de pruebas paramétricas en el análisis posterior, como la prueba t de Student, para comparar la resistencia a la compresión entre los dos grupos de bloques de concreto.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas**

La prueba de Levene se utilizó para evaluar si las varianzas de los datos de resistencia a la compresión (f^c ensayo) de los bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor eran estadísticamente iguales. Esta prueba es fundamental para determinar cuál versión de la prueba t de Student se debe utilizar en el análisis comparativo de medias.

Prueba de hipótesis

- Hipótesis nula (H_0): las varianzas son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): las varianzas son diferentes

Criterio de decisión:

- Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que las varianzas son iguales.
- Si $p \leq 0.05$, se acepta H_1 , lo que sugiere que las varianzas son diferentes.

Tabla 67

Prueba de homogeneidad de varianzas de los datos de resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
Resistencia a la compresión máxima	Se asumen varianzas iguales	0.339	0.564

Los resultados obtenidos muestran un estadístico $F = 0.339$ y un valor de significancia $p = 0.564$. Según los criterios de decisión, si el valor de p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que las varianzas entre los dos grupos son homogéneas. Por el contrario, si p fuera menor o igual a 0.05, se rechazaría H_0 , sugiriendo que las varianzas son significativamente diferentes.

En este caso, dado que $p = 0.564$, se concluye que no hay evidencia suficiente para afirmar que las varianzas de los bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor sean distintas. Por lo tanto, se asume la igualdad de varianzas en la prueba t de Student, permitiendo una comparación directa de las medias de resistencia a la compresión entre ambos métodos de curado.

- **Prueba t student**

La prueba t de Student se utilizó para comparar las medias de resistencia a la compresión máxima de los bloques de concreto sometidos a curado tradicional y curado a vapor. Esta prueba es fundamental para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos de curado en términos de resistencia del material.

Prueba de hipótesis

- H_0 : “El curado con vapor no incrementa significativamente el esfuerzo a compresión de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.”
- H_1 : “El curado con vapor incrementa significativamente el esfuerzo a compresión de bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay - 2023.”

Criterio de Decisión

Para contrastar las hipótesis, se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

- Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indicaría que el curado con vapor no tiene un impacto significativo en el esfuerzo a compresión de los bloques de concreto.
- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_1), lo que sugiere que el curado con vapor incrementa significativamente la resistencia a la compresión de los bloques.

Tabla 68

Prueba t student de los datos de resistencia a la compresión máxima de bloques de concreto con curado tradicional y curado a vapor

Prueba t para la igualdad de medias				
		t	gl	Sig. (bilateral)
Resistencia a la compresión máxima	Se asumen varianzas iguales	-5.019	38	0.000

Los resultados de la prueba t para la igualdad de medias indican un estadístico $t = -5.019$, con 38 grados de libertad (gl) y un valor de significancia $p = 0.000$. Dado que el valor de $p = 0.000$ es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Esto indica que el curado con vapor incrementa significativamente el esfuerzo a compresión de los bloques de concreto fabricados artesanalmente en Abancay - 2023. Estos resultados confirman que el curado con vapor tiene un impacto positivo en la resistencia mecánica del concreto, mejorando su desempeño estructural en comparación con el curado tradicional.

5.1.10. Resultados respecto al objetivo específico 1

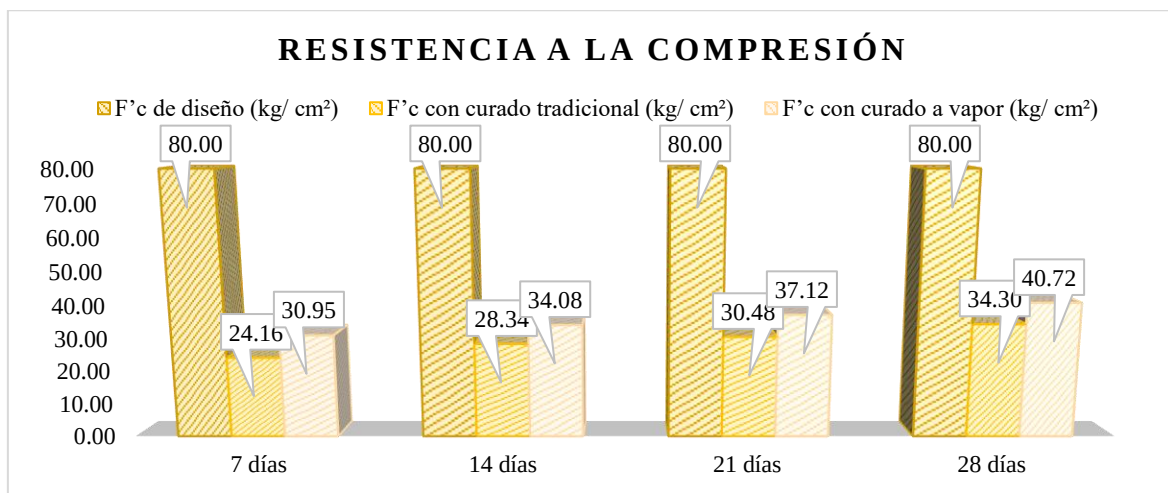
Analizar la influencia del curado con vapor resistencia axial de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023

Tabla 69

Resultados de resistencia a la compresión

Día al cual fue fallado	F'c de diseño (kg/ cm ²)	F'c con curado tradicional (kg/ cm ²)	% de resistencia alcanzado	F'c con curado a vapor (kg/ cm ²)	% de resistencia alcanzado
7 días	80	24.16	30.20%	30.95	38.69%
14 días	80	28.34	35.43%	34.08	42.60%
21 días	80	30.48	38.10%	37.12	46.40%
28 días	80	34.30	42.88%	40.72	50.90%

Nota: Cuadro indicador promedio llegado al esfuerzo a compresión de los dos métodos de curados.

Figura 9*Resultados de resistencia a la compresión*

Nota: Figura representativa de los resultados de esfuerzo a compresión de los dos métodos de curados en función al diseño de mezcla

Interpretación:

Los resultados presentados en la tabla 69 evidencian que el curado a vapor mejora significativamente la resistencia a la compresión axial de los bloques de concreto en comparación con el curado tradicional. A los 7, 14, 21 y 28 días, los especímenes sometidos a curado a vapor alcanzaron un mayor porcentaje de resistencia respecto al diseño, con un incremento progresivo que llegó al 50,90 % a los 28 días, mientras que con el curado tradicional se obtuvo solo el 42,88 %. A pesar de esta mejora, ninguno de los métodos permitió alcanzar la resistencia de diseño de 80 kg/cm², lo que sugiere deficiencias en la calidad de los agregados utilizados y en los procesos de fabricación. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar un mejor control de calidad en la selección de materiales y en las condiciones de curado para optimizar la resistencia del concreto artesanal en Abancay.

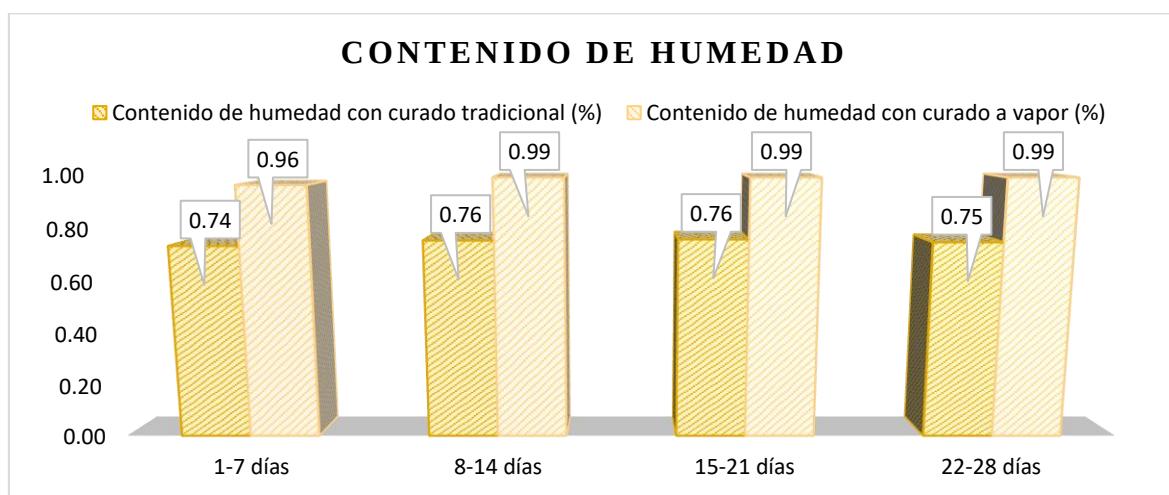
5.1.11. . Resultados respecto al objetivo específico 2

Evaluar la influencia del curado con vapor en el porcentaje de humedad de bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.

Tabla 70*Resultados de contenido de humedad*

Rango de días	Contenido de humedad con curado tradicional (%)	Contenido de humedad con curado a vapor (%)	Mejora
1-7 días	73.50%	96.21%	30.90%
8-14 días	75.57%	99.00%	31.00%
15-21 días	76.00%	99.00%	30.26%
22-28 días	74.93%	99.00%	32.12%

Nota: Cuadro indicador de contenido de humedad promedio.

Figura 10*Resultados de resistencia a la compresión*

Nota: Figura representativa del contenido de humedad obtenido por ambos curados.

Interpretación:

Los resultados presentados en la tabla 70 evidencian que el curado a vapor favorece significativamente el incremento del contenido de humedad en los bloques de concreto en comparación con el curado tradicional. A lo largo de los diferentes rangos de días evaluados, se observa que el contenido de humedad con curado a vapor alcanzó un valor máximo de 99,00 %, mientras que con el curado tradicional el mayor porcentaje registrado fue de 76,00 %. Esto representa una mejora máxima del 32,12 %, lo que indica que el curado a vapor permite una mayor retención de agua en la mezcla, un factor clave para el desarrollo adecuado de la hidratación del cemento y, por ende, para la resistencia del material. Estos

hallazgos resaltan la importancia de optimizar las condiciones de curado en la producción artesanal de concreto en Abancay, a fin de mejorar sus propiedades mecánicas y durabilidad.

5.1.12. Resultados respecto al objetivo específico 3

Evaluar la influencia del curado con vapor en la cantidad de agua utilizada en bloques de concreto fabricado artesanalmente en Abancay - 2023.

Tabla 71

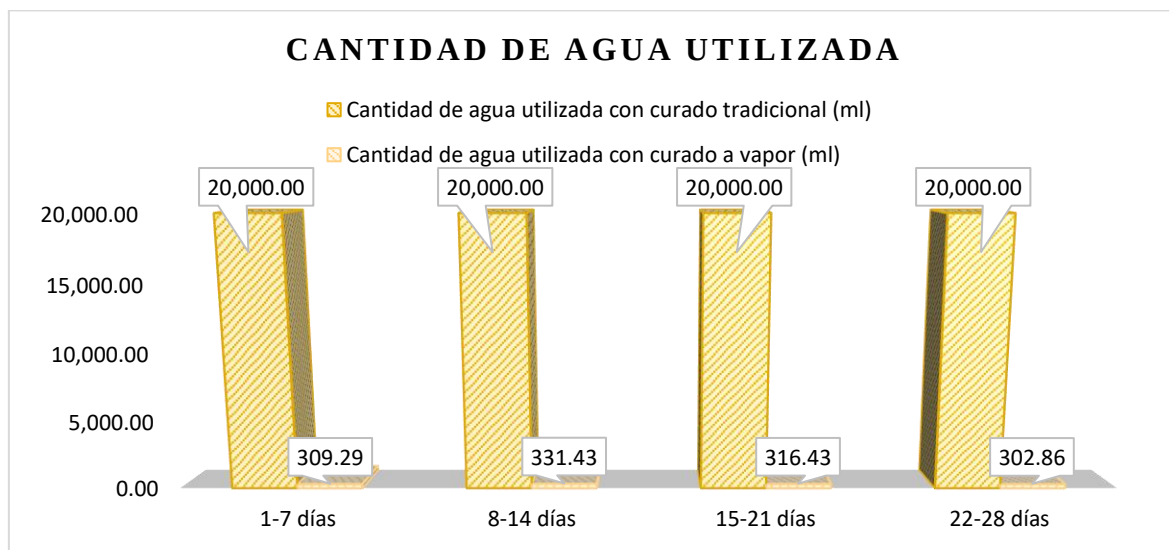
Resultados de cantidad de agua total utilizada

Rango de días	Cantidad de agua utilizada con curado tradicional (ml)	Cantidad de agua utilizada con curado a vapor (ml)	Reducción de uso de agua
1-7 días	20000	309.29	84.54%
8-14 días	20000	331.43	83.43%
15-21 días	20000	316.43	84.18%
22-28 días	20000	302.86	84.86%

Nota: Cuadro indicador de la cantidad de agua utilizada promedio utilizado.

Figura 11

Resultados de cantidad de agua utilizada en cada método de curado



Nota: Cuadro comparativo del agua utilizada promedio en cada fase del curado.

Interpretación:

Los resultados presentados en la tabla 71 muestran que el curado a vapor permite una reducción significativa en la cantidad de agua utilizada durante el proceso de curado de los

bloques de concreto en comparación con el curado tradicional. A lo largo de los diferentes rangos de días evaluados, se observa que el curado tradicional requiere un volumen constante de 20000 ml, mientras que con el curado a vapor el consumo de agua disminuyó progresivamente, alcanzando un valor mínimo de 302,86 ml, lo que representa una reducción máxima del 84,86 %. Este resultado evidencia que el curado a vapor es una alternativa eficiente en términos de consumo hídrico, lo que no solo optimiza el proceso de hidratación del cemento, sino que también contribuye a la sostenibilidad en la producción artesanal de concreto en Abancay, reduciendo el desperdicio de recursos hídricos sin comprometer la calidad del material.

5.2. Discusión de resultados

Discusión de los resultados del objetivo general

Las pruebas realizadas a los 7, 14, 21 y 28 días, cuyos resultados evidencian que el curado a vapor mejora las propiedades mecánicas de los bloques de concreto. Entre sus beneficios se destaca un incremento del 18,72 % en la resistencia a la compresión, un aumento del 30,26 % en el contenido de humedad y una reducción del 84,86 % en el uso de agua. La prueba t para la igualdad de medias arrojó un estadístico $t = -5.019$ con $p = 0.000$, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y confirmar que el curado a vapor incrementa significativamente la resistencia a la compresión de los bloques de concreto fabricados artesanalmente en Abancay – 2023. Estos hallazgos demuestran el impacto positivo de este método en la resistencia mecánica del concreto, mejorando su desempeño estructural frente al curado tradicional.

Discusión de los resultados del objetivo específico 1

Tejada & Córdoba (2023), en su artículo de investigación denominado “Influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó” presentan un estudio sobre cómo el proceso de curado influye en la resistencia a la compresión del concreto en condiciones climáticas específicas desde 3 hasta 91 días. Los resultados revelaron que el curado al aire libre se asocia a factores ambientales, como la precipitación y la temperatura. El curado por inmersión demostró un comportamiento típico y efectivo en la resistencia del concreto, superando un 3% la resistencia de diseño a los 28 días, alcanzando un valor de 3615,79 PSI. La resistencia continuó incrementándose de manera proporcional con el tiempo, superando a otros métodos empleados. A los 28 días, el concreto expuesto a las condiciones de Quibdó alcanzó el 97% de la resistencia de diseño, mostrando una leve disminución a los 91 días, posiblemente debido a la influencia de factores ambientales. Por otro lado, el concreto expuesto al aire libre y cubierto con papel film logró el 91% de la resistencia de diseño en los primeros 28 días, pero experimentó una reducción del 14% a los 91 días en comparación con los 56 días.

En la presente investigación se hizo pruebas a los 7, 14, 21 y 28 días, siendo que para el caso de concreto curado de forma tradicional alcanzó una resistencia de 24,16 kg/cm²; 28,34 kg/cm²; 30,48 kg/cm² y 34,30 kg/cm² respectivamente y para el curado con vapor alcanza 30,95 kg/cm²; 34,08 kg/cm²; 37,12 y 40,72 kg/cm² respectivamente, alcanzado una mejora en la resistencia a la compresión de 18,72%, mas no alcanza ni supera la resistencia de diseño. Concluyendo que el curado vapor mejor la resistencia a la compresión, más al ser un método artesanal la producción de los bloques, no se llega a la resistencia máxima.

Discusión de los resultados del objetivo específico 2

Zambrano et al. (2022), en su artículo denominado “Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón” evaluaron tres tipos

de curado: hidratación continua, cubiertas húmedas y láminas de polietileno, sometiendo posteriormente los especímenes a pruebas de compresión. Los resultados revelaron que, a los 7 días, el curado con cubiertas húmedas alcanzó una resistencia de 20,46 MPa, mientras que el método de láminas de polietileno mostró un valor inferior de 18,33 MPa. A los 14 días, las cubiertas húmedas demostraron la resistencia más alta de 21,71 MPa, seguidas por la hidratación continua con un valor de 20,84 MPa, y el método de curado con lámina de polietileno registró el valor más bajo de 19,86 MPa. A los 28 días, los especímenes superaron sus resistencias de diseño, siendo la resistencia máxima de 33,92 MPa (109,1% de la resistencia de diseño) para el método de cubiertas húmedas, 22,31 MPa (106,2% de la resistencia de diseño) para el método de hidratación continua y 21,81 MPa (103,9%) para el método de curado con lámina de polietileno. En conclusión, se recomiendan los tres métodos de curado en función de la rigurosidad de su aplicación, pero el método de cubiertas húmedas se destaca como el más favorable, ya que mantiene el hormigón hidratado durante un período prolongado.

En la presente investigación se hizo pruebas a los 7, 14, 21 y 28 días, donde los resultados mostraron que el curado a vapor incrementa significativamente el contenido de humedad en los bloques de concreto en comparación con el curado tradicional. El contenido máximo alcanzado fue del 99,00 %, superando el 76,00 % del método convencional, con una mejora de hasta 32,12 %. Esto favorece la hidratación del cemento, contribuyendo a una mejor resistencia del material. Estos hallazgos resaltan la importancia de optimizar el curado en la producción artesanal de concreto en Abancay para mejorar su calidad y durabilidad.

Discusión de los resultados del objetivo específico 3

Huancollo y Zamalloa (2022) en su tesis de investigación denominada: “Evaluación del curado utilizando totora en especímenes de concreto $f'_c=210$ kg/cm² en Puno-2022”, llevó a cabo una investigación de campo y de laboratorio de los especímenes de concreto,

con el propósito de dosificar un concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días de edad. Se procedió a realizar testigos con medidas estandarizadas, sometiéndolos posteriormente a diversas técnicas de curado. Como resultado de estas pruebas, se obtuvieron a los 28 días el concreto patrón llegó a un promedio de 120% y el curado a titora a un promedio de 99.5% donde resalta que sale un 5% más que el curado tradicional.

En la presente investigación se hizo pruebas a los 7, 14, 21 y 28 días, donde los resultados muestran que el curado a vapor permite una reducción significativa en la cantidad de agua utilizada durante el proceso de curado de los bloques de concreto en comparación con el curado tradicional. A lo largo de los diferentes rangos de días evaluados, se observa que el curado tradicional requiere un volumen constante de 2000 ml, mientras que con el curado a vapor el consumo de agua disminuyó progresivamente, alcanzando un valor mínimo de 302,86 ml, lo que representa una reducción máxima del 84,86 %. Este resultado evidencia que el curado a vapor es una alternativa eficiente en términos de consumo hídrico, lo que no solo optimiza el proceso de hidratación del cemento, sino que también contribuye a la sostenibilidad en la producción artesanal de concreto en Abancay, reduciendo el desperdicio de recursos hídricos sin comprometer la calidad del material.

VI. Conclusiones

Conclusiones respecto al objetivo general

Los resultados obtenidos permiten confirmar que el curado a vapor influye significativamente en la resistencia a la compresión de los bloques de concretos fabricados artesanalmente en Abancay – 2023. Se evidenció un incremento del 18,72 % en la resistencia a la compresión en comparación con el curado tradicional, lo que demuestra la efectividad de este método. Además, se observó un aumento del contenido de humedad y una reducción del consumo de agua, lo que contribuye a la optimización del proceso de fabricación. A pesar de la mejora en la resistencia.

Conclusiones respecto al objetivo específico 1

Se concluye que, el análisis de la resistencia axial de los bloques de concreto demostró que el curado a vapor incrementa la resistencia a la compresión en un 18,72 % en comparación con el curado tradicional lo que evidencia que este método de curado con vapor se presenta como una alternativa eficiente.

Conclusiones respecto al objetivo específico 2

Se concluye que, el curado a vapor incrementa significativamente el porcentaje de humedad en los bloques de concreto, alcanzando un máximo del 99,00 %, en comparación con el 76,00 % del curado tradicional. Esta mejora del 32,12 % favorece la hidratación del cemento, lo que contribuye a una mejor resistencia y calidad del material. En conclusión, la aplicación de este método en la producción artesanal de concreto en Abancay es clave para optimizar sus propiedades mecánicas y su durabilidad.

Conclusiones respecto al objetivo específico 3

Se concluye que, el curado a vapor permite una reducción significativa en la cantidad de agua utilizada durante el proceso de curado de los bloques de concreto, optimizando su eficiencia. Mientras que el curado tradicional requiere un volumen constante de 2000 ml, el

curado a vapor logró reducir el consumo hasta un mínimo de 302,86 ml, representando una disminución del 84,86 %. Esto demuestra que el curado a vapor es una alternativa sostenible, ya que optimiza el uso de los recursos hídricos sin afectar negativamente la resistencia del material.

VII. Recomendaciones

Recomendaciones respecto al objetivo general

Se recomienda llevar a cabo el estudio, evaluando la posibilidad de que se pueda utilizar con muros portantes, ya que se mejora las propiedades; no obstante, primero es necesario evaluar bien los agregados y la calidad de agua a utilizar, ya que esto limitaría los beneficios obtenidos.

Recomendaciones respecto al objetivo específico 1

Se recomienda un control adecuado de temperatura del curado a vapor debido que en el proceso de investigación se evidencio que el bloque de concreto que se encontraba cerca al ingreso del vapor no dio buenos resultados en comparación las otras unidades de bloques.

Recomendaciones respecto al objetivo específico 2

Se recomienda tener más unidades de prueba para determinar una curva en la cual se pueda determinar el rango de confiabilidad de la mejora del contenido de humedad, puesto que, al usar la cámara a vapor, esta puede controlar el contenido de vapor y consecuentemente el contenido de humedad de forma manual.

7.1. Recomendaciones respecto al objetivo específico 3

Se recomienda realizar ensayos de control de calidad del agua, y de acuerdo a ello ver si efectivamente el agua utilizada influye de forma positiva en las demás propiedades de los bloques artesanales, puesto que al haber demostrado que los agregados no cumplen con las normativas, posiblemente el agua tampoco lo haga y se podrían obtener mejores resultados.

VIII. Referencias

- Aceros Arequipa. (2020). Curado. *Manual de Construcción Para Maestros de Obra*.
- Ahn, J., Moon, J., Pae, J., & Kim, H.-K. (2023). Microplastics as lightweight aggregates for ultra-high performance concrete: Mechanical properties and autoignition at elevated temperatures. *Composite Structures*, 321, 117333. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.117333>
- Alario, E. (2014). Cuidados del hormigón. Curado de hormigón. *Ejecución de Obras*.
- Arango, J. (2024). *Historia de la Mampostería*. <https://alio.com.co/wp-content/uploads/2024/06/La-historia-de-la-mamposteria-articulo2.pdf>
- Araujo, G. (2021). *Evaluación del autocurado del concreto aplicando polietilenglicol frente a un concreto con curado convencional en la ciudad de Chiclayo*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Ayquipa, L. (2021).o *Influencia de los métodos de curados con mucílagos naturales en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Abancay, 2019*. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Bao, J., Zheng, R., Zhang, P., Cui, Y., Xue, S., Song, Q., & Ma, Y. (2023). Thermal resistance, water absorption and microstructure of high-strength self-compacting lightweight aggregate concrete (HSSC-LWAC) after exposure to elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 365, 130071. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130071>
- Beglarigale, A., Yiğiter, H., & Yazıcı, H. (2023). Corrosion Performance of Various Reinforced Concretes Subjected to a Systematic Wetting–Drying Cycle Regime in Real Marine Environment. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(5). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004707](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004707)
- Bhirud, Y. L., Sangle, K. K., Vaidya, O. V., & Patare, S. A. (2023). Influence of higher

- binder content on the splitting tensile strength and modulus of elasticity of self-compacting concrete: An experimental investigation and proposed prediction equation. *Construction and Building Materials*, 398, 132478. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132478>
- Buller, J., & Neciosup, V. (2008). *Análisis estadístico de predios tugurizados*.
- Cambridge Centre for Climate Repair. (2018). *Cement: The Worst Polluter You've Never Heard Of*.
- Burgos & Huaynates,(2022). “*Influencia del curado artificial del concreto por rociado sobre la resistencia a la compresión en el concreto premezclado $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$* ”.Universidad Privada Antenor Orrego.
- Cao, X.-Y., Feng, D.-C., Wang, C.-L., Shen, D., & Wu, G. (2023). A stochastic CSM-based displacement-oriented design strategy for the novel precast SRC-UHPC composite braced-frame in the externally attached seismic retrofitting. *Composite Structures*, 321, 117308. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.117308>
- Cemento Yura. (2022). Curado del Concreto (Primera Parte). *Aconstruir*.
- Chávez, Y. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas en bloques de concreto tipo P incorporando vidrio triturado*. Universidad Señor de Sipán.
- Chen, C., Wang, L., Liu, R., Yu, J., Liu, H., & Wu, J. (2023). Chloride Penetration of Recycled Fine Aggregate Concrete under Drying–Wetting Cycles. *Materials*, 16(3), 1306. <https://doi.org/10.3390/ma16031306>
- Claros. (2022). *¿Cuál debe ser la temperatura máxima del concreto fresco?*
- Contreras, C. (2020). *La economía pública en el Perú después del guano y del salitre*.
- Crespo, M., Galindo, J., Mahecha, O., Rivero, N., Orozco, J., & García, R. (2020). Caracterización de materia prima utilizada para fabricación artesanal de unidades de mampostería en ladrilleras El Cielo y Las Casitas (Valledupar, Colombia). *Revista*

- Agunkuyâa*, 10(2). <https://doi.org/10.33132/27114260.1908>
- Cubas, C. (2017). *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cuellar, J., & Sequeiros, W. (2017). *Influencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto preparado con cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP en la ciudad de Abancay – Apurímac*. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Dai, J., Wang, Q., & Zhang, B. (2023). Frost resistance and life prediction of equal strength concrete under negative temperature curing. *Construction and Building Materials*, 396, 132278. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132278>
- Delrieu, J. C., & Rodriguez, N. (2008). *La industria del cemento en Colombia: determinantes y comportamiento de la demanda*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Domagała, L., & Sieja, K. (2023). Effect of Moisture Condition of Structural Lightweight Concretes on Specified Values of Static and Dynamic Modulus of Elasticity. *Materials*, 16(12), 4299. <https://doi.org/10.3390/ma16124299>
- Dongo, P., Saavedra, O., & Espinoza, D. (2019). Comparación entre la normativa peruana y la normativa Extranjera relacionada a la durabilidad del concreto. *Veritas*, 20(1), 65. <https://doi.org/10.35286/veritas.v20i1.228>
- Flores, J. (2024). “Comparación entre el curado convencional y curado con SikaCem en la resistencia del concreto, Jaén 2022”. *Universidad Nacional de Cajamarca*
- Gan, D., Li, H., Zhou, Z., & Zhou, X. (2023). Effect of column flexural capacities and axial loads on bond behavior of interior beam-column joints. *Engineering Structures*, 289, 116331. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116331>
- Gómez, X. (2003). Determinación del efecto del biocarbón en movilidad del mercurio en sistema suelo-planta. *The Biologist*, 1(2). <https://doi.org/10.24039/rtb2017151137>

- Guo, J., Xia, X., Wang, K., & Xu, Y. (2023). Multi-scale model investigating the effects of pore structure and drying-wetting cycles on diffusion in concrete. *Cement and Concrete Composites*, 140, 105086. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105086>
- Gutierrez, S., & Aguilar, J. (2019). *Influencia de las técnicas de curado y tipos de bloque no portante sobre la resistencia a la compresión, absorción y densidad de unidades de albañilería*. Universidad Nacional de Trujillo Influencia de las técnicas de curado y tipos de bloque no portante sobre la resistencia a la compresión, absorción y densidad de un.
- He, Z., Hu, R., Ma, Z., Liu, X., Wang, C., & Wu, H. (2023). Reusing thermoactivated construction waste spoil as sustainable binder for durable concrete: Microstructure and chloride transport. *Construction and Building Materials*, 398, 132553. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132553>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (In Mc Graw Hill (ed.)).
- Horszczaruk, E., & Brzozowski, P. (2023). Abrasion resistance and mechanical strength of underwater repair concrete curing under hydrostatic pressure. *Construction and Building Materials*, 394, 132256. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132256>
- Huancollo & Zamalloa .(2022) “Evaluación del curado utilizando totora en especímenes de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Puno-2022”. Universidad Cesar Vallejo
- Ingegeek. (2022). *La importancia del curado del concreto*.
- Jajodia, R., & Gadve, S. (2023). Development of statistical model for prediction of modulus of elasticity of concrete. *Structural Concrete*, 24(3), 4297–4312. <https://doi.org/10.1002/suco.202200996>
- KraftCuring. (2021). *Curado con vapor*.
- Lai, Z., Yan, J., Wang, Y., Dong, C., & Weng, X. (2023). Axial compressive behavior and

- design of high-strength square concrete-filled steel tube short columns with embedded GFRP tubes. *Journal of Constructional Steel Research*, 207, 107955. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2023.107955>
- Le, K., Thi, H., Nguyen, T., & Nguyen, H. (2023). Comparative study on the performance of different machine learning techniques to predict the shear strength of RC deep beams: Model selection and industry implications. *Expert Systems with Applications*, 230, 120649. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120649>
- Liao, L., Wu, S., Hao, R., Zhou, Y., & Xie, P. (2023). The compressive strength and damage mechanisms of pervious concrete based on 2D mesoscale pore characteristics. *Construction and Building Materials*, 386, 131561. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131561>
- Liu, B., Tang, J., Xie, M., & Li, F. (2023). Monitoring of curing process of concrete based on modulus and internal friction measurement using a quantitative electromechanical impedance method. *Acta Mechanica Sinica*, 39(10), 423025. <https://doi.org/10.1007/s10409-023-23025-x>
- Liu, J., Ruan, H., Lu, B., Chen, Z., & Shi, C. (2023). A new enhanced carbonation curing method using monoethanolamine (MEA) solution: Their effects on hydration and microstructure of cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 396, 132172. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132172>
- Loya, L. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de Yanacancha, Pasco - 2017*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Mamani & Vargas (2022). “*Curado de concreto en clima frío, y su influencia en la resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² Juliaca -2022*”. Universidad Cesar Vallejo.
- Mandal, R., Panda, S., & Nayak, S. (2023). Rheology of Concrete: Critical Review, recent

- Advancements, and future prospectives. *Construction and Building Materials*, 392, 132007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132007>
- Mendoza, D., Pérez, M., Rodríguez, M., & Ortiz, S. (2021). Bloques de concreto con sustitución de residuos sólidos de polietileno de alta densidad. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería, Universidad Del Zulia*, 44(1), 29–35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=605772532005>
- Mosqueira, M. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto*. Universidad Privada del Norte.
- Muñoz, S., Vallejos, D., & Pérez, J. (2023). Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con incorporación de Ceniza de Madera. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11825>
- National Concrete Masonry Association. (2020). Mason Contractors stand with the concrete block industry. *NCA Industry Report*.
- Nureña, C. (2015). Juventud y cultura política en el Perú: el caso de los estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima. *Researchgate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1445.7367/1>
- Ortiz, F. (2020). “Comparación entre el curado convencional de concreto y un curado con Antisol en la resistencia al concreto”. Universidad Peruana de los Andes.
- Paredes, J. (2023). *Bloques de concreto artesanal y su relación en el nivel de comportamiento estructural en edificaciones de albañilería confinada - Marcona, Nazca, Ica - 2018*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Pinto, H. (2018). *Análisis del proceso de curado de concreto en ciclos de congelamiento/deshielo y su influencia en la resistencia a la compresión, Yanacancha, Pasco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- ReliableCure. (2022). *Mantas de Curado Humedo de un solo uso para Losas en Aplicaciones*

de Grado.

- Ríos, J. P., Olaya, Y., & Rivera, G. (2017). Proyección de la demanda de materiales de construcción en Colombia por medio de análisis de flujos de materiales y dinámica de sistemas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 75–95. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a4>
- Robles, B. (2019). *Población y muestra*. <https://doi.org/10.22497/PuebloCont.301.30121>
- Rodrigo, G., & Obregón, A. (2018). Implementación del ciclo de mejora continua Deming para mejorar la productividad en el área de logística de la empresa de confecciones KUYU S.A.C. LIMA-2016. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(2). <https://doi.org/10.26495/icti.v5i2.969>
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277–297.
- Ruiz, J., & Godínez, E. (2022). Análisis estadístico de características geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto de Tuxtla Gutiérrez. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 11, 63–84. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i11.193>
- Silva, O. (2022). Formas de curar el concreto. 360 *En Concreto*.
- Tejada, L., & Córdoba, J. (2023). Influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyv.v25i2.11818>
- Torres, C., Álvarez, D., Preusser, F., Ramón, J., & Poch, R. (2023). Evolution of soil porosity in loess-palaeosol sequences of the Ebro Valley, NE Iberia. *CATENA*, 230, 107244. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107244>
- Valderrama, S., & Jaimes, C. (2019). *El desarrollo de la tesis: descriptiva-comparativa, correlacional y cuasiexperimental* (San Marcos (ed.); primera ed).

- Yang, H., Fang, J., Jiang, J., Li, M., & Mei, J. (2023). Compressive stress–strain curve of recycled concrete under repeated loading. *Construction and Building Materials*, 387, 131598. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131598>
- Yazdani, N., Filsaime, M., & Islam, S. (2008). Accelerated Curing of Silica-Fume Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 20(8), 521–529. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2008\)20:8\(521\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:8(521))
- Yu, B., Cheng, H., Yu, Z., Li, B., & Zhang, Q. (2023). Physics-supervised ensemble learning model for predicting failure modes of reinforced concrete columns. *Engineering Structures*, 292, 116560. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116560>
- Zambrano, L., Alava, R., Ruíz, W., & Menéndez, E. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. *Gaceta Técnica*, 23(1), 35–47. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>
- Zhang, D., Ma, G., Guan, J., Wang, L., & Wang, Q. (2023). Cyclic behavior of unbonded post-tensioned precast segmental concrete columns fabricated by 3D printed concrete permanent formwork. *Engineering Structures*, 292, 116436. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116436>
- Zhang, Y., Wu, S., Zhang, Y., Zhou, C., & Fu, C. (2023). Similarities and probability distributions of chloride convection zone depth in concrete exposed to cyclic drying-wetting environments. *Cement and Concrete Composites*, 139, 105040. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105040>
- Zhao, F., Xiong, F., Cai, G., Ge, Q., & Si Larbi, A. (2023). Seismic behavior and simplified hysteretic model of precast concrete wall panels with bolted connections under cyclic loading. *Engineering Structures*, 292, 116562. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116562>
- Zhou, Y., Li, Y., Chen, Y., Cao, X., Zhang, Y., Wang, S., Liu, J., & Liu, X. (2023).

Environmentally friendly super-slippery concrete with anti-corrosion and anti-fouling properties. *Materials Letters*, 349, 134820. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.134820>

Zhu, G., & Hai Tan, K. (2023). Experimental and numerical investigation on precast CECFST column-to-column connections subjected to axial and eccentric compression. *Engineering Structures*, 292, 116508. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116508>

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