

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas
y mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del
concreto de $f'c$ 210 kg/cm², Abancay, Apurímac, 2019.**

Asesor:

MSc. Maldonado Mendivil, Ángel

Autor:

Chirinos Ccasa, Joseph

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay - Apurímac – Perú

2024



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°037-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| ➤ Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO | PRESIDENTE |
| ➤ Ph.D. Abbon Alex VÁZQUEZ RAMÍREZ | DICTAMINANTE |
| ➤ MSc. Ing. Oswald CASAVARDE LOPEZ | REPLICANTE |

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,
Bachiller: CHIRINOS CCASA, Joseph con código de matrícula N°201220373-E.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución del Vicerrectorado Académico N°002-2024-UTEA-VRAC, de fecha 23 de enero del año 2024, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas y mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Abancay, Apurímac 2019", habiendo aprobado con la nota de once (11).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 289.

Abancay, 18 de noviembre 2024.


Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO
PRESIDENTE


Ph.D. Abbon Alex VÁZQUEZ RAMÍREZ
DICTAMINANTE


MSc. Ing. Oswald CASAVARDE LOPEZ
REPLICANTE

Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas y mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Abancay, Apurímac 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	22%	2%	16%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	10%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	unam.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	archive.org Fuente de Internet	<1%

repositorio.untrm.edu.pe

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Chirinos Ccasa, Joseph
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	76597339
URL ORCID	:	0009-0000-9117-5399
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Maldonado Mendivil Ángel
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06788424
URL ORCID	:	0000-0001-9002-1910
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	:	2020-2024
Fuente de financiamiento	:	Propia
Porcentaje de similitud	:	23%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

“Al Dios de Israel, por la vida y la salud, por darme las fuerzas e inteligencia, guiarme por su camino de paz y amor”.

“A mi padre Leoncio y a mi madre Ermitania, por su asistencia monetaria y compromiso con mi desarrollo tanto en aspectos profesionales como éticos”.

“A mis hermanos Josué, Yezbel, Rosi, Reusel, por su compañerismo en este camino de mi profesión”.

“A mis docentes de la UTEA, Gracias a su instrucción y experiencias personales, me inculcaron los principios y actitudes necesarias para sobresalir en esta maravillosa carrera”.

“A mis amigos (as) y compañeros (as), estamos agradecidos por la asistencia continúa brindada en nuestros estudios universitarios y por el estímulo para perseverar a pesar de los muchos desafíos de la vida”.

Joseph Chirinos Ccasa

Agradecimientos

Al Creador, por concederme el entendimiento y el conocimiento vital, así como el vigor para alcanzar este hito personal.

A la UTEA, su cuerpo docente, personal técnico de laboratorios y otros empleados, individuos que han compartido su saber y vivencias para potenciar mi desarrollo profesional.

Al MSc. Ing. Ángel Maldonado Mendivil, quien me guio en esta tesis, por compartir su valiosa pericia y comprensión en temas relacionados al hormigón. Su orientación fue crucial para completar este estudio.

A GEOMAT SERV E.I.R.L, por su colaboración en la realización de los ensayos necesarios para esta investigación, con especial mención al Tec. Marcelino.

Resumen

La presente tesis analizó los efectos de la adición de fibra de poliéster sobre las propiedades plásticas (consistencia, contenido de aire, potencial de fisuración, temperatura y peso unitario) y mecánicas (resistencia a la compresión axial y a la flexión) del concreto en la ciudad de Abancay, la fibra fue agregadas al concreto en proporciones de 0, 900, 1200, 1500 y 1800 gramos por m^3 , manteniendo una resistencia (compresión) de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Los materiales utilizados consistieron áridos finos y gruesos procedentes de la cantera Murillo, cemento portland de tipo IP, fibra de poliéster y un plastificante.

Las propiedades plásticas del concreto se ven comprometidas por la inclusión de 1500 g/m^3 de fibra de poliéster, lo que reduce el potencial de agrietamiento hasta en un 88%. Al mismo tiempo, disminuye la consistencia hasta en un 12%, el contenido de aire hasta un 17%, la temperatura en un 2,4% y el peso unitario del concreto fresco en un 0,5%. Después de 28 días, hubo un incremento del 12,24% y una caída del 9,60% en la resistencia a la compresión y a la flexión respectivamente, según los parámetros mecánicos.

Palabras clave: propiedades plásticas, propiedades mecánicas, fibra de poliéster.

Abstract

This thesis analyzed the effects of adding polyester fiber on the plastic properties (consistency, air content, cracking potential, temperature, and unit weight) and mechanical properties (axial compression strength and flexural strength) of concrete in the city of Abancay. The fiber was added to the concrete in proportions of 0, 900, 1200, 1500, and 1800 grams per m³, maintaining a strength (compression) of 210 kilograms per square centimeter. The materials used consisted of fine and coarse aggregates from the Murillo quarry, type IP portland cement, polyester fiber, and a plasticizer.

The plastic properties of concrete are affected by the inclusion of 1500 g/m³ of polyester fiber, which reduces the cracking potential by up to 88%. At the same time, it decreases consistency by up to 12%, air content by up to 17%, temperature by 2.4%, and the unit weight of fresh concrete by 0.5%. After 28 days, there was an increase of 12.24% and a decrease of 9.60% in compressive and flexural strength respectively, according to the mechanical parameters.

Keywords: plastic properties, mechanical properties, polyester fiber.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	vii
Índice general.....	ix
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xv
Índice de anexos.....	xvii
I. Introducción	18
II. Planteamiento del problema.....	19

2.1	Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1	Problema general	22
2.1.2	Problemas Específicos	22
2.2	Objetivos	22
2.2.1	Objetivo General.....	22
2.2.2	Objetivos Específicos.....	22
2.3	Justificación e importancia.....	23
2.3.1	Justificación científica	23
2.3.2	Justificación Social	23
2.4	Hipótesis	24
2.4.1	Hipótesis General	24
2.4.2	Hipótesis Específicas	24
2.5	Variables	24
2.5.1	Variable Independiente	24
2.5.2	Variable Dependiente.....	24
2.5.3	Cuadro de Operación de variable	25
III.	Marco teórico.....	24
3.1	Antecedentes.....	24
3.1.1	A nivel internacional	24
3.1.2	A nivel nacional	27
3.1.3	A nivel regional y local	30

3.2 Bases teóricas	31
3.2.1 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm ²	31
3.2.2 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades mecánicas con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm ² ..	59
3.2.3 Ensayos a realizar en estado fresco y endurecido con fibras.....	77
3.3 Definición de términos	77
IV. Metodología	81
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	81
Tipo de investigación.....	81
Nivel o alcance de investigación.....	81
Diseño de investigación.....	82
4.2 Ámbito temporal y espacial.....	84
4.2.1 Ámbito temporal	84
4.2.2 Espacial.....	84
4.3 Población y muestra	84
4.3.1 Población	84
4.3.2 Muestra	85
4.3.3 Muestreo	87
4.4 Instrumentos	87

4.5 Procedimientos.....	88
4.6 Análisis de datos	89
4.7 Consideraciones éticas	90
V. Resultados y discusión	92
5.1 Resultados.....	92
5.1.1 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas	92
5.1.2. Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades mecánicas.....	100
5.1.3. Resultados de las pruebas de hipótesis	109
5.2 Discusión	116
5.2.1. Discusión de resultados en propiedades plásticas del concreto.....	117
5.2.2. Discusión de resultados en propiedades mecánicas del concreto.....	121
VI. Conclusiones	126
VII. Recomendaciones	128
VIII. Referencias	130
IX. Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1	Tabla de operacionalización de variables.....	25
Tabla 2	Límites de sustancias perjudiciales en los agregados.....	32
Tabla 3	Límites recomendables para granulometría del agregado fino.....	34
Tabla 4	Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	35
Tabla 5	F'cr sin registro de probetas anteriores.....	41
Tabla 6	F'cr tomando en cuenta el control de calidad en obra.....	41
Tabla 7	Contenido de aire atrapado, ACI 211.....	42
Tabla 8	Volumen unitario de agua, ACI 211.1.....	42
Tabla 9	Relación agua/cemento por resistencia, ACI 211.1.....	43
Tabla 10	Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto, ACI 211.1.....	44
Tabla 11	Proporcionamiento del diseño.....	46
Tabla 12	Clasificación por Ancho de Fisura.....	59
Tabla 13	Máximo valor del diámetro del bloque y de la probeta de ensayo.....	60
Tabla 14	Tolerancias para el tiempo de fractura de probetas.....	62
Tabla 15	Factor de corrección para relaciones $L/D \leq 1.75$	63
Tabla 16	Propiedades Físicas de Fibra de Poliéster.....	75
Tabla 17	Cantidad de ensayos de concreto en estado plástico.....	86
Tabla 18	Cantidad de ensayos de concreto en estado endurecido.....	86
Tabla 19	Resultados promedio a los 7 días de rotura del f'c.....	101
Tabla 20	Resultados promedio a los 14 días de rotura del f'c.....	102
Tabla 21	Resultados promedio a los 28 días de rotura del f'c.....	103
Tabla 22	Resumen de resultados a compresión a los 7, 14, 28 días.....	104
Tabla 23	Resultados promedio a los 7 días de fr.....	106
Tabla 24	Resultados a los 14 días de fr.....	107

Tabla 25 Resultados promedios a los 28 días de fr.....	108
Tabla 26 Contraste de hipótesis de consistencia en la cantidad óptima de fibra de poliéster.....	110
Tabla 27 Contraste de hipótesis de contenido de aire en la cantidad óptima de la fibra de poliéster.....	111
Tabla 28 Contraste de hipótesis de temperatura en la cantidad óptima de fibra de poliéster.....	112
Tabla 29 Contraste de hipótesis de peso unitario en la cantidad óptima de fibra de poliéster.....	113
Tabla 30 Contraste de hipótesis del potencial de fisuración en la cantidad óptima de fibra de poliéster.....	114
Tabla 31 Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión en la cantidad óptima de fibra poliéster.....	115
Tabla 32 Contraste de hipótesis de resistencia a la flexión en la cantidad óptima de fibra de poliéster.....	116

Índice de figuras

Figura 1 Teoría de la máxima densidad del agregado	34
Figura 2 Ensayo de asentamiento	49
Figura 3 Ensayo de peso unitario del concreto	50
Figura 4 Ensayo de contenido de aire del concreto	51
Figura 5 Temperatura del concreto.....	52
Figura 6 Dispositivo de ensayo de potencial de fisuración.....	53
Figura 7 Proceso del desarrollo de fisuras	55
Figura 8 Dispositivo en funcionamiento del potencial de fisuración.....	56
Figura 9 Marcando y enumerando las fisuras para su cálculo	57
Figura 10 Comparador de grietas	57
Figura 11 Lupa de medición.....	58
Figura 12 Medición de fisuras.....	58
Figura 13 Equipo para medir la resistencia a compresión, prensa hidráulica.....	62
Figura 14 Moldes metálicos para probetas, dimensiones de 15x30 cm	64
Figura 15 Prueba de rotura de briquetas en prensa hidráulica	65
Figura 16 Patrones de tipo de fractura de las briquetas de concreto NTP 339.034.....	66
Figura 17 Moldes metálicos para vigas, dimensiones 15x15x45 cm	68
Figura 18 Marcando la viga de 15x15x45 cm.....	70
Figura 19 Características de las dimensiones de la viga y su posición antes del ensayo	71
Figura 20 Preparación de las vigas con las dosificaciones correspondientes	73
Figura 21 Ensayo de la resistencia a flexión.....	73
Figura 22 Fibra poliéster de 40/2.....	76
Figura 23 Diseño de la investigación.....	83

Figura 24 Resultados promedio de consistencia	92
Figura 25 Resultados promedio de contenido de aire.....	94
Figura 26 Resultados promedio de temperatura del concreto	95
Figura 27 Resultados promedio de peso unitario de concreto	96
Figura 28 Resultados promedio del potencial de fisuración	97
Figura 29 Prueba del túnel de viento del concreto	98
Figura 30 Marcación de las fisuras después del ensayo	99
Figura 31 Medición de las fisuras del concreto.....	100
Figura 32 Gráfico de los resultados promedio a los 7 días de rotura del f^c	101
Figura 33 Gráfico de los resultados promedio a los 14 días rotura del f^c	102
Figura 34 Gráfico de los resultados promedio a los 28 días de rotura del f^c	104
Figura 35 Gráfico resumen de resultados de f^c a los 7, 14, 28 días.....	105
Figura 36 Gráfico de f_r promedio a los 7 días.....	106
Figura 37 Gráfico de f_r promedio a los 14 días.....	107
Figura 38 Gráfico de f_r promedio a los 28 días.....	109

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	137
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables.....	138
Anexo 3. Formato de validación de recolección de datos de laboratorio.....	140
Anexo 4. Declaración de autenticidad del proyecto de tesis.....	150
Anexo 5. Base de datos, resultados de la investigación.....	151
Anexo 6. Certificados de Calibración de equipos de laboratorio.....	179
Anexo 7. Evidencias con fotos del avance de la investigación.....	189

I. Introducción

Las grietas en el estado plástico del hormigón causadas por las temperaturas elevadas durante el vertido del hormigón pueden afectar negativamente la apariencia y la durabilidad futura del elemento estructural. Para investigar este tema, se estudiaron los efectos de agregar fibra de poliéster 40/2 sobre las particularidades plástico-mecánicas del concreto bajo compresión axial y flexión. El estudio se realizó en Abancay, empleando una metodología experimental. Los especímenes de concreto tuvieron un $f'c$ 210 kg/cm² y se suplementaron con diversas cantidades de fibra de poliéster (0, 900, 1200, 1500, 1800 gr / m³ de hormigón).

Se empleó cemento tipo IP portland, áridos finos y gruesos de la cantera Murillo y otros ingredientes para hacer más trabajable el concreto. También se incluyeron en la mezcla fibra de poliéster y un aditivo plastificante. Estas adiciones dieron como resultado cambios mínimos en las propiedades plásticas del hormigón, ya que simultáneamente se vuelven más fuertes bajo compresión y más débiles bajo flexión. Además, el uso de la dosis ideal de fibra de 1500 gr/m³ que eliminó la posibilidad de agrietamiento.

Esta investigación se divide en cinco secciones: La inicial aborda la situación problemática que motivó el estudio, delineando la cuestión principal y sus derivadas, además de establecer las metas generales y específicas. La segunda parte desarrolla la base conceptual, revisando estudios previos y fundamentos relevantes. El tercer segmento expone las conjeturas propuestas y el enfoque metodológico adoptado. En la cuarta sección se muestran los hallazgos y su análisis, fundamentados en los experimentos efectuados. La estructura culmina con un quinto capítulo, dedicado a conclusiones y recomendaciones.

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

En República Dominicana, el rápido crecimiento de la infraestructura, en la que predominan las estructuras de concreto armado, exige un nivel de preparación técnica cada vez mayor para garantizar que, a lo largo de todo el proceso, cada paso del camino, desde la conceptualización hasta la finalización, se cumplen y siguen diligentemente todas las reglas y requisitos relevantes que, junto con las modernas tecnologías de vanguardia, dan lugar a la construcción de obras seguras, duraderas y estéticamente agradables (Corral, 2004).

En ocasiones, estos atributos se ven afectados por una de las patologías más importantes que caracterizan a las obras de concreto; estamos hablando de las fisuras y grietas, que por su aspecto superficial tienen un impacto directo en el aspecto funcional, que es una de las razones más importantes de la durabilidad de una estructura; por ello, las fisuras y grietas se clasifican dentro de los estados límite de servicio como parte del cálculo estructural. Por lo tanto, el desarrollo de un diagnóstico preciso que abarque desde su identificación hasta su origen permitiría a los diseñadores, constructores y fabricantes de materiales no sólo limitar o eliminar su impacto mediante la reparación, sino también tomar medidas preventivas para evitar o disminuir su aparición (Corral, 2004).

El agrietamiento en placas de hormigón es frecuente debido a la exposición a temperaturas elevadas, resultado de su ubicación geográfica. Naciones con climas extremadamente cálidos como India, México, Argelia e Irak han enfrentado esta problemática en el pasado.

En territorio peruano, la región de Piura ha experimentado temperaturas

cercanas a los 37°C. La restauración efectiva solo será posible identificando y comprendiendo las causas, permitiendo así aplicar métodos apropiados; de lo contrario, la reparación será transitoria y requerirá intervenciones repetidas. Entre los factores físicos, destaca la temperatura como causa principal de fisuras en losas. Esta investigación se propone encontrar alternativas viables, revelando las soluciones más prácticas para abordar el problema (Atoche, 2018). Estos hallazgos sugieren que la temperatura tiene un impacto en el concreto, lo que provoca grietas prematuras en estructuras que están muy expuestas a tales condiciones.

El ámbito de la construcción representa una parte significativa del consumo de cemento, con un consumo total de 11.317.000 toneladas en los anteriores meses aproximadamente doce (enero de 2019 a diciembre de 2019), según ASOCEM (2019). Varios de sus usos incluyen: edificaciones, presas, centrales hidroeléctricas, carreteras, etc.

Las características de concreto, incluidas aceras, rieles, losas, vigas, columnas y más en Abancay, mostraron signos de agrietamiento. Para abordar estos problemas y hacer que el concreto sea adecuado para diseños estructurales más exigentes, la industria del concreto está incorporando constantemente nuevas tecnologías y materiales aditivos. El concreto desgasta la durabilidad del concreto y estas grietas en los componentes de concreto reforzado deterioran y corroen el acero. La adición de aditivos, que a menudo son líquidos, al hormigón y/o la dosificación de ciertas fibras sintéticas permiten el ajuste de estas propiedades.

Recientemente, se ha incrementado el empleo de fibras artificiales, especialmente las de polipropileno, en usos relacionados con el hormigón. El propósito fundamental es potenciar la resistencia del hormigón ante fisuras causadas por la retracción plástica, los cambios térmicos y el asentamiento plástico. Es

necesario indagar en la mecánica y plasticidad del hormigón al incorporar fibra de poliéster, dado que este aspecto no ha sido explorado en investigaciones previas.

Según PECALTEX (2013), la producción y el consumo mundial de poliéster afirma: cada segundo, el mundo produce 8,323 kg de poliéster. En comparación con el algodón, Cada año se generan 42 millones de toneladas de fibra sintética, mayormente destinadas a la industria de la moda. Esta cifra supera los 27 millones de toneladas de algodón producidos anualmente. India y China son los mayores fabricantes del mundo]. Por lo que existe una necesidad global significativa de poliéster, que podría usarse potencialmente como una adición en concreto para mejorar su plasticidad y características mecánicas.

Según Mafisan (2018) el reciclaje del poliéster no afecta a las propiedades principales del material. Sigue siendo uno de los materiales más adaptables que existen, ya que es flexible, impermeable, robusto y resistente a las fluctuaciones climáticas y de temperatura. Al ser un método de fabricación más responsable desde una perspectiva ecológica, muchos lo prefieren al poliéster puro, por lo que también es uno de los tipos más demandados en la actualidad. Marcas importantes como HyM y Nike utilizan poliéster reciclado en la producción de sus tejidos. Por lo que menciona que el poliéster se puede reciclar y no pierde sus principales propiedades, lo que también se podría usar como material de adición al concreto.

2.1.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas y mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm², en la ciudad de Abancay, 2019?

2.1.2 Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el efecto de la adición de fibra de poliéster 40/2 sobre las propiedades plásticas con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?
2. ¿Cuál es el efecto de la adición de fibra de poliéster 40/2 sobre las propiedades mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Analizar los efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas y mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Abancay, 2019.

2.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los efectos que tendrá la adición de fibra de poliéster 40/2 sobre las propiedades plásticas con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm².
2. Determinar los efectos que tendrá la adición de fibra de poliéster 40/2 sobre las propiedades mecánicas en compresión axial y flexión con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

2.3 Justificación e importancia

2.3.1 Justificación científica

Optimizar el sector de la edificación a través de la implementación de técnicas innovadoras en la formulación del hormigón, específicamente mediante la inclusión de fibras poliéster. Mediante el análisis de estas fibras en las en el concreto, se pueden prevenir grietas y otros fenómenos indeseados. Esto no solo beneficia financieramente al propietario y al constructor, sino que también alivia el riesgo psicológico del usuario, ya que las grietas a menudo se asocian con el posible colapso o hundimiento del edificio.

2.3.2 Justificación Social

Los resultados del estudio serán ventajosos para la sociedad, ya que proporcionan una alternativa adicional para mejorar la durabilidad del hormigón frente a la compresión axial y la flexión, al tiempo que reducen la aparición de fracturas en este material.

2.2.3 Justificación Técnica

Cuando el concreto se agrieta mientras está en su condición plástica como resultado de procesos de contracción (como plástico, autógeno, térmico o carbonatación), la fibra de polipropileno se usa como refuerzo adicional en Perú. Entonces, veremos cómo cambia el concreto cuando se agregan fibras de poliéster, específicamente cómo las fibras afectan las características mecánicas y plásticas.

A través de la comprensión de la interacción entre las fibras y las características plástico-mecánicas del concreto, podemos hacer una mejora del

concreto usando la cantidad correcta de cada ingrediente y adaptando sus propiedades para cumplir las necesidades de los diseños de edificios contemporáneos. Así mismo para disminuir la probabilidad de que el concreto se agriete mientras aún está en su estado plástico y evita que Moderna se oxide.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El concreto incorporado con fibra poliéster 40/2 presenta mejores propiedades plásticas y mecánicas en compresión axial y flexión frente a un concreto con dosificación óptima sin incorporación.

2.4.2 Hipótesis Específicas

1. El concreto incorporado con fibra poliéster 40/2 presenta mejores propiedades plásticas frente a un concreto con dosificación óptima sin incorporación.
2. El concreto incorporado con fibra poliéster 40/2 presenta mejores propiedades mecánicas en compresión axial y flexión frente a un concreto con dosificación óptima sin incorporación.

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente

1. Fibras de poliéster 40/2.

2.5.2 Variable Dependiente

1. Propiedades plásticas (Consistencia, Contenido de aire, Peso unitario, Temperatura, Potencial de fisuración).
2. Propiedades mecánicas (Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión).

2.5.3 Cuadro de Operación de variable

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Medición	Rango de Variabilidad	Técnica	Instrumentos Recojo de Datos
Variable Independiente X Fibra de Poliéster	El concreto fibroreforzado es una combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y fibras dispersas aleatoriamente, estas forman internamente una red tridimensional dentro del concreto con la finalidad de dotarle características que este carece (Armas, 2016).	Se aplicó el método analítico, mediante la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitió reconocer los efectos que produce la fibra de poliéster en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto (Armas, 2016).	Adición	gr	0, 900, 1200, 1500, 1800	Observación Directa	Formato según ACI aumentando la adición en peso al m ³ de concreto.
Variable Dependiente Y1 Propiedades plásticas	Son las características y cualidades que posee el concreto en estado plástico, depende de la calidad de los agregados y adiciones utilizadas en la elaboración del concreto (Armas, 2016).	Se aplicó el método analítico, mediante la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitió reconocer los efectos que produce la fibra de poliéster en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico (Armas, 2016).	Consistencia	pulg	3 a 4	Observación Directa ASTM C 143	Formato de asentamiento en concreto fresco con código MTC E 705 y ASTM C 143
			Porcentaje Contenido de aire	%	0.2 a 3	Observación Directa ASTM C 33	Formato de contenido de aire en concreto fresco con código MTC E 706 y ASTM C 33
			Potencial de fisuración	%	A evaluar	Observación Directa ASTM C	Formato de potencial de fisuración en concreto

						227	fresco con código ASTM C 227
			Temperatura	%	Máximo 32 °C	Observación Directa NTP 339.184	Formato de temperatura en concreto fresco con código MTC E 1064 y NTP 339.184
			Peso unitario	Kg/m ³	2300 a 2400	Observación Directa ASTM C 138	Formato de peso unitario en concreto fresco con código MTC E 714 y ASTM C 138
Variable Dependiente Y2	Son las características y cualidades que posee el concreto en estado endurecido, depende de la calidad de los agregados y adiciones utilizadas en la elaboración del concreto (Armas, 2016).	Se aplicó el método analítico, mediante la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitió reconocer los efectos que produce la fibra de poliéster en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico (Armas, 2016).	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	210	Observación Directa ASTM C 39	Formato de ensayos a compresión de testigos de concreto con código. MTC E 704 y ASTM C 39.
			Resistencia a la flexión	Kg/cm ²	10 a 15 del f'c	Observación Directa NTP 339.079	Formato de ensayos a flexión de testigos de concreto con código. MTC E 709 y NTP 339.079

Nota. La tabla muestra la operacionalización de las variables independientes y dependientes en estudio, fuente: Elaboración Propia

III. Marco teórico

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

Navarro (2023). El **objetivo** fue desarrollar una metodología de diseño específica que incorpore efectivamente fibras de algodón en mezclas de concreto, permitiendo una mejor trabajabilidad y permitiendo la reutilización de fibras textiles de algodón desechadas de la industria de la confección. Esta reutilización no compromete las propiedades del hormigón, haciéndolo apto para aplicaciones convencionales, la **metodología** fue experimental.

Concluyó las muestras se analizaron después de curarse durante 28 días usando cilindros que contenían fibras de algodón residuales a concentraciones del 0%, 0,5%, 1,0% y 5,0%. La resistencia de compresión (f_c) promedio de los testigos con un 0,5 por ciento de fibras de algodón residuales fue de 21,16 Mpa, con un 1,0% de fibras dando como resultado un valor de 12,49 Mpa y un 5,0% de fibras dando como resultado un valor promedio de 8,27 Mpa. Los cilindros desprovistos de fibras tenían un " f_c " promedio de 20,85 Mpa. Además, el algodón tiene propiedades hidrófilas, lo que le permite mejorar la absorción de agua en el hormigón. En consecuencia, esto puede afectar la trabajabilidad del hormigón y conducir a una reducción en su capacidad mecánica simple a la compresión.

Mora (2017). El **objetivo** principal del programa investigativo fue incorporando un 2% de fibra de cáñamo en el concreto tradicional mientras se diseñan y caracterizan sus propiedades mecánicas; el " f_c " deseado fue de 4000 psi, o 28 MPa, la **metodología**

fue experimental, llega a la **conclusión** analizó cómo la inclusión de cáñamo (fibras) al concreto afectaba a su capacidad general. El “F’c” convencional fue de 281.03 kg / cm²; agregar un 2% de fibra de cáñamo redujo esto a 142.25 kg / cm² (una disminución del 49.38%); agregar un 0.25 por ciento de fibra de cáñamo redujo esto a 269.11 kg / cm² (una disminución del 4.24%).

El concreto convencional en promedio llegó a la resistencia a la flexión “fr” de 3.65 MPa, y con la incorporación de fibra con 2% de cáñamo a una resistencia promedio de 3.80 MPa aumentando un 4.11%, y con la adición de cáñamo con 0.25% de cáñamo a una resistencia promedio de 4.38 MPa aumentando un 20.00% el “fr” del hormigón convencional.

Amaya, S. y Ramírez, M. (2019). El **objetivo** de su investigación fue estudiar las al hormigón reforzado con fibras fabricado a partir de diversos materiales, con el fin de descubrir qué material exhibe un comportamiento superior cuando se somete a pruebas de compresión y flexión., la **metodología** fue experimental. Se **concluyó** que existió menos roturas en las muestras de concreto que fueron reforzadas con microfibras porque estos materiales exhibieron mayores características mecánicas en flexión y compresión. Aunque la fibra de acero tenía las mejores cualidades mecánicas del grupo, aún no podía arreglar la rotura del material al 100%. La investigación utilizó fibras de vidrio que medían menos de 5 centímetros de largo, hebras de PET de 5 cm, que son comparables en longitud a los filamentos metálicos, y fibras de cáñamo de 7 cm, que tuvieron un impacto significativo en la resistencia a flexión “Fr”.

La incorporación de filamentos metálicos fue de 1.85 kg/m³, mientras que para la fibra PET se utilizó 0.31 kg/m³. En el caso de los filamentos vítreos, se emplearon 0.66 kg/m³, y para las fibras de cáñamo, 0.27 kg/m³. Tras 28 días de prueba, la resistencia

compresiva del diseño base alcanzó 256.91 kg/cm². Con la incorporación de macro fibras, los resultados fueron: 253.71 kg/cm² (acero), 228.49 kg/cm² (PET), 254.27 kg/cm² (vidrio) y 237.72 kg/cm² (cáñamo). En cuanto al “fr” a los 28 días, el diseño sin aditivos mostró 41.31 kg/cm², mientras que con macro fibras se obtuvieron: 67.59 kg/cm² (acero), 52.96 kg/cm² (PET), 39.87 kg/cm² (vidrio) y 48.21 kg/cm² (cáñamo).

Miranda, A. N. (2021). El **objetivo** fue determinar cómo una mezcla de concreto que contiene “bagazo en fibras de caña de azúcar (FBCA)” (a concentraciones de 0.5% al 3% en peso del árido grueso) se comporta mecánicamente cuando se compara con una mezcla de concreto estándar (MR-36) y de hormigón reforzado con fibras sintéticas(en volumen), y para evaluar el efecto de las “FBCA” en el estado de no agrietamiento del hormigón, se realizarán pruebas mecánicas, la **metodología** de investigación experimental, sus **conclusiones** fueron la dosificación de fibra de sikafiber AD aumento un 2% con respecto al concreto simple en la capacidad al módulo de flexión, mientras que las dosis de fibra de caña al 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.5%, 3.0% disminuyeron respectivamente en -5%, -8%, -10%, 19%, 26%. Se constató, al realizar las pruebas, que la rotura del espécimen no fue inmediata, a diferencia de lo ocurrido con el hormigón tradicional.

Existe evidencia de experimentos de que agregar más fibras naturales, como FBCA”, al concreto lo hace menos fuerte cuando se dobla. Sin embargo, se espera que esta inclusión de fibras en el hormigón mitigue el agrietamiento y la falla frágil comúnmente observados en el concreto convencional. Esta expectativa está respaldada por la ausencia de fallas repentinas observadas durante la ejecución de la prueba.

Bermejo y Bru (2018). El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de filamentos de Tereftalato de polietileno (PET) y Polipropileno (PP) en la reducción de la

densidad de un espécimen de hormigón de 3000 psi, mediante pruebas de laboratorio en mezclas con distintas proporciones de dichas fibras. Esto con el propósito de su aplicación en proyectos constructivos, buscando un potencial impacto ambiental favorable y, simultáneamente, una disminución del peso propio de los elementos, la **metodología** de investigación experimental, basado en ensayos de laboratorio.

Conclusiones agregar ciertas cantidades de PET y PP al concreto, mejora algunas de sus cualidades mecánicas. Por ejemplo, el “f’c” incrementa hasta un 7% para PP y un 9% para PET. La tracción también aumenta hasta un 14% para el PET y todo su rango para el PP, por el contrario, fuera de estos rangos, dichas propiedades son afectadas negativa y contundentemente, volviéndose el concreto inadecuado para su uso. El uso de estas fibras, afecta la manejabilidad del concreto, volviéndolo en su aspecto, poroso y dificultando su trabajabilidad. De acuerdo al ensayo de slump para el concreto sin fibras los resultados fueron 3cm y 3.3 cm y para concreto con fibra el valor crítico fue de 2cm.

3.1.2 A nivel nacional

Zapana y Tagle (2017). El **objetivo** fue observar qué tan rápido se descompondría el concreto que tenía diferentes cantidades de aire y fibras de polipropileno cuando se congelaba en las primeras etapas, la **metodología** fue experimental, sus **conclusiones** los expertos pudieron afirmar que agregar hebras de polipropileno al concreto lo hace más resistente a la congelación antes. Se encontró que la concentración ideal de fibras para esta mejora era de 0,75 kg / m³. Cuando se comparó con un hormigón sin fibras, se observó que el f’c congelado incrementó en un 18,63% después de una hora, un 11,12% después de 12 horas y un 18,54% después de 24 horas.

Pudieron observar grietas en prismas que habían sido sometidos a ciclos de congelación y descongelación. La inclusión de aire y PP reducía la probabilidad de desarrollo de fracturas hasta en un cuarenta por ciento en promedio. La combinación de 5.5 por ciento de A y 0.3 por ciento de F fue la que mejor funcionó, seguida de la combinación de 4.0 por ciento de A y 1.2 por ciento de F, que redujo el agrietamiento en un 61.51 por ciento y un 54.32 por ciento, respectivamente.

Isidro, G. (2017). El objetivo fue determinar las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con la inclusión de fibras de polipropileno (FPP) la metodología de investigación experimental, donde las conclusiones fueron: utilizó FPP de 19 milímetros en cantidades de 0.6, 1.20, 1.80, 2.40 kg/m³ de la cantidad de concreto total, el asentamiento del diseño patrón fue de 3" a 4" garantizando la trabajabilidad y una consistencia plástica adecuada, y de asentamientos promedio de 2.75", 1.99", 1.40" y 0.65" respectivamente a las dosificaciones anteriores, reduciendo considerablemente el asentamiento conforme se incrementa la proporción de la fibra, la capacidad media de "f'c" a los 28 días del diseño patrón y las adiciones es de 217.43 kg/cm², 195.89 kg/cm², 190.75 kg/cm², 192.41 kg/cm², 205.53 kg/cm² correspondientemente a las dosificaciones anteriores demostrando que disminuyen el "f'c". Aumentan la "fr", como muestran estos promedios: 32,24 kg / cm², 33,89 kg / cm², 35,06 kg/ cm², 37,64 kg/ cm² y 35,61 kg / cm². Esto significa que el diseño del patrón y las mejoras anteriores funcionan, y 1,80 kg / m³ es el mejor diseño.

Jalixto y Percca (2021). El Objetivo consistió en establecer el efecto de los filamentos de polipropileno sobre las características plásticas y mecánicas del hormigón $f'c=210$, 280 kg/cm² en Cusco durante el año 2021, metodología fue experimental.

Sus conclusiones para el diseño $f'c$ 210, el concreto se asentó 3.7", 3.1", 2.8 "y

2.4" en diferentes dosis de 0%, 0.10%, 0.20% y 0.30%. Esto demuestra que conforme se incrementa la proporción, disminuye la liquidación. El "f_c" a los 28 días fue de 214,40 kg / cm², 225,90 kg / cm², 236,30 kg/cm² y 243,40 kg / cm² con las dosis anteriores. La resistencia indirecta a la tracción a la misma cantidad de días dio un valor 15 kg / cm², 15,10 kg / cm² y 15 kg / cm².

Se observó que la resistencia compresiva y de tracción secundaria se aumentan agregando más hilos. Pero conforme incrementa la dosis de fibras, el slump disminuye. Entonces, para que sea más fácil trabajar con él, es mejor agregar agentes plastificantes.

Elorreaga y González (2018). El Objetivo consistió en establecer el efecto de las micro – fibras de polipropileno y la morfología del árido grueso sobre la capacidad a la fractura del hormigón en base cemento tipo GU, metodología de investigación experimental. Sus conclusiones de su trabajo con dosificaciones de 0, 3, 4, 6, 8 kg/m³ del volumen total de concreto, en las pastas de hormigón con áridos gruesos irregulares y tamaño nominal de tres cuartos de pulgada, aunque se observaba una relación entre el aumento de la cantidad de filamentos y el incremento de la resistencia a la fractura, no fue posible definir con precisión el nivel óptimo de tenacidad para este concreto. Como resultado, la tenacidad aumentó más cuando se mezclaron agregados gruesos a una dosis de 4 kg/m³. Esto fue de 504,50 Julios cuando la relación a/c era de 0,43, 440,04 Julios cuando la relación a/c era de 0,48 y 417,20 Julios cuando la relación a/c era de 0,55.

Carhuapoma (2018). El Objetivo consistió en evaluar la influencia de los filamentos de polipropileno al incorporarlos en hormigones de resistencias f_c= 210 y 280 kg/cm², fabricados con áridos provenientes de la cantera Cochamarca, la metodología de investigación experimental.

Su conclusión del análisis involucró diversas proporciones de macrofibras (0, 2,

5 y 9 kg/m³), además de la incorporación de microfibras (600 gr/m³) y filamentos metálicos (15 kg/m³) en mezclas de hormigón con resistencias compresivas de $f_c=210$ y 280 kg/cm². Para $f_c=210$ kg/cm², las resistencias compresivas medias a 28 días fueron 234,52, 253,73, 259,10, 262,73, 259,79 y 290,55 kg/cm², respectivamente, según las dosis mencionadas. En a $f_c=280$ kg/cm², se registraron valores de 382,88, 406,25, 433,89, 371,57, 395,57 y 416,92 kg/cm², correspondientemente, para las cantidades especificadas. Verificando que la adición de macro fibra con una densidad de 9 kg / m³ eleva la capacidad estándar de 210 kg/cm² en un 12,03%. Sin embargo, para el diseño de 280 kg/cm², la resistencia mejor se logra con una dosis de 5 kg / m³, lo que aumentó en un 13,32% en comparación con el diseño estándar.

3.1.3 A nivel regional y local

Huacho (2021). El **objetivo** fue determinar la mitigación de agrietamientos por contracción durante el estado plástico en losas rígidas, al incorporar filamentos de polipropileno, **metodología** de investigación científico, población 4 losas de concreto de 2.50x2.50x0.15m para e ensayo de fisuración por retracción en estado plástico, el espécimen que se utilizó es representativa de todo el conjunto.

Su **conclusión** fue que, en la provincia de Chalhahuacho, que esta una altitud de 3908 m.s.n.m., tiene un clima muy frio con temperaturas de -2°C a 5°C en épocas de lluvias y de 23°C en días calorosos, los material es que se utilizaron fueron piedra chancada de ¾” y material fino retenido en los tamices de 9.5mm y n°200, cemento Yura IP, agua de la zona, microfibras multifilares sika fiber-PE, se dosifico la fibras en cantidades de 0, 300, 600, 1200 gr/m³ de concreto, dando en el test patrón una longitud de fisura de 330 mm, y en la inclusión de fibra de 300 gr/m³ un tamaño de 33mm, y en

las dosificaciones de 600 y 1200 no hubo fisuramiento, determinando una notable reducción del fisuramiento por retracción en estado plástico, incluso llegando a cero la fisuración.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas con dosificación óptima del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

3.2.1.1 Procedimiento de fabricación de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ convencional.

Se siguió el procedimiento según la metodología ACI y de mínimos vacíos. Propiedades de los componentes constituyentes en las mezclas:

a. Caracterización de los agregados.

a.1. Agregados.

Se utilizó arena y áridos procedentes de la cantera de Murillo. El TMN de los áridos fue de una pulgada. Las especificaciones estándar para los áridos en el concreto se encuentran en la NTP 400.037, Los agregados son un conjunto de moléculas, ya sean naturales o artificiales, que podrían someterse a tratamiento o procesamiento. Deben tener dimensiones que se ajusten a los parámetros prescritos descritos en esta norma. Los agregados tienen la capacidad de convertirse en una amplia gama de bienes (NTP 400.037, 2018).

El tamiz de 9,5 mm (nº 3/8 pulg.) se utiliza para apartar los áridos finos de los gruesos, que incluyen el disgregado de forma natural o

artificial. Ya sean naturales, fabricados o cualquier mezcla de ambos, las partículas de este material deben estar limpias, tener un perfil a ser posible angular, ser duras, compactas y resistentes. Se requiere que esté desprovisto de proporciones peligrosas de polvo, grumos, fragmentos, láminas o suaves, esquistos, minerales solubles y materiales orgánicos, y se aconseja que tenga un módulo de finos en el orden de 2.3 a 3.1 (NTP 400.013, 2002).

El agregado grueso es cualquier partícula que pase a través de un tamiz con un tamaño de orificio de 4,75 milímetros (N° 4). La grava, ya sea natural o triturada, la piedra triturada o las partículas metálicas naturales o fabricadas pueden ser todas ellas posibilidades. La estabilidad química, ausencia de escamas, polvo, suciedad, limo, materia orgánica y sales son las características más importantes de las partículas. No más del 5% del árido debe permanecer en el tamiz de 1 1/2 pulgada y no más del 6% del material debe pasar el tamiz de 1/4 pulgada cuando se usa la granulometría seleccionada (NTP 400.013, 2002).

Tabla 2

Límites de sustancias perjudiciales en los agregados

Ensayos	Agregado Fino	Agregado Grueso
Partículas deleznales	3%	3%
Material más fino que malla N°200		
Concreto sujeto a abrasión	3% (a)	1%
Otros concretos	5% (a)	1%
Carbón y lignito	0.5%	0.5%
Abrasión		50%
Valor de impacto del agregado		30%
Desgaste con sulfato de sodio	10%	12%

Desgaste con sulfato de magnesio	15%	18%
----------------------------------	-----	-----

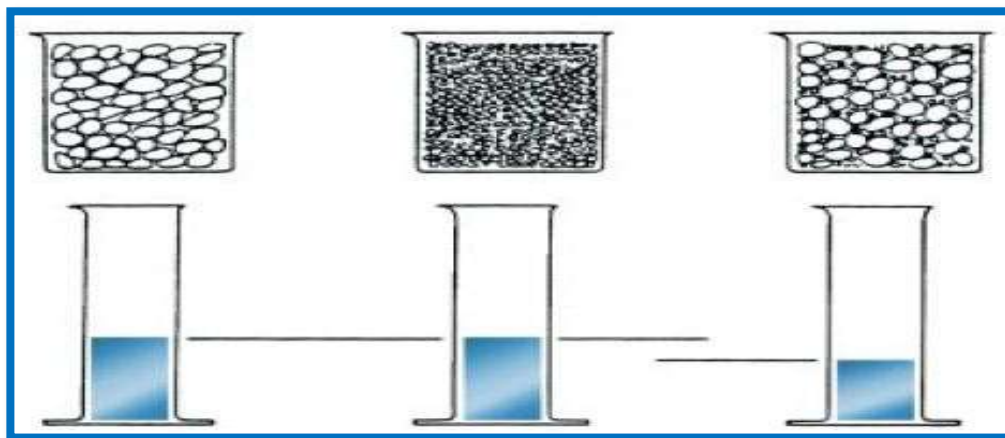
Nota. La tabla muestra los límites perjudiciales en los agregados cuando (a) para arenas producto de trituración, si el material carece de limos y arcillas, estos márgenes podrán elevarse a 5% y 7% correspondientemente, por la fuente: (NTP 400.037, 2018).

Al construir las mezclas, se consideran muchas propiedades agregadas esenciales, incluida la granulometría, detalles como la masa, densidad, absorción y nivel de humedad de la sustancia.

El "tamaño de partícula" de un material se puede encontrar a través de este tipo de investigación científica. Otros nombres para la granulometría incluyen "distribución del tamaño de molécula de árido". La consistencia del hormigón producido de una mezcla a otra puede verse afectada negativamente incluso por pequeñas diferencias en la granulometría. Las arenas y gravas más gruesas pueden crear mezclas que no son prácticas, y las arenas muy finas a menudo tampoco son económicas. Los mejores agregados, en la mayoría de los casos, son aquellos con una curva de categorización suave, lo que significa que no tienen un exceso o deficiencia importante de ningún tamaño. La razón es que la distribución del tamaño de estos agregados es más uniforme (NTP 400.012, 2013).

Figura 1

Teoría de la máxima densidad del agregado



Nota. Para volúmenes absolutos idénticos de agregados de tamaño uniforme, el nivel de líquido en los tubos de ensayo permanece constante, simbolizando los huecos. El contenido vacío se reduce cuando se mezclan partículas de varios tamaños, por la fuente: (ASTM C 128, 2001).

Tabla 3

Límites recomendables para granulometría del agregado fino.

Malla	% Que pasa
9.5 mm (3/8 ")	100
4.75 mm (No 4)	95 a 100
2.36 mm (No 8)	80 a 100
1.18 mm (No 16)	50 a 85
600 - μm (No 30)	25 a 60
300 - μm (No 50)	5 a 30
150 - μm (No 100)	0 a 10

Nota. El cuadro presenta los % que pasan en las

respectivas mallas de los tamices granulométrico del

árido fino, por la fuente: (NTP 400.037, 2018).

Tabla 4*Requisitos granulométricos del agregado grueso*

HUSO	TMN		Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados															
	mm	Pulg.	100	90	75	63	50	38	25	19	13	10	5	2	1	300		
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	µm
			4	3	3	2	2	1	1	3/4	1/2	3/8	N°	N°	N°	N°		
pulg	1/2		1/2		1/2						4	8	16	50				
1	90 a 37.5	3 1/2 a 1 1/2	100	90 a		25 a		0 a		0 a								
2	63 a 37.5	3 1/2 a 1 1/2		100		90 a	35	0 a		0 a								
						100	a	15		5								
3	50 a 25	2 a 1.				100	90	35 a	0 a		0 a							
							a	70	15		15							
						100												
357	50 a 4.75	2 a N° 4.				100	95		35		10		0 a					
							a		a		a		5					
						100		70		30								
4	37.5 a 19	1 1/2 a 1/4.				100	90 a	20	0 a		0 a							
							100	a	5		5							
								55										
467	37.5 a 4.75	1 1/2 a N° 4.				100	95 a		35 a		10		0 a					
							100		70		a		5					
											30							
5	25 a 9.5	1 a 1/2.						100	90	20 a	0 a	0 a						
								a	55	10	5							
								100										
56	25 a 9.5	1 a 3/8.						100	90	40 a	10	0 a	0 a					
								a	85	a	15	5						
								100		40								
57	25 a 4.75	1 a N° 4.						100	95		25		0 a	0 a				
								a		a		10	5					
								100		60								
6	19 a 9.5	3/4 a 3/8.							100	90 a	20	0 a	0 a					
										100	a	15	5					
											55							
67	19 a 4.75	3/4 a N° 4.							100	90 a		20	0 a	0 a				
										100	a	10	5					
											55							
7	12.5 a 4.75	1/2 a N° 4.								100	90	40	0 a	0 a				
											a	a	15	5				
											100	70						

8	9.5 a 2.36	3/8 a N° 8.	100	85 a	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 a 1.18	3/8 a N° 16.	100	90 a	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18	N° 4 a N° 16.	100	85 a 100	10 a	0 a 10	0 a 5	
								40

Nota. El cuadro presenta los % que pasan los tamices del agregado grueso, por la fuente: (NTP 400.037, 2018).

El TMN del árido grueso en hormigón armado no puede exceder 1/4 de la distancia mínima entre los márgenes del molde, 1/3 del alto de losa y 3/4 de la separación mínima libre entre las barras de refuerzo y/o alambres, haces de tendones o conductos, según el Reglamento Nacional de Edificación E-060. Estos son los tamaños nominales máximos aceptables para agregados gruesos.

Según NTP 400.017 (1999) los agregados tienen un peso unitario. Si sabe cuánto agregado necesitará para llenar un recipiente hasta su capacidad máxima, puede usar esa información para tener una buena idea del peso unitario del agregado. Esto puede considerarse como la cantidad de árida necesaria para llenar el contenedor. El volumen del que se habla aquí es el espacio que ocupa el árido, al igual que los intersticios presentes entre los fragmentos individuales del agregado. El árido que se suele utilizar en el concreto de peso estándar tiene un peso estimado que oscila entre 1200 y 1750 kilogramos por metro cúbico. La cantidad de espacio vacío entre las partículas tiene un impacto en la porción de pasta que se necesita para el diseño. El % de espacio vacío en los áridos gruesos puede oscilar entre el 30% y el 45% aproximadamente, mientras

que el porcentaje de espacio vacío en los áridos finos puede oscilar entre el 40% y el 50% aproximadamente.

La cantidad de vacíos aumenta cuando hay angulosidad, mientras que la cantidad de vacíos disminuye cuando hay tamaños del agregado bien graduado y mejora la granulometría.

Gravedad específica agregada (NTP 400.021, 2013) y coeficiente de absorción (NTP 400.022, 2013). El peso específico del árido grueso y la absorción del árido fino pueden establecerse mediante un método normalizado. La gravedad específica del agregado definida como el cociente entre su masa y la del H₂O. Esta propiedad es útil en algunos cálculos vinculados al control y diseños de mezcla. Densidades entre 2400-2900 kg/m³ son comunes para agregados pesados convencionales.

El porcentaje de humedad se determina promediando los valores según la NTP 339.185 (2021). Los especímenes de áridos se analizan para cuantificar su contenido total húmedo evaporable utilizando un procedimiento de prueba de secado estandarizado. Este método representa tanto el agua superficial como el agua absorbida, los dos componentes del contenido total de agua.

b. Cemento.

Para los experimentos actuales, utilizaremos Cemento Tipo IP, puesto que es de los cementos más ampliamente disponibles en la ciudad de Abancay. El cemento cumple con los criterios de desempeño de NTP 334.082 (2018) para cementos portland, según los requisitos.

c. Agua.

Según la NTP 339.088 (2014), del concreto especifica los requisitos de agua que deben cumplirse al preparar y curar el concreto. Usar agua para mezclar es una etapa crucial en la fabricación de hormigón de cemento hidráulico. Está prohibido por la normativa emplear líquidos como aguas ácidas, calcáreas, minerales o carbonatadas; efluentes de minas o relaves; desechos orgánicos o humus; o descargas de redes de alcantarillado, entre otros.

Diseño de mezclas según metodología ACI y de mínimos vacíos, mezclado, colocación y acabado:

a. Diseño de mezclas.

Las combinaciones se elaboraron utilizando el enfoque de Huecos Mínimos (Volúmenes Absolutos) y las pautas proporcionadas en el ACI 211.1 (1991). Las pruebas iniciales de laboratorio servirán de base tanto para el diseño como para el suministro de los materiales. Lograr mezclas con una consistencia aceptable dentro del rango de 10 ± 2.5 cm, según lo determinado por la prueba de templado ASTM C143 (s.f) será el objetivo principal de esta técnica. Además, será importante un $f'c$ de 210 kg / cm².

Para determinar el tamaño máximo de agregado y la sedimentación necesaria para el concreto de referencia, primero calcule la cuantía estimada de agua de amasado y aire atrapados en la pasta usando las tablas de (ACI211.1, 1991). Dividiendo el tamaño máximo de agregado por el asentamiento previsto, esto se puede lograr. Para encontrar la cantidad de agua a cemento que proporciona la capacidad de

diseño necesaria, use la misma tabla. Estos números permiten el cálculo de la cantidad a/c a la mezcla, así como la determinación del volumen absoluto de las cantidades de arena y grava.

El objetivo de hacer una pasta de concreto es encontrar la forma más útil y económica de combinar los diversos componentes para hacer que cumpla con las exigencias de rendimiento en los aspectos específicos de su uso. El término "objetivo de diseño" se refiere a esto (Dávila, 2010).

3.2.1.2 Las siguientes cualidades de una mezcla de concreto adecuadamente equilibrada deben estar presentes para lograr tal objetivo:

- En el hormigón fresco, tendrá una slump aceptable.
- En el hormigón seco, debe ser durable, resistente y con presentación uniforme.
- Económicamente viable.

La adición de fibras al concreto, incluso en cantidades muy modestas y de acuerdo con un programa de dosificación prescrito, da lugar a la producción de ventajas que están ausentes en el concreto tradicional. Los tipos de materiales, longitudes, anchos y geometrías que pueden tener las fibras son muy diversos. Los filamentos metálicos se pueden encontrar en una diversidad de formas de sección transversal, como secciones de media luna, ovaladas, rectangulares y circulares. Las fibras sintéticas, que a menudo están compuestas de nylon o polipropileno, pueden estar fibriladas de forma angular o contener un

único filamento liso y redondo. Las fibras sintéticas con fibrilación angular son más comunes (Dávila, 2010).

Es necesario contar primero con la forma de los áridos para poder realizar el diseño de la mezcla. Esto se debe a que los áridos son los que dan a la mezcla sus cualidades. La pasta con consistencias entre semiplásticas y dúas se produce con relaciones A / C inferiores a 0,4; a menos que se utilicen aditivos específicos, esta pasta es difícil de moldear en circunstancias normales. Mantener una relación A/C suficiente también es crucial, ya que la pasta con consistencias entre semiplástica y rígida se produce en relaciones A/C inferiores a 0,4. Sin embargo, el uso de pastas con relaciones A/C superiores a 0,8 en hormigón da como resultado la segregación y sangrado de las mezclas, ya que estas pastas no pueden crear suspensiones estables. Además, tienen una resistencia demasiado baja para fines estructurales (Dávila, 2010).

Proporcionamiento para concreto según ACI y por el método de mínimos vacíos.

a.1. Proporcionamiento de la mezcla con agregado.

Identifique las propiedades del agregado fino, incluida la textura de su superficie, el peso cuando está suelto y compactado, la densidad, el módulo de finura, la dimensión máxima de partícula, la tasa de absorción, contenido (humedad) y el tipo de cemento utilizado.

Paso 1: Cálculo de F'_{cr} (Resistencia promedio), está en función al F'_c

- A. Cuando tenemos la Desviación estándar.

$$F'_{cr} = F'_c + 1.33(S)$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33(S) - 35$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{prom})^2}{N-1} \right)}$$

X_i = Datos obtenidos de resistencia en testigos estándar.

X_{prom} = Promedio obtenido de resistencia en testigos estándar.

- B. En ausencia de datos históricos sobre la resistencia de especímenes de construcciones previas.

Tabla 5

F'cr sin registro de probetas anteriores

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c+70
210-350	F'c+84
>350	F'c+98

Nota. La tabla muestra valores que se deben adicionar cuando no se tiene el registro de probetas ensayadas anteriormente, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

- C. Considerando la supervisión de calidad en la construcción.

Tabla 6

F'cr tomando en cuenta el control de calidad en obra

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3F'c a 1.5F'c
210-350	1.2F'c

>350 1.1F'c

Nota. La tabla muestra factores cuando se aumentar según la calidad en obra, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

Luego, proseguimos con el paso 2:

Paso 2: Contenido de aire, según la tabla siguiente:

Tabla 7

Contenido de aire atrapado, ACI 211

Contenido de aire atrapado	
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Nota. La tabla muestra valores de aire que se deben considerar según el TMN del árido grueso para el diseño, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

Paso 3: Contenido de agua, según la tabla siguiente:

Tabla 8

Volumen unitario de agua, ACI 211.1

Volumen unitario de agua								
"	Agua en lt/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregados grueso y consistencia indicada							
	Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124

6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota. El cuadro presenta los valores de cantidad de agua en litros por m³ según el slump y si se incorpora aire o no para el diseño, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

Paso 4: Relación a/c (por F'cr), según la tabla siguiente:

Tabla 9

Relación agua/cemento por resistencia, ACI 211.1

Relación agua/cemento por resistencia		
f _c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Nota. La tabla muestra valores de la relación a/c según el diseño de concreto y si se incorpora aire o no para el diseño, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

En este caso no tenemos la resistencia de F'cr, se tiene que interpolar, para obtener la relación a/c:

Paso 5: Cantidad de cemento y factor cemento:

Obteniendo los anteriores valores se halla el factor cemento, y luego dividiéndolo entre su peso se halla las proporciones de bolsas de cemento.

Paso 6: Peso de agregado grueso, según la figura 5 siguiente:

Tabla 10

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto, ACI 211.1

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto				
Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino, {b/br}				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. El cuadro presenta datos sobre la masa del árido grueso por unidad volumétrica de hormigón, en función del TMN y el MF del árido fino para la dosificación, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

Peso a.g= (b/b0)xPeso u.s.c.

Se determina la conexión entre la imagen y su peso unitario seco de compactación, y luego se calcula el peso del árido grueso.

Paso 7: Volumen absoluto:

Cemento= peso total del cemento por m³ (kg)/ {1000*peso unitario del cemento (gr/cm³)}

agua = peso del agua requerido (kg)/100 (kg/m³)

aire = % de aire según diseño/100

vol. a. grueso = peso del árido grueso calculado (kg)/peso unitario del agregado grueso (kg/m³)

sumando todos los volúmenes anteriores = V1 (m³)

vol. a. fino = 1m³ - V1(m³) = V2 (m³)

Paso 8: Cálculo del peso del agregado fino:

- Peso a. fino = V2 (m³) x peso unitario del agregado fino (kg/m³) = Paf (kg)

Paso 9: Presentación en estado seco del diseño:

- Cemento = Pc (kg)
- Agregado fino = Paf (kg)
- Agregado grueso = Paf (kg)
- Agua = A (lt)

Paso 10: Calculando el peso del agregado con contenido de humedad

- Agregado con c/h = peso seco (w%/100+1)
- Agregado fino = Paf (w%/100+1)
- Agregado grueso = Pag (w%/100+1)

Paso 11: aporte de agua a la mezcla

- Agregado con aporte de agua = peso seco (%w-%abs)/100
- Agregado fino = Pafs (w%-abs%)/100
- Agregado fino = agua en agregado fino (lt)

- Agregado grueso= $P_{ags} (w\%-abs\%)/100$
- Agregado fino= agua en agregado grueso (lt)
- Se suman= agua en agregado fino + agua en agregado grueso=A2

Paso 12: agua efectiva:

- Agua=A (lt) - (A2) (lt)
- Agua= A3 (lt)

Paso 12: Proporciónamiento del diseño:

Tabla 11

Proporciónamiento del diseño

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
Pc (kg)	Paf (kg)	Pag (kg)	A3 (lt)
Pc/Pc	Paf/Pc	Pag/Pc	A3/Pc

Nota. Proporciónamiento de diseño en función a una unidad de cemento, por la fuente: (ACI211.1, 1991).

Ajustar los componentes basándose en los ensayos de combinaciones es esencial para establecer los volúmenes exactos requeridos en la elaboración de una amalgama que ofrezca manejabilidad ideal y se ciña a las especificaciones proyectadas. Este objetivo es alcanzable mediante el análisis de los datos obtenidos en las pruebas de mezcla preliminares.

b. Variables a considerar para determinar las propiedades.

Los factores examinados para la formulación de las mezclas en el diseño convencional no incluyeron la integración de fibra. Se elabora una mezcla, las cuales están compuestas por cemento Portland IP; grava

triturada de 1" de tamaño máximo, arena, agua. Se debe mantener la consistencia en los parámetros entre 100 ± 25 mm.

c. Concreto en estado plástico.

La trabajabilidad es una cualidad que existe del concreto antes de que haya podido fraguar. La trabajabilidad es una medida de cuán adecuado es un material para una aplicación en particular, así como su calidad y uniformidad después de que se haya solidificado. La consistencia, que cambia en función del volumen de líquido contenido en el hormigón, es el principal factor que determina su facilidad de aplicación (Dávila, 2010).

c.1. Asentamiento según la norma NTP 339.035.

Para determinar qué tan consistente es un concreto, el método más popular y ampliamente empleado es el test de slump cónico de Abrams. Este procedimiento está normalizado por la NTP 339.035 (2009). Proporcionando una herramienta de ensayo cómoda y precisa para detectar el slump del hormigón. El aparato de ensayo incluye una varilla metálica con una punta de forma semiesférica que mide 600 milímetros (24 pulgadas) y tiene un diámetro de 16 milímetros (5/8 pulgadas). El cono de asentamiento mide 300 milímetros (12 pulgadas) de altura y tiene un diámetro en la parte baja y superior de 200 milímetros (8 ") y 100 milímetros (4 pulgadas) respectivamente.

Antes de agregar tres capas casi idénticas de relleno, asegúrese de que el cono húmedo esté erguido sobre un área plana, fuerte y que no absorba. Por lo tanto, la primera capa del cono debe tener una

profundidad de 70 milímetros (dos pulgadas y media), la segunda capa debe tener una profundidad de 160 milímetros (seis pulgadas), y la última capa debe estar sobrellenada. Cada capa se golpea con un total de veinticinco golpes. Después de la compactación, se nivela la capa superior, y el cono se eleva suavemente unos 300 milímetros (12 pulgadas) en aproximadamente cinco segundos y medio.

Cuando el concreto ha alcanzado la altura deseada después de hundirse o asentarse, se da la vuelta al cono vacío y se ubica cuidadosamente cerca del hormigón. La distancia vertical a la que se ha hundido el concreto, medida con una precisión de 5 milímetros (1/4 de pulgada), se denomina asentamiento. Se utiliza una regla para realizar la tarea de medir la distancia desde el punto más alto del molde cónico hasta el centro inicialmente desplazado del concreto que se ha asentado. Puesto que el concreto pierde su manejabilidad con el paso del tiempo, la prueba completa, incluida la retirada del cono, debe realizarse en dos minutos y cincuenta segundos. En caso de que se produzca un desmoronamiento del concreto, deberá realizarse otro ensayo en otra sección del espécimen.

Figura 2

Ensayo de asentamiento



Nota. La imagen muestra la cuantificación de la consistencia del hormigón de referencia, fuente: elaboración propia.

c.2. Peso unitario según la norma NTP 339.046.

Se utiliza un estándar específico para el concreto, NTP 339.046 (2008) para establecerlo. La prueba de peso unitario es un tipo de análisis gravimétrico que puede proporcionar información sobre su consistencia, el rendimiento y aire atrapado.

El objeto se divide en tres capas de igual altura, cada una de las cuales contiene 25 trazos. Adicionalmente, se aplican entre 10 y 15 golpes laterales a cada capa utilizando un martillo de goma de 600 gr. La norma mencionada exige cumplir con las siguientes pautas: usar áridos con un TMN de 1 1/2 pulgadas, asegurarse de que las herramientas estén limpias y húmedas, revisar el peso de la olla en una báscula y registrar tanto el peso como el volumen. Después de verter concreto en el molde, se usa una regla de metal para asegurar una superficie nivelada, seguido

de una limpieza a fondo de todo el molde. A continuación, se miden el contenedor y el hormigón con una báscula electrónica.

$$\text{PUC (kg/m}^3\text{)} = \text{Peso del concreto (kg)}/\text{volumen de olla (m}^3\text{)}$$

Figura 3

Ensayo de peso unitario del concreto



Nota. La imagen ilustra la medición de la masa del recipiente junto con el hormigón diseñado para determinar la densidad aparente del concreto, fuente: Elaboración propia.

c.3. Contenido de aire según la norma NTP 339.080.

Se determinará utilizando el procedimiento de presión descrito en NTP 339.080 (2017). La presión se utiliza como medio para cuantificar la cantidad de aire atrapado en las pastas hidráulicas recién mezcladas durante una prueba de tipo. La ley de Boyle, que define la correlación entre volumen y presión, es la base del método de presión. La prueba se produce posteriormente a la verificación del peso unitario del hormigón.

Para comenzar, es necesario inspeccionar que el sello de la olla no presente contaminantes. A continuación, se debe fijar la cubierta utilizando todos los mecanismos de cierre. Después, hay que abrir ambas

llaves de cebado y verter agua en una (la equipada con el embudo receptor) hasta que fluya por la otra. Una vez completada la calibración, se cierran las llaves de cebado y se abre la de la cámara de presión, permitiendo que el aire ingrese al contenedor de medición. En este momento, el indicador de presión debería mostrar la cantidad de aire en la mezcla. Este hormigón no es apto para ser empleado en otras pruebas ni en la fabricación de especímenes de ensayo.

Figura 4

Ensayo de contenido de aire del concreto



Nota. La figura muestra la medición del contenido de aire del concreto patrón, fuente: Elaboración propia.

c.4. Temperatura según la norma NTP 339.184.

Adherirse a los métodos detallados en NTP 339.184 (2002) posibilita cuantificar la temperatura del hormigón antes de fraguar.

Específicamente, se trata de un protocolo estandarizado que permite estimar su temperatura. Verter como mínimo 7,5 cm de mezcla en todas las partes del sensor térmico para asegurar mediciones exactas del concreto recién mezclado. El proceso debe realizarse durante una duración mínima de 2,5 minutos, o hasta que la temperatura alcance un estado estacionario, y la precisión debe estar dentro de un rango de alrededor de 0,5 grados Celsius. El rango de temperatura es de -18 grados Celsius a 50 grados Celsius.

Figura 5

Temperatura del concreto



Nota. La figura muestra la medición de la t° del concreto de diseño patrón, fuente: Elaboración propia.

c.5. Potencial de fisuración según la norma ASTM C 227.

Esta prueba se desarrolló para medir con precisión el grado en que un elemento de superficie con limitaciones internas se agrieta debido a la contracción plástica en un entorno de alta velocidad de evaporación. Para hacer esto, la prueba se desarrollará de acuerdo con las pautas descritas en ASTM C 227 (s.f). Este método valora el potencial de dilatación

originado por la reacción química entre los componentes alcalinos y silíceos del aglutinante y los áridos.

Las dimensiones interiores del molde de prueba son 400 milímetros por 700 milímetros por 50 milímetros. Es importante señalar que esta geometría se utilizará para analizar no sólo la mezcla normal, sino también las mezclas a las que se han añadido fibras. Para provocar el agrietamiento en el centro de la losa, se instalarán en cada uno de los cuatro lados unas sujeciones consistentes en pernos roscados con una arandela en el extremo (Rojas, 2009).

Figura 6

Dispositivo de ensayo de potencial de fisuración



Nota. La figura muestra el molde, ventilador y reflectores para el ensayo del potencial de fisuración del concreto, fuente: Elaboración propia.

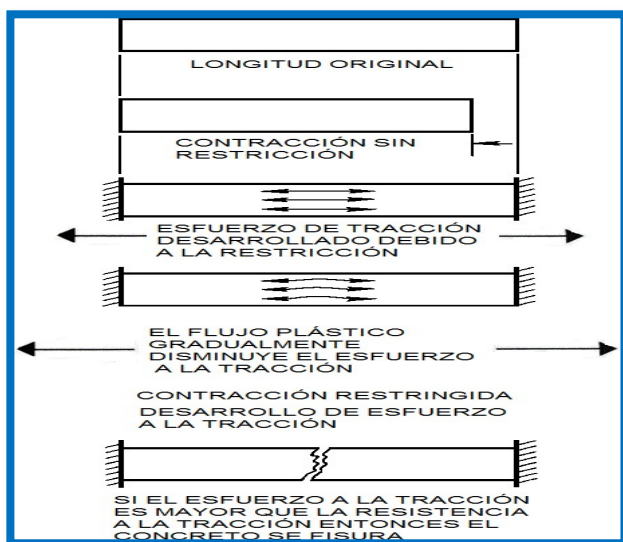
En la Figura 7 El mecanismo de agrietamiento se muestra a continuación; la primera figura representa una barra longitudinal de

concreto arbitraria, que contiene una cierta cantidad de humedad y que funciona a una temperatura determinada. Como puede verse en el segundo diagrama, la barra simplemente se contraerá y no producirá ninguna tensión si se deja secar o enfriar sin que se le aplique ningún tipo de restricción. Sin embargo, se formarán tensiones de tracción en la barra si se sujetan los extremos mientras se seca o se enfría de la manera que se ve en la figura. Esto mantendrá la barra en su longitud original. Esto casi da la impresión de que se le ha dado la oportunidad de contraerse libremente y luego se le ha devuelto a su longitud anterior. El propósito de las flechas es representar la cantidad de tensión de tracción que se ha aplicado a cada extremo. A medida que pasa el tiempo, la tensión se alivia progresivamente, al menos en cierto grado, como resultado del grado de fluencia (creep).

El flujo plástico tiene el potencial de aliviar la tensión hasta en un tercio en circunstancias severas (véase el siguiente croquis, donde se muestra la resistencia reducida). En el concreto de cualquier edad, si la tensión neta de tracción es mayor que la resistencia de tracción, el hormigón se fracturará y la tensión se liberará, como se ve en el diseño final. Esto es válido tanto para el hormigón sin fraguar como fraguado. Se trata de una ilustración sencilla, pero muestra cómo funciona el proceso independientemente del tamaño (Rojas, 2009).

Figura 7

Proceso del desarrollo de fisuras



Nota. La imagen ilustra la formación de grietas causadas por el aumento térmico del hormigón cuando aún está fresco, por la fuente: (Rojas, 2009).

El concreto se coloca en el aparato, y luego se compacta y se termina de manera que se reproduzca la técnica de colocación que luego tendrá en la obra real. En cada escenario, la T° del hormigón recién preparado se mantendrá dentro de un rango de 21 más o menos 2 grados centígrados. Una vez fundida la losa, la prueba comenzará no más de 15 minutos después de que el agua y el cemento hayan entrado en contacto (Rojas, 2009).

Figura 8

Dispositivo en funcionamiento del potencial de fisuración



Nota. La figura muestra el concreto patrón expuesto a calor y temperatura para la prueba de fisuración, fuente: Elaboración propia.

Una vez que se produzca el agrietamiento del plástico, se realizarán cálculos y procedimientos. La prueba tendrá un período máximo de dos horas, comenzando con la colocación del dispositivo en circunstancias climáticas que tengan el mayor nivel de evaporación. Se ejecutarán los siguientes procedimientos: Inicialmente, se reconoce toda el área dañada y se etiquetan claramente todas las fracturas detectadas (Figura 9) (Rojas, 2009).

Figura 9

Marcando y enumerando las fisuras para su cálculo



Nota. La figura muestra el marcado con marcador y conteo de las fisuras después de la prueba de fisuración, fuente: Elaboración propia.

Junto con eso, se utilizan un comparador de grietas, una lente de aumento y un microscopio para determinar el ancho de cada fractura registrada en la losa (Figura 10 y 11) (Rojas, 2009).

Figura 10

Comparador de grietas



Nota. Se muestra el comparador de grietas de Sika, fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Lupa de medición



Nota. La imagen muestra la lupa para ver con el comparador de grietas las fisuras, fuente: Elaboración propia.

El tercer paso implica usar una regla o flexómetro para rastrear el crecimiento longitudinal de cada grieta. (Figura 12) (Rojas, 2009).

Figura 12

Medición de fisuras



Nota. La figura muestra la medición de la longitud de la fisura después del ensayo de potencial de fisuración, fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se categoriza el ancho de las grietas halladas según la clasificación presentada en la Tabla 10 (Rojas, 2009).

Tabla 12*Clasificación por Ancho de Fisura.*

Peso	Ancho (mm)
1	0.05
2	0.10
3	0.15
4	0.20
5	0.25
6	0.30
7	0.35
8	0.40
9	0.45
10	0.50
11	0.80

Nota. La tabla indica el coeficiente de ponderación basado en la amplitud de las fisuras observadas durante la prueba de propensión al agrietamiento, por la fuente: (ASTM C 227, S.F).

Los pasos para determinar la media son los siguientes: calcule el peso total de todas las grietas multiplicando su grosor por su longitud medida en centímetros. El procedimiento para determinar el beneficio es el siguiente. El potencial de fractura de las losas se representa mediante la suma de todos los valores medios (Rojas, 2009).

$$\text{Potencial de fisuración} = \sum(\text{Peso} \times \text{Longitud total})$$

3.2.2 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades mecánicas con dosificación óptima del concreto de $f'c$ 210 kg/cm²

3.2.2.1 Resistencia a la compresión según la norma NTP 339.034.

Se aplicaron los métodos especificados en la NTP 339.034 (2015), para cuantificar la capacidad de resistencia compresiva del hormigón. La

evaluación de la fuerza compresiva se realizó en especímenes cilíndricos de concreto, siguiendo un método pormenorizado.

La norma establece la aplicación de una fuerza axial sobre muestras cilíndricas moldeadas o núcleos diamantinos extraídos, que es apropiada para hormigón con una gravedad específica superior a $800 \text{ kg} / \text{m}^3$. Esta norma es aplicable al hormigón cuya gravedad específica sea superior a $800 \text{ kg} / \text{m}^3$. En el aparato de prueba calibrado, habrá dos bloques de acero: uno que descansa sobre una rótula para acomodar el área superior del espécimen y el otro que descansa sobre un sólido bloque para soportar la muestra en sí. Además, la rótula de la máquina permitirá aceptar la superficie inferior del espécimen. Requiriendo un mínimo de un 3% donde las medidas de las superficies de los prismas exceden las dimensiones especificadas para los diámetros de las muestras antes de que puedan comenzar las pruebas.

Tabla 13

Máximo valor del diámetro del bloque y de la probeta de ensayo.

Diámetro de probeta de ensayo, mm	Máximo diámetro, mm
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Nota. La tabla presenta los límites superiores para el diámetro del prisma y el diámetro máximo permitido en el ensayo de “f’c”, por la fuente: (NTP 339.034, 2015).

Dentro de una tolerancia del 5% de la radio de la etiqueta, la superficie del tornillo debe coincidir con el centro del tornillo. Este es uno de los requisitos del contrato. No es posible realizar pruebas en una varilla hasta que su diámetro sea el 75% del diámetro de la muestra.

En el caso de que cualquier diámetro particular de un cilindro tenga una diferencia con respecto a cualquier otro diámetro del mismo cilindro que sea superior al 2 por ciento, no se permitirá el ensayo de las probetas. Al promediar dos diámetros que se miden en ángulo recto entre sí y muy cerca de la altura promedio de la muestra, se puede determinar el diámetro que se utilizará para el cálculo de la muestra de prueba con una precisión de 0,25 milímetros. Se toman mediciones de tres muestras diariamente o una cada 10 muestras para obtener el diámetro promedio. Cuántos cilindros separados se miden es lo que nos da el diámetro promedio.

Figura 13

Equipo para medir la resistencia a compresión, prensa hidráulica



Nota. La figura muestra la briqueta en la prensa hidráulica para medir su “F’c”, fuente: Elaboración propia.

Es esencial que las muestras se sometan a pruebas de compresión sin demora después de su evaluación en un ambiente húmedo.

Tabla 14

Tolerancias para el tiempo de fractura de probetas.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h o 2.1 %
3 d	± 2 h o 2.8 %
7 d	± 6 h o 3.6 %
28 d	± 20 h o 3 %
90 d	± 48 h o 2.2 %

Nota. El cuadro presenta los márgenes de tiempo permitidos, expresados en horas, para realizar la prueba de resistencia compresiva tras finalizar el proceso de curado, por la fuente: (NTP 339.034, 2015).

Verifique que las bases de la muestra con los bloques estén libres de cualquier partícula u otras cosas antes de poner la muestra en la prensa hidráulica. Además, asegúrese de que las bases estén alineadas y perpendiculares entre sí. Al colocar la carga, debe hacerse a una velocidad que sea igual o superior a una velocidad de deformación de 0.25 ± 0.05 MPa/s en el testigo. Como mínimo, la velocidad de movimiento prevista debe mantenerse a un nivel constante durante la penúltima mitad del período de carga previsto.

Después de calcular la carga más alta alcanzable, divídala por el área transversal media de los especímenes para obtener la resistencia compresiva. Al calcular, redondee la respuesta al 0.1 MPa más cercano. Para muestras con una relación longitud / diámetro de 1,75 o inferior, debe ser aplicado al resultado un factor correctivo de acuerdo con la siguiente tabla. Además, el factor correctivo se incluye en esta tabla.

Tabla 15

Factor de corrección para relaciones $L/D \leq 1.75$

L/D	1.75	1.5	1.2	1.00
		0	5	
Factor	0.98	0.9	0.9	0.87
		6	3	

Nota. El cuadro indica el ajuste necesario según la proporción entre el largo y el grosor del espécimen de prueba, por la fuente: (NTP 339.034, 2015).

Figura 14

Moldes metálicos para probetas, dimensiones de 15x30 cm



Nota. La figura muestra la fabricación de testigos de 15x30 con una relación de $L/D=2$, por lo que no hay corrección por esta relación, fuente: Elaboración propia.

Relación $L/D = 2$.

En los casos en que sea esencial identificar la sustancia, se siguen los pasos siguientes hasta un valor estimado de $10 \text{ kg} / \text{m}^3$:

$$D = \text{masa del espécimen (kg)} / \text{volumen del espécimen (m}^3\text{)}$$

La fluctuación prevista de la medición de resistencia de un cilindro a lo largo del tiempo cuando está hecho del mismo material de concreto y probado en un ambiente controlado viene dada por su coeficiente de variación de laboratorio. Se realizan las mismas pruebas de antigüedad en estos cilindros. Los valores de coeficiente de variación derivados del laboratorio dados aquí son válidos para “ $f'c$ ” que oscilan entre 15 y 55 MPa para tamaños de 150 x 300 mm y entre 17 y 32 MPa para cilindros de 100 x 200 mm.

Figura 15

Prueba de rotura de briquetas en prensa hidráulica

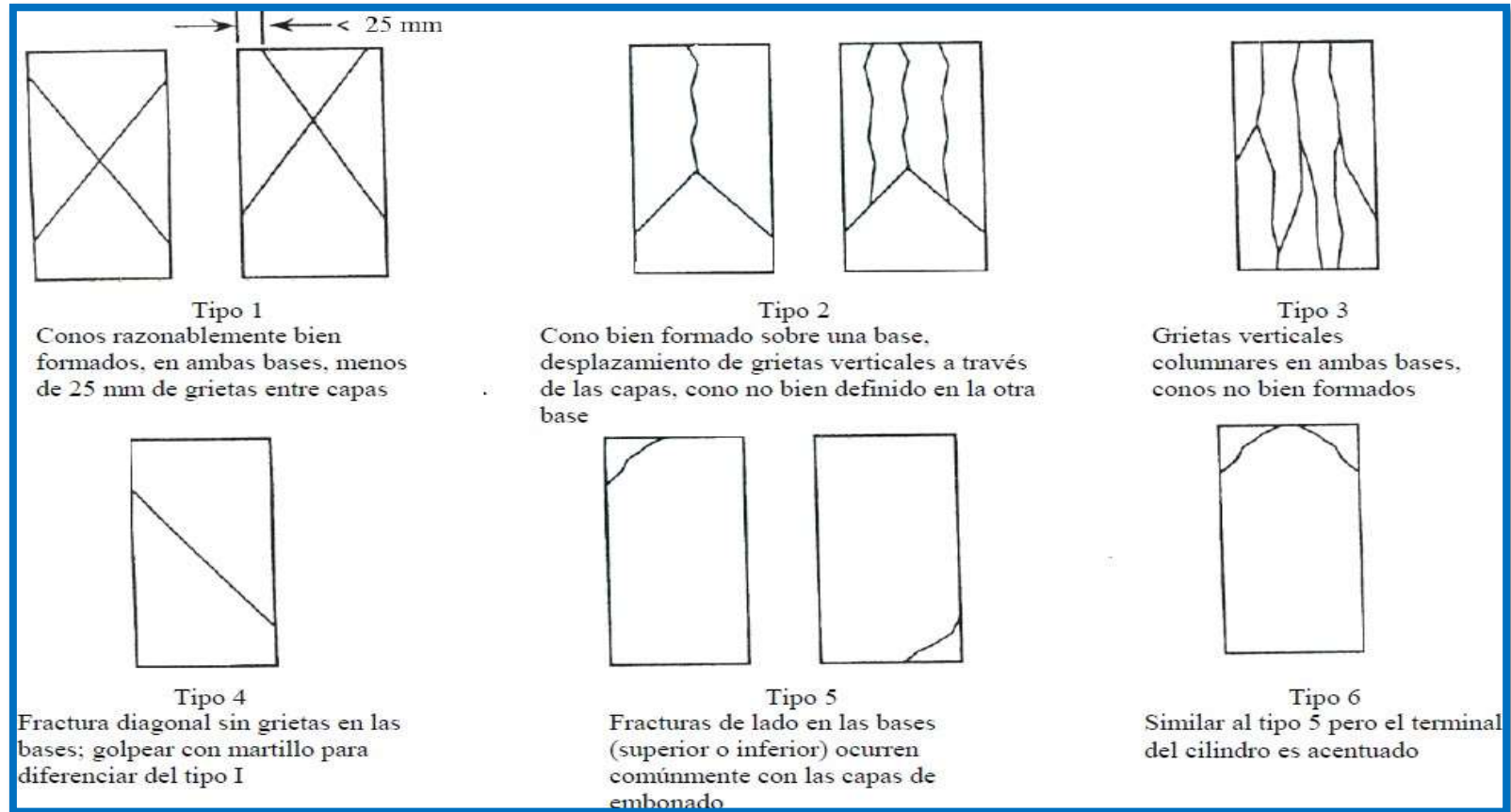


Nota. Colocación de la briqueta en la prensa hidráulica, fuente: Elaboración propia.

También es necesario examinar el modelo de ruptura de la muestra conforme a la ilustración adjunta.

Figura 16

Patrones de tipo de fractura de las briquetas de concreto NTP 339.034



Nota. La figura representa la influencia de la fibra de polipropileno en las características plásticas y mecánicas del concreto hidráulico, De la fuente: (Armas, 2016).

3.2.2.2 Resistencia a la flexión según la norma NTP 339.078.

Seguir el procedimiento descrito en la NTP 339.078 (2012) para concreto es esencial al realizar la prueba de la capacidad a flexión. Una forma de averiguar qué tan fuertes son las vigas de concreto y simplemente soportadas bajo flexión es aplicar cargas a un tercio del tramo.

Las vigas se prueban con este método aplicando una carga en sus puntos medios y manteniéndola allí hasta que se rompen. La ubicación de la falla es crucial para determinar el módulo de ruptura; no puede estar a más de tres cuartos del camino a través del tramo libre, y cualquier distancia más allá de eso no estará bien.

Están prohibidos los dispositivos de prueba manual que dependen de bombas que no pueden proporcionar una fuerza constante con una carrera de un solo pistón. Una carrera del pistón debe ser suficiente para finalizar el ensayo, ya sea utilizando una bomba manual de desplazamiento positivo o una bomba manual con un volumen suficiente para la evaluación. Sin contratiempos u otras interrupciones, la maquinaria debe poder aplicar los pesos de manera consistente.

Las pruebas de flexión en concreto necesitan aparatos que puedan mantener estables, dentro de un milímetro o menos, las longitudes de tramo prescritas y las separaciones entre placas de carga. Se mantendrá un espacio horizontal de una más o menos tres milésimas de metro, calculado en referencia a la profundidad del haz, entre aplicación de la carga y respuesta.

Específicamente, el dispositivo debe poder mantener inalterada, dentro de los 2 mm de error, la distancia entre las placas de carga y los soportes. La excentricidad solo se puede evitar si la carga se coloca perpendicular en la viga-cara superior. En la fase de prueba, las direcciones de las respuestas deben ser ortogonales a las direcciones de la fuerza aplicada. Sin provocar ningún tipo de colisión, el peso debe aumentarse gradualmente.

Figura 17

Moldes metálicos para vigas, dimensiones 15x15x45 cm



Nota. La figura muestra el molde de vigas curado que se utilizó con medidas de 15x15x45 cm, fuente: Elaboración propia.

La viga debe contar con una luz entre soportes del triple de su espesor, permitiendo una desviación máxima del 2%. Sus superficies superior e inferior, junto con los laterales, han de intersecarse generando ángulos de 90 grados. Todas las superficies deben ser lisas y carecer de cualquier cangrejera o desnivel.

Después de retirar la viga de la cámara húmeda, es importante realizar inmediatamente la prueba de flexión. La prueba real debe realizarse en un entorno húmedo, con la carga suministrada continuamente y sin impactos hasta que se rompa el componente de

prueba. Las vigas a menudo fallan cuando se someten a cargas suministradas a velocidades que oscilan entre (0,9 y 1,2) MPa/min, lo que aumenta gradualmente la resistencia extrema de las fibras. Mantén este ritmo hasta que algo salga mal. La relación de carga se puede calcular usando la fórmula dada:

$$r = \frac{Sb^2}{L}$$

Donde:

r: cociente de fuerza aplicada, expresado en N/min.

S: velocidad de aumento del esfuerzo máximo en la superficie tensionada, en MPa/min.

b: grosor medio del elemento estructural conforme a su posición de prueba, en mm.

d: elevación promedio del componente, según su orientación en el ensayo, en mm.

L: extensión del vano, medida en mm.

Al concluir el examen, es posible obtener las medidas del corte transversal del espécimen mediante la medición de uno de sus lados fracturados. Para cuantificar el “Mr”, se utilizarán estas dimensiones. En la probeta preparada para el ensayo, se miden la anchura y la profundidad. Se tomará una medida en cada borde de la sección transversal, así como una en el centro de la misma para cada dimensión. Tome tres medidas por dimensión: en ambos bordes y en el centro. Esto dará una aproximación del espesor medio, la elevación promedio y la posición de la grieta en la sección fracturada del

componente. Por favor, mida todo con gran precisión. Al determinar si una porción de la cara se ha fracturado, se medirá cuidadosamente el grosor de la capa.

Figura 18

Marcando la viga de 15x15x45 cm



Nota. La figura muestra el marcado antes del ensayo para identificar donde tendrá la falla dentro del tercio medio o fuera, fuente: Elaboración propia.

Para determinar el módulo de ruptura, podemos usar la ecuación siguiente si la falla es de ocurrencia en la sección media del tramo:

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Dónde:

Mr: Resistencia a la flexión, expresada en MPa.

P: Fuerza máxima que causa la ruptura, en N.

L: Distancia entre los soportes, medida en mm.

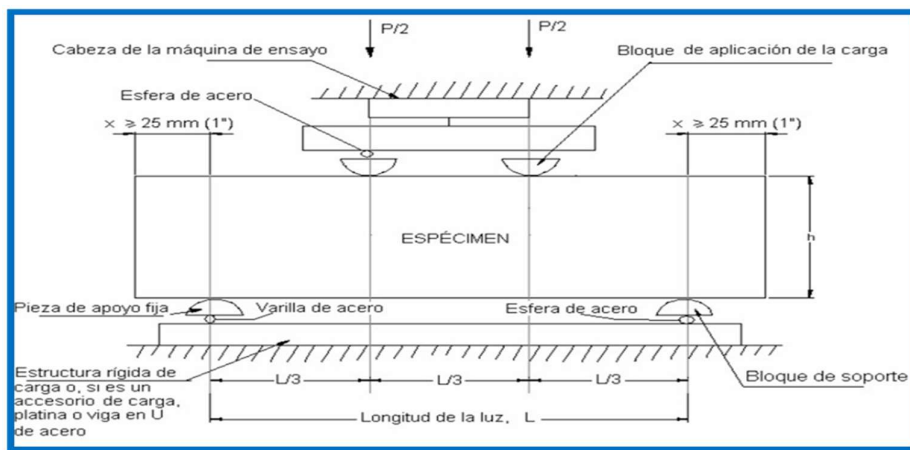
b: Grosor del elemento estructural, en mm.

h: Elevación del componente, en mm.

El peso de la viga no se considerará en el cálculo anterior.

Figura 19

Características de las dimensiones de la viga y su posición antes del ensayo



Nota. Este gráfico muestra la ubicación y las dimensiones de la viga antes de la aplicación de tensiones de carga. El enfoque convencional para medir la resistencia flexiva del hormigón implica cargar una viga básica a intervalos regulares a lo largo de su longitud, por la fuente: (NTP 339.078, 2012).

La siguiente ecuación se usará para calcular el módulo de ruptura en caso de que ocurra una falla más allá del tercio central, pero dentro de un rango de no más del 5 por ciento de la luz sin obstrucciones:

$$Mr = \frac{3P}{bh^2}$$

Donde:

a: Longitud media desde el trazo de ruptura hasta el soporte más cercano, medida sobre el eje central inferior de la cara del elemento estructural, expresada en mm.

En los cálculos previos, no se tendrá en cuenta la masa del componente.

Se considerará nulo el resultado del ensayo si la ruptura se produce fuera del tercio medio y excede el 5% de la distancia entre apoyos.

Se observó una correlación entre los niveles de resistencia de los haces y el coeficiente de varianza de los hallazgos del test. Esta relación se descubrió mediante la observación. Se ha establecido que un operador individual debe mantener un coeficiente de variación del 5,7%. En consecuencia, los hallazgos de las dos pruebas efectuadas por el mismo técnico en especímenes del mismo grupo no deberían diferir en más del 16%, siempre que los ensayos se ejecuten adecuadamente.

Se ha establecido que el coeficiente de variación es de 7 por ciento en el caso de numerosos laboratorios; por lo tanto, los resultados de dos exámenes realizados en la muestra de un solo lote no deben diferir en un margen superior al 19 por ciento.

Mientras no se reconozca un método definido para identificar la desviación, la Norma Técnica Peruana no establece la desviación para determinarla.

Figura 20

Preparación de las vigas con las dosificaciones correspondientes



Nota. El cuadro presenta la preparación de las vigas dentro del molde metálico, fuente: Elaboración propia.

Figura 21

Ensayo de la resistencia a flexión



Nota. La figura muestra la colocación de la viga según las marcas de medidas para el ensayo de resistencia a flexión, fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3 Procedimiento de fabricación de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

modificado.

Se siguió la metodología ACI y de mínimos vacíos. Propiedades de los materiales elementales de la mezcla.

Las características de los materiales se hicieron de la misma forma del capítulo 2.1.1.1. Solo se añadió fibras de poliéster a la mezcla de diseño, se añadió también los siguientes ítems:

a. Aditivo plastificante.

La investigación empleó un aditivo fluidificante denominado Sikacem 4 lt. Este componente se utilizó para restablecer la trabajabilidad disminuido por la adición de fibra de poliéster. Se ajusta a las normas ASTM C-494 (2004), específicamente tipos D y G. Estos son compuestos que se agregan inmediatamente antes o durante el proceso de mezcla.

La efectividad de un compuesto adicional (aditivo) está influenciada por diversos elementos, incluida su clasificación, fabricante, cantidad de material aglutinante, % de contenido de agua, morfología, dimensiones de las partículas, proporción de agregados, duración de la mezcla y temperatura del concreto.

b. Fibra de poliéster.

Este estudio utilizó poliéster, una fibra sintética que se incluye en la categoría de fibras sintéticas artificiales. El poliéster surge como producto de una investigación exhaustiva en las industrias petroquímica y textil. Una fibra sintética es aquella que se ha producido artificialmente y, por lo tanto, está limitada para su uso en entornos de laboratorio. Las fibras sintéticas que entran en esta

categoría incluyen acrílico, aramida, carbono, nailon, poliéster, polietileno y polipropileno.

La aleación de estos componentes produce la formación de una estructura tridimensional densa e intrincada dentro del hormigón. Esta estructura es fundamental para reducir la formación de grietas en las primeras 24 horas después de colocar el hormigón.

Tabla 16

Propiedades Físicas de Fibra de Poliéster.

Propiedad	Descripción
Material	Poliéster 100%
Diseño	Fibras plegadas y retorcidas
Diámetro	60.75 Micrones (+1/-1 Micrones)
Color	400 colores
Gravedad Específica	1,38 gr./ cm ³
Humedad	<1.5%
Área de Superficie Específica	47.77 m ² /Kg. / 233.23 ft ² /lb.
Punto de Fusión	250°C / 482 °F
Módulo de Elasticidad	8.3 GPA / 493.13 ksi
Tenacidad	8.6 cN/dtex / 860 MPa / 124.73 KSI
Resistencia a la Tensión	124.73 ksi (860 MPa)
Conductividad Térmica y Eléctrica	Baja
Elongación a la Ruptura	<17%
Absorción de Agua	Cero
Resistencia Química y Alcalina	Excelente
Longitud	12 mm (1.2 cm)

Nota. La tabla plasma las propiedades de la fibra de poliéster, por (Gacén, 1995), parámetros y propiedades de los productos fabricados con microfibras.

Figura 22

Fibra poliéster de 40/2



Nota. La figura muestra la dosificación por peso para incorporar a la mezcla de concreto, fuente: Elaboración propia, 2022.

Diseño de mezclas del concreto reforzado con fibras

Los procesos de fabricación y construcción son casi idénticos a los del hormigón normal. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado durante todos los procesos de mezcla, puesta en marcha y acabado del concreto para evitar la formación de bolas de fibra, la adición de agua al concreto ya vertido y las fibras visibles en la superficie del concreto. Todos estos problemas pueden evitarse prestando atención a los detalles (Dávila, 2010).

a. Diseño de mezclas.

El diseño de mezclas se hizo igual que el ítem 2.2.1.1.

Solo se añadió a la mezcla las cantidades de fibra de poliéster, y plastificante en caso sea necesario.

Para hacer mezclas de concreto con fibra de poliéster, seguimos la receta de la mezcla de concreto de referencia y no cambiamos nada más al respecto, excepto agregar la fibra. La cantidad de súper plastificante necesaria para alcanzar el asentamiento objetivo

de 10 más o menos 2,5 cm varía de una casa a otra y depende de las características específicas de la situación.

En total, se prepararon cinco combinaciones diferentes, incluido un grupo de control que no incluía fibra sintética y cuatro que sí contenían concentraciones variables de fibra sintética de poliéster 40/2. (0, 900, 1,200, 1,500, y 1.800 kg / m³).

3.2.3 Ensayos a realizar en estado fresco y endurecido con fibras

Será la misma forma que el ítem 2.2.2.

3.3 Definición de términos

Concreto: La industria de la construcción es un usuario importante de este material compuesto, incluido un aglutinante que se combina con agregados (a veces denominados "agregados"), agua y otros aditivos. Típicamente, el aglutinante consiste en cemento, generalmente cemento Portland, que se mezcla con una cantidad apropiada de agua para desencadenar un proceso de hidratación. La grava, los guijarros y la arena son ejemplos de agregados, que consisten en partículas de diferentes tamaños y se clasifican según su diámetro promedio (McCormac y Brown, 2011).

Concreto reforzado con fibras: La mezcla cementosa (partículas hidráulicas), el agua, los agregados, los aditivos y las fibras son los componentes típicos de la pasta con reforzamiento, un elemento multifásico. Los aspectos mecánicos y físicos de los sistemas compuestos están, en general, determinadas por las atribuciones mecánicas, físicas y químicas entre sus partes constituyentes, así como por las propiedades de esas partes en sí mismas (Dávila, 2010).

Ensayo de consistencia del concreto: La fluidez y movilidad relativas del concreto recién mezclado caracterizan su consistencia. El grupo es consciente de que

la mayoría de las personas usa la prueba de asentamiento para determinar qué tan consistente es el concreto. El ensayo de asentamiento es un ensayo cuasiestático en el que la muestra de hormigón sufre una deformación significativa debido a la reducción de su energía potencial. Esta prueba a veces se denomina prueba de deformación por sedimentación. Por lo tanto, no es adecuado para la creación de mezclas de hormigón fuertes. En cambio, solo es adecuado para el desarrollo de mezclas que necesitan poca fuerza para cambiar de forma y comenzar a fluir, como aquellas con una densidad semifluida y más allá (ACI116, 1990).

Ensayo de Contenido de aire del concreto: Siguiendo el proceso de presión descrito en NTP 339.080, se logra hallar el contenido de aire de la muestra. Material duro e inflexible. La cantidad de aire en las mezclas recién hechas puede determinarse midiendo su presión. Prueba hidráulica. La ley de Boyle, que establece una correlación directa entre presión y volumen, es la base del método de presión. Esta evaluación se lleva a cabo posteriormente a la evaluación del peso unitario del hormigón (NTP 339.080, 2011).

Ensayo de Peso unitario del concreto: También llamada gravedad específica se refiere al peso de una sustancia dada como proporción de su volumen total. Para averiguarlo, se debe calcular el cociente de la masa del objeto o una ración de producto dividido por el espacio que apropia para obtener la solución.

Se determina con las estipulaciones dadas por la NTP 339.046, que aborda específicamente el concreto. La metodología gravimétrica, también conocida como método de prueba de peso unitario, se utiliza para hallar el rendimiento, la densidad y el contenido de aire que posee el concreto (NTP 339.046, 2008).

Ensayo de Potencial de fisuración del concreto: Esta prueba está diseñada para determinar el grado en que un elemento de superficie restringido internamente

se agrieta debido a la contracción plástica en un entorno con una alta tasa de ebullición. Para alcanzar este propósito, la prueba se diseñará teniendo en cuenta las especificaciones descritas en la norma ASTM C 227. El grado en que la combinación cemento-agregado contiene álcali y sílice, dos sustancias químicas que podrían inducir la expansión, se evalúa mediante este criterio (Dávila, 2010).

Ensayo de Resistencia a compresión (f'_c): Ya mencionado, el hormigón se somete a la prueba del f'_c de acuerdo con NTP 339.034. Utilizamos un método detallado para medir el f'_c de los especímenes en evaluación de concreto que eran cilíndricas.

La norma se aplica al hormigón con una gravedad específica superior a 800 kg / m³. Implica someter cilindros moldeados o extracciones de diamante a una fuerza axial. Esto ocurre cuando la densidad del hormigón es mayor a 800 kg / m³. El aparato de prueba calibrado de dos bloques incluirá una junta esférica que soporta la parte superior de un bloque, que sujetará la muestra, mientras que el otro se colocará en un bloque sólido para que la muestra descansa. La máquina también tendrá una rótula, lo que le permitirá adaptarse a la extensión inferior del espécimen. De acuerdo con NTP 339.034, las muestras que se utilizarán para el análisis deben tener diámetros que sean un 3% más extensas que las superficies de los bloques (NTP 339.034, 2015).

Ensayo de Resistencia a flexión (f_r): Esta prueba debe realizarse utilizando los parámetros descritos en NTP 339.078 para concreto. Se puede utilizar un procedimiento de prueba, conocido como prueba de flexión de tres puntos, para determinar la f_r del hormigón y las vigas simplemente soportadas. Esto implica aplicar tensiones a un tercio de la envergadura de la viga.

Repetidamente, la viga se somete a tensión a una distancia igual a dos tercios

de su envergadura hasta que se rompe. La ubicación de la ruptura, dentro de un tercio del espacio libre o dentro del cinco por ciento del espacio libre, debe usarse para calcular el módulo de ruptura (NTP 339.078, 2012).

Ensayo de temperatura del concreto: Esta propiedad que alcanza el concreto recién mezclado debe establecerse de acuerdo con los parámetros descritos en NTP 339.184:2013. (Específicamente). Un procedimiento controlado para detectar la temperatura de mezclas de concreto. Para determinar con precisión esta propiedad en estado recién mezclado, es necesario rodear completamente el sensor de temperatura con un mínimo de 7,5 centímetros (3 pulgadas) de mezcla en todas las direcciones. La duración de esta tarea debe ser de un exiguo de 2,5 minutos, o que la temperatura alcance un estado estable, y la precisión debe estar dentro de los 0,5 grados Centígrados. La temperatura debe variar de -18°C a 50°C (NTP 339.184, 2002).

Fibra de poliéster: Existe una familia de fibras artificiales llamadas fibras sintéticas a las que pertenece. Los desarrollos en estas fibras provienen de estudios realizados por los sectores textil y petroquímico. Las telas hechas de materiales sintéticos entran en esta categoría. Los ejemplos incluyen acrílico, aramida, carbono, nailon, poliéster, polietileno y polipropileno, (Dávila, 2010).

Aspectos mecánicos del concreto: Son las características y atributos del hormigón endurecido, en las que influyen varios elementos como la calidad de los áridos y aditivos utilizados, el proceso de curado y la preparación del hormigón (Armas, 2016).

Propiedades plásticas del concreto: Las características y atributos del concreto recién mezclado están determinadas por los agregados y aditivos de alta calidad utilizados en su producción (Armas, 2016).

IV. Metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

Esta tesis aplica una investigación cuantitativa. Según Hernández (2014), indica:

Una serie de procedimientos secuenciales y probatorios que constituyen su enfoque cuantitativo. No podemos saltarnos pasos ya que todos son necesarios. La secuencia es estricta, pero ciertamente podemos repensar ciertos pasos si es necesario. La construcción de un marco o punto de vista teórico comienza con el refinamiento de un concepto, seguido de la descripción de los objetivos y preguntas del estudio, la revisión de la literatura y, finalmente, la investigación. Después de formular algunas preguntas, el siguiente paso es construir algunas hipótesis e identificar algunas variables. Luego, se crea un diseño para probar estas hipótesis. Finalmente, las variables se miden en un contexto determinado. Después de eso, los datos se evalúan estadísticamente y, finalmente, se forma un conjunto de conclusiones.

Utilizando lo que se sabe sobre ingeniería civil, los investigadores de este estudio diseñaron y ejecutaron pruebas de laboratorio en condiciones controladas con parámetros que se adhieren a los estándares de la industria. Luego calcularon y analizaron los resultados cuantitativos para ver si las hipótesis planteadas eran correctas.

Nivel o alcance de investigación

Esta tesis cumple con los criterios para ser clasificada como una investigación

descriptiva, correlacional y de nivel avanzado. Su objetivo es establecer los parámetros para el estudio, describir y establecer correlaciones, y proporcionar explicaciones basadas en los parámetros recibidos del experimento poblacional. Además, implica comparar estos parámetros con los resultados iniciales y finales.

El estudio es de naturaleza descriptiva, ya que su objetivo principal es proporcionar un relato detallado de diversos sucesos, entornos, contextos y eventos, explicando sus características y manifestaciones. Realizan mediciones, evaluaciones o recopilación de datos sobre diferentes ideas (variables), características, dimensiones o componentes de los fenómenos bajo investigación. Una investigación descriptiva implica la selección de una serie de temas, y la medición o recopilación de información sobre cada problema, con el propósito de describir con precisión el tema de investigación (Hernández et al., 2014).

Será descriptivo porque se describirá los fenómenos, situaciones, contextos y eventos, detallando como son y se manifiesten de las variables en estudio.

El estudio es correlacional ya que cuantifica el grado de vinculación entre muchas variables. Es decir, evalúan cada variable que se supone que está conectada y luego miden y evalúan la correlación. Estas relaciones están respaldadas por suposiciones verificadas (Hernández et al., 2014).

El estudio será correlacional ya que tiene como objetivo hallar el grado de relación entre dos variables antes y después de un determinado evento o condición. La asociación se cuantificará y examinará en función de las hipótesis investigadas, específicamente en relación con la presencia o ausencia de inclusión de fibra de poliéster.

Diseño de la investigación

Tipo de investigación cuasi experimental

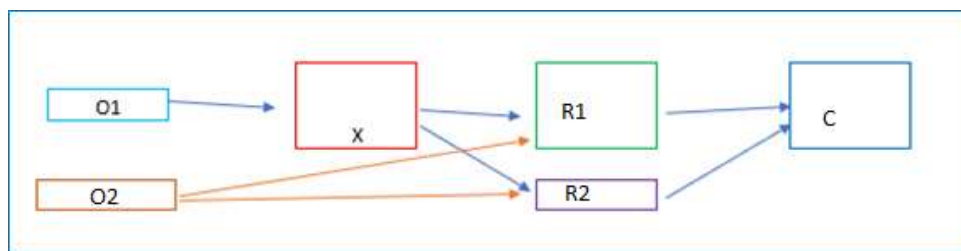
Un "cuasi experimento" es un tipo de diseño de investigación en el que los individuos o conjuntos que se disponen del estudio no se asignan al azar. Los diseños cuasi experimentales que se utilizan con mayor frecuencia se adhieren a una lógica similar, que implica comparar los conjuntos estudiados, de manera similar a los ensayos al azar. Ciertos modelos experimentales utilizan al mismo grupo de intervención como referencia, contrastando su estado inicial y final, y emplean análisis de secuencias temporales para cuantificar el efecto global del programa (Rossi, P.H Y Freeman, H.E, 1993).

Esta investigación es de tipo cuasi experimental, ya que los participantes no son seleccionados al azar, sino que son seleccionados por razones prácticas. El propósito del estudio es analizar el efecto de la incorporación de la fibra de poliéster sobre las características plásticas y mecánicas del hormigón. Los datos se recopilarán utilizando formatos de laboratorio convencionales y se someterán a procesamiento estadístico después de que los experimentos se lleven a cabo en un laboratorio especializado en pruebas mecánicas de suelos y concreto.

Para probar la hipótesis, la estrategia de estudio sugerida implica tomar cinco muestras, una sin fibras y cuatro con fibras—y ponerlas a prueba en un ambiente controlado para medir sus características plásticas y mecánicas.

Figura 23

Diseño de la investigación



Nota. La figura muestra el diseño de la investigación que se realizó, fuente: Elaboración Propia, 2019.

Donde:

X: Adición de fibra de poliéster en cantidades de 900, 1200, 1500, 1800 gr/m³ de concreto.

O1: Diseño de concreto con $f'c$: 210 kg/cm².

O2: Diseño de concreto con $f'c$: 210 kg/cm².

R1: Resultados de las propiedades plásticas.

R2: Resultados de las propiedades mecánicas en resistencia a compresión y flexión.

C: Conclusiones respecto a las propiedades plásticas y mecánicas.

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.2.1 Ámbito temporal

Todos los ensayos que componen esta tesis fueron escritos en 2020, y el desarrollo de los resultados y cálculos correspondientes y demás tramites en los años 2021 al 2024 por lo que ahí radica el límite cronológico.

4.2.2 Espacial

Los experimentos para ello se realizan en el laboratorio de Juegos, situado en el pasaje Montevideo M. D. Lote D n° 04. El barrio Américas se encuentra en la ciudad de Abancay, que se encuentra en Apurímac.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Grupo de elementos que cumplen con ciertos criterios establecidos (Hernández et al., 2014).

La población de estudio para esta tesis consistirá en patrones concretos a los

que se les agregará fibra de poliéster en dosis de 0α , $900 \pm$, $1200 \pm$, $1500 \pm$, y 1800 gr/m³ de hormigón. Los tamaños de población se establecieron de acuerdo con la Norma peruana, y se evaluaron los especímenes requeridos para las pruebas tanto en la fase de hormigón fresco como en la de hormigón endurecido.

Se tomó la decisión de evaluar solo concreto con $f'c$ $210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ en aras de facilitar la inclusión de la población. Este tipo de concreto se usa a menudo en partes estructurales como columnas, vigas y losas, y servirá como estándar para otras resistencias.

En aras de la facilidad, se tomó la decisión de eliminar poblaciones de hormigón con un $f'c$ distinta de 210 kg/cm^2 . Este tipo de concreto es ampliamente utilizado en el diseño de edificaciones, aceras y otros proyectos en la ciudad de Abancay.

La totalidad será 44 para el estado plástico, mientras que la población para las características mecánicas será de 120.

4.3.2 Muestra

En pocas palabras, la muestra representa una porción de toda la población. Cualquier colección de elementos que componen un conjunto más grande se denomina subconjunto, conocido como población, y están especificados por ciertas características (Hernández et al., 2014).

En muestras no probabilísticas, la selección de ítems no se basa en el azar, sino en factores relacionados con las propiedades de la investigación o del individuo que procesa el muestreo (Hernández et al., 2014).

Esta muestra no es probabilística porque es valiosa para aislar otras variables y determinar la relación causa-efecto más precisa. Sin embargo, no se puede generalizar a todos los tipos de hormigón con diferentes $f'c$ $210 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

endurecido							
Resistencia a la	7	4	4	4	4	4	20
compresión	14	4	4	4	4	4	20
	28	4	4	4	4	4	20
Resistencia a la	7	4	4	4	4	4	20
flexión	14	4	4	4	4	4	20
	28	4	4	4	4	4	20
Sumatoria total							120

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Recolección de 60 muestras para pruebas de $f'c$ y 60 muestras para pruebas de fr.

4.3.3 Muestreo

El muestreo es el procedimiento de seleccionar un conjunto de involucrados de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar el total de la población (Hernández et al., 2014).

Dado que la población y la muestra son estadísticamente indistinguibles, no se realizará el muestreo.

4.4 Instrumentos

Un investigador utiliza un recurso para documentar información o datos relacionados con las variables en consideración (Hernández et al., 2014).

Equipo necesario para la recopilación de datos de acuerdo con: MTC, ASTM, NTP y formatos estándar del Laboratorio de EMS para el proceso y diseño de mezclas.

- a. Instrumento de captura de datos relacionados con la trabajabilidad del concreto:

- Guía de recopilación de datos de asentamiento. MTC E 705 y ASTM C143. Procedimiento de evaluación para la prueba de cono Abrams de asentamiento de concreto.
- Guía de recopilación de datos de % de contenido aire. MTC E 706 y ASTM C33. Usando presión, se puede hallar el contenido de aire de las nuevas mezclas. Pruebas hidrostáticas.
- Guía de recopilación de datos de Temperatura. NTP 339.184:2013 y MTC E 1064. Procedimiento típico para verificar el tiempo de curado del concreto.
- Guía de recopilación de datos de Peso Unitario. MTC E 714 y ASTM C130. La técnica gravimétrica, que mide el contenido de aire, el rendimiento y la densidad, y los procedimientos de prueba para estas tres variables.
- Guía de recopilación de datos de Potencial de fisuración. ASTM C227. Analizar la mezcla de cemento y agregado para determinar la afinidad química y el potencial de expansión entre álcali y sílice.
- b. Guía de recopilación de datos de los aspectos mecánicas del concreto
 - Estructura de la prueba de compresión del núcleo de hormigón. Estas normas son MTC E 704 y ASTM C 39. Procedimiento para medir el f^c de muestras de hormigón en un cilindro.
 - Formato de ensayos de flexión de núcleos de hormigón. Hay 339.079 informes NTP. Técnica para probar el fr y vigas que solo se cargan hasta dos tercios de su luz.

4.5 Procedimientos

Consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos,

cualidades o variables de los participantes, casos, sucesos, comunidades u objetos involucrados en la investigación (Hernández et al., 2014).

Este proyecto de estudio se utilizó el enfoque de Observación Directa. Los datos recopilados se convirtieron en formularios estandarizados utilizados por el Laboratorio de EMS, procurando coincidir con las estipulaciones de las NTP o Internacionales ASTM.

- Elemento analizado: Muestras de hormigón.
- Analista: Científico o técnico especializado.
- Entorno del análisis: Instalaciones especializadas para pruebas de materiales de construcción.
- Herramientas de análisis: Sentidos y experiencia del analista, instrumentación técnica y documentación estandarizada para registro y análisis de información.
- Información obtenida: Hallazgos, interpretación, deducciones finales y sugerencias para futuras acciones o investigaciones.

4.6 Análisis de datos

Se desarrollaron las indagaciones utilizando la prueba t de Student.

Se aplica un análisis estadístico para determinar si la discrepancia entre los promedios de dos conjuntos es relevante. El signo " t " se usa para representar la noción de diferencia entre dos grupos. La hipótesis de investigación postula una discrepancia entre los grupos, mientras que la hipótesis nula no postula una discrepancia significativa entre los conjuntos. Los grupos pueden consistir en dos plantas comparadas en función de su producción, dos escuelas contrastadas en términos de sus resultados de prueba, dos clases de materiales de construcción

comparadas en función de su rendimiento, etc. La comparación se realiza sobre una variable que es teóricamente dependiente. Si hay varias variables, se realizarán múltiples pruebas t, y cada variable se analizará por separado. La construcción de los grupos puede estar impulsada por una variable independiente. Un ejemplo de un experimento de control involucra a dos grupos, donde un grupo está expuesto a los estímulos experimentales y el otro grupo no. Nivel de medición de la variable a comparar: Intervalos o ratios (Hernández et al., 2014).

La estrategia estadística empleada para evaluar la diferencia entre las medias de dos grupos fue la prueba t, según la metodología de student. Se utilizó la aplicación Excel para la prueba de hipótesis.

El gabinete estimó el diseño de mezclas para lograr una resistencia de 210 kg / cm². El laboratorio verificó este diseño estándar, sin adición de fibras, hasta lograr la resistencia deseada. El ingeniero consultor aprobó las mezclas estándar y autorizó más investigación. Las resistencias especificadas se prepararon con la adición de fibra de poliéster a densidades de 900, 1200, 1500 y 1800 gr / m³. Los materiales se seleccionaron y midieron cuidadosamente para crear muestras de concreto, que luego se probaron para evaluar propiedades específicas. Los datos recopilados durante estas pruebas se registraron utilizando formatos estándar dados por el laboratorio de EMS y de acuerdo con los requerimientos de NTP o ASTM.

4.7 Consideraciones éticas

Los Lineamientos de comportamiento ético en el ámbito investigativo de la Universidad Tecnológica de los Andes:

Se debe promover y desarrollar las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para incrementar el conocimiento universal, así también el

bienestar de la sociedad.

Use el efectivo asignado sabiamente para hacer el estudio.

La investigación debe cumplir con todos los estándares institucionales y regulatorios aplicables, que incluyen salvaguardas para prevenir daños a sujetos humanos, cuidado adecuado de sujetos animales y preservación de hábitats naturales.

Proporcionar a la comunidad científica informes transparentes, completos y oportunos de los hallazgos de la investigación.

Proporcione un relato lo más detallado posible de la ejecución de los experimentos, así como una selección de su trabajo, su metodología y su análisis.

Realizar esfuerzos razonables para aumentar la red de cooperación compartiendo técnicas de software, hallazgos y datos con otros estudios.

Mantener la integridad académica evitando copiar información como si fuera propio. Citando adecuadamente las investigaciones y resultados relevantes del trabajo.

En caso de evaluar manuscritos y solicitudes de financiamiento de otros investigadores, tratar a tales propuestas con confidencialidad y evitar el uso inapropiado.

Exponga los posibles conflictos de intereses que podrían ocurrir cuando el investigador asume los diversos puestos de autor, evaluador y asesor.

La investigación realizada aborda los problemas específicos de la región de estudio. Los datos fueron alterados con la máxima precisión e integridad, en función de los materiales descubiertos en el área. Esto asegura que el trabajo sea original y distinto, en lugar de una réplica de estudios comparables anteriores.

V. Resultados y discusión

5.1 Resultados

Los siguientes son los hallazgos de las pruebas de laboratorio.

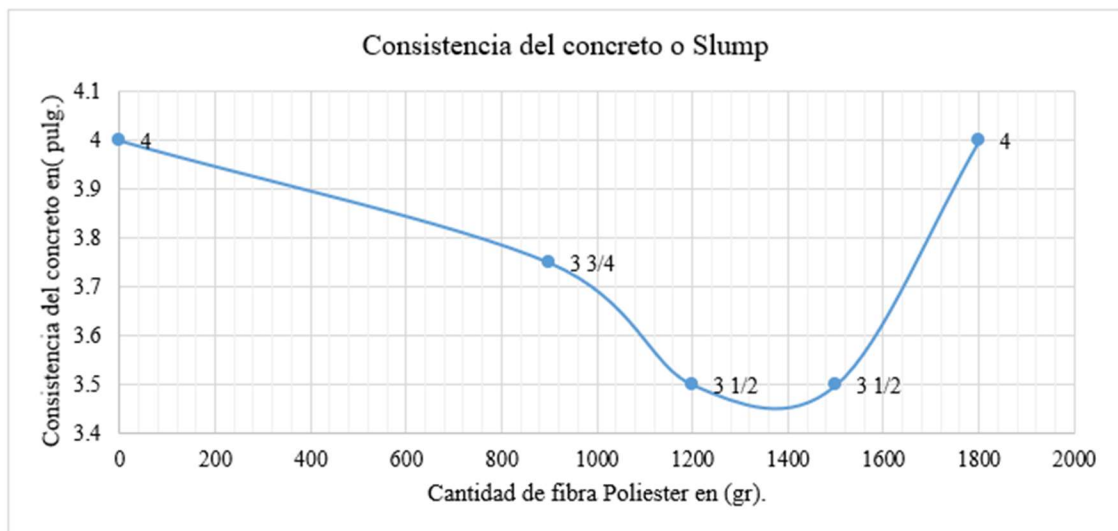
5.1.1 Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades plásticas

5.1.1.1. Consistencia.

Después de agregar fibra de poliéster 40/2 en dosis de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³ en consecuencia, la caída del diseño pasó de 4,00 pulgadas. en el patrón original de 210 kg/cm², mezcla hasta 3,25 pulgadas., 3,50 pulgadas., 12.5% en el nuevo diseño y 0.00% en el diseño anterior.

Figura 24

Resultados promedio de consistencia



Nota. El gráfico ilustra una correlación negativa entre la cantidad de fibra de poliéster añadida al hormigón y su sedimentación. Sin embargo, vale la pena señalar que las consistencias del concreto se mantienen dentro de rangos aceptables, fuente: Elaboración propia, 2022.

La nueva prueba de asentamiento del concreto se dispuso con las estipulaciones por la NTP 339.035 (2009), para concreto. Proceso para cuantificar el asentamiento de hormigón utilizando el cono Abrams.

Se hizo la observación de que la trabajabilidad de la pasta disminuye a medida que aumenta la dosis de fibra de poliéster, pero luego vuelve a su estado original. Varios factores influyen en la forma en que el material se deposita en el fondo, incluida la absorción de agua y la porosidad de los agregados, su contenido de agua, la mezcla de partículas finas y gruesas, y su forma y cualidades superficiales. Por lo tanto, es necesario incluir un superplastificante de acuerdo con la proporción de adición de fibra de poliéster.

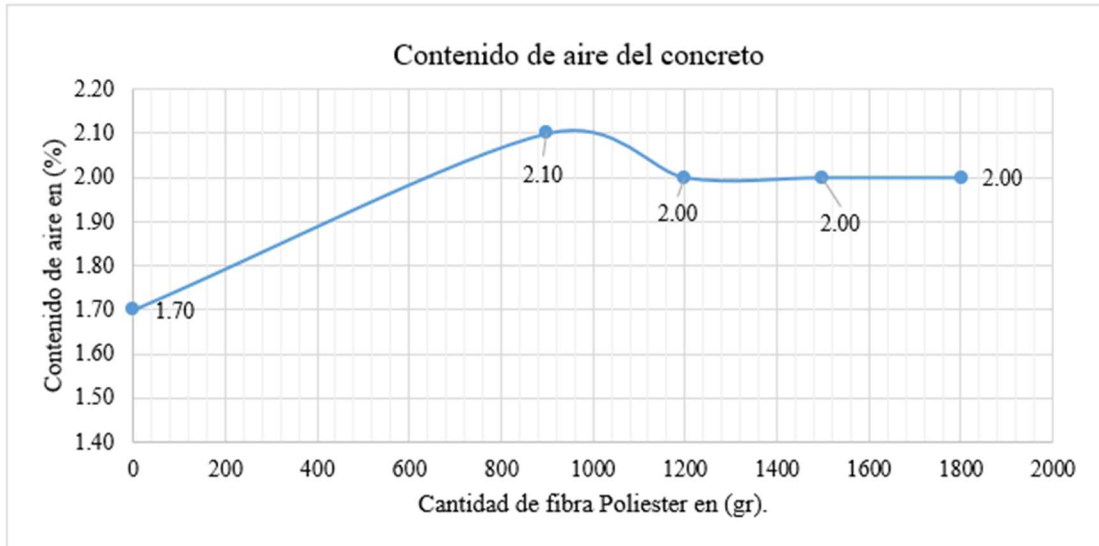
5.1.1.2. Contenido de aire.

La prueba de contenido de aire para el concreto nuevo se estimó de acuerdo con NTP 339.080 (2017). La técnica de presión se utiliza para establecer el contenido de aire. Prueba de presión hidráulica.

En la combinación de patrones original de 210 kg / cm², el contenido de aire era del 1,70%; sin embargo, al agregar fibra de poliéster 40/2 en cantidades de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³ de manera correspondiente, el contenido de aire aumentó al 2,00%, 23,53%, 17,65% y 17,65% del diseño, respectivamente.

Figura 25

Resultados promedio de contenido de aire



Nota. El gráfico ilustra que el contenido de aire del hormigón con fibras adicionales permanece relativamente constante en comparación con el hormigón ordinario sin fibras, fuente: Elaboración propia, 2022.

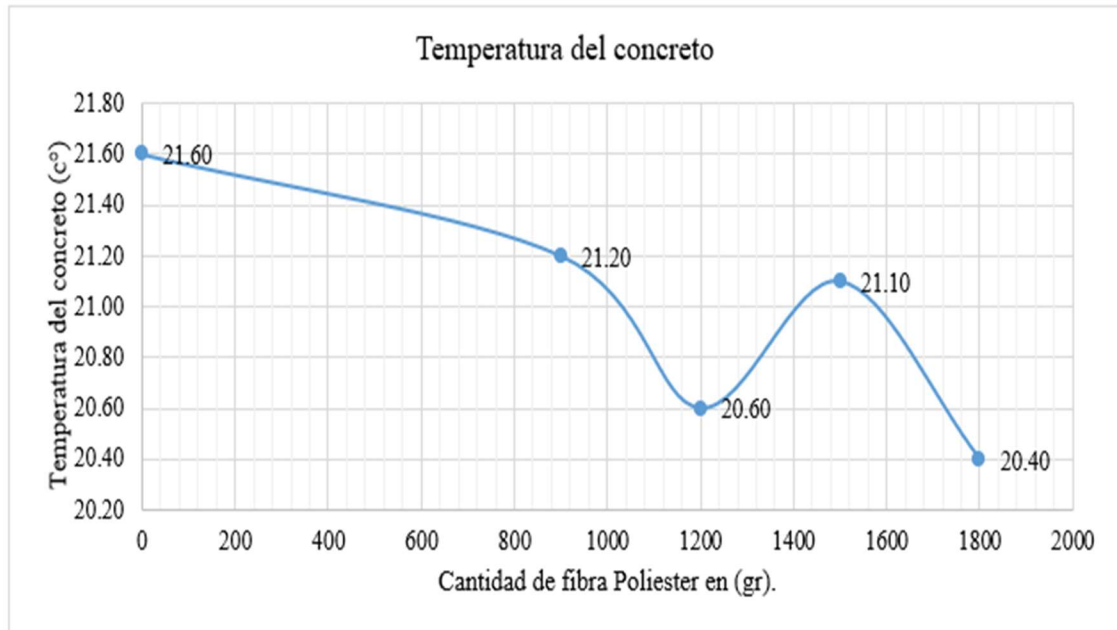
5.1.1.3. Temperatura.

Esta prueba cumplió con lo estipulado de acuerdo a lo descrito en NTP 339.184 (2002), Método para determinar de manera consistente esta propiedad.

La incorporación de fibra de poliéster 40/2 en la mezcla de hormigón a dosis de 900, 1200, 1500 y 1800 gr / m³ para el patrón de mezcla de diseño de 210 kg / cm² no tuvo ningún impacto en la temperatura del hormigón. Las temperaturas del hormigón resultantes oscilan entre 20,40 C ° y 21,60 C °.

Figura 26

Resultados promedio de temperatura del concreto



Nota. El gráfico ilustra que la adición de fibra de poliéster al hormigón tiene un impacto insignificante en la temperatura, sin una influencia importante en esta característica y dentro de los límites permisibles, fuente: Elaboración propia, 2022.

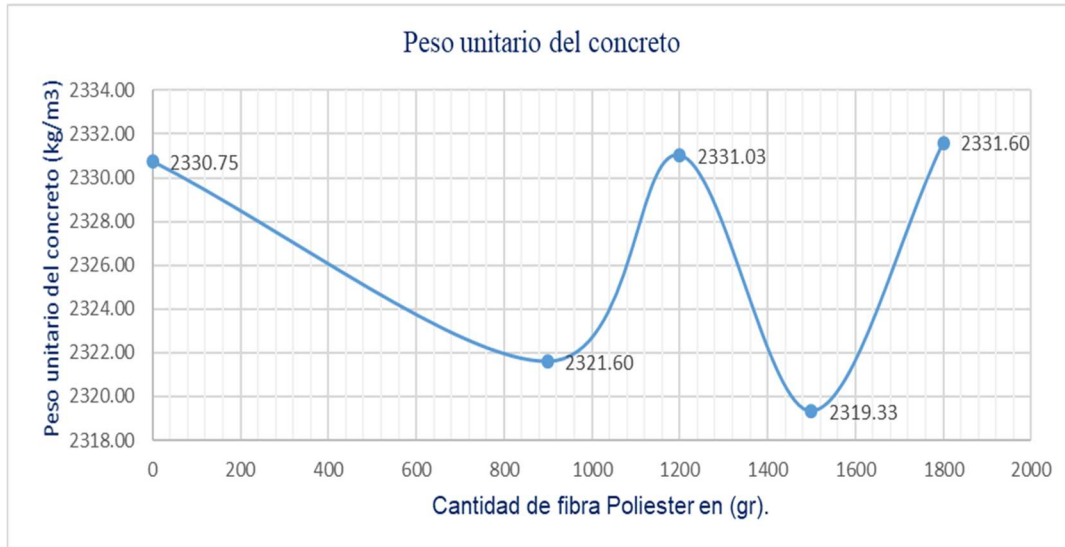
5.1.1.4. Peso unitario.

El mortero nuevo se sometió a una prueba de peso unitario con lo señalado por NTP 339.046 (2008). Método para describir experimentalmente el contenido de aire y la densidad del hormigón utilizando un aparato gravimétrico.

La inclusión de fibra de poliéster 40/2 en cantidades de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³ de hormigón tiene poco impacto en el peso unitario. El peso unitario solo fluctúa ligeramente, oscilando entre 2319,33 kg/m³ y 2331,60 kg/m³ según la dosis de fibra de poliéster.

Figura 27

Resultados promedio de peso unitario de concreto



Nota. El gráfico que representa el peso unitario promedio demuestra poca fluctuación cuando la fibra de poliestéreo se incorpora al concreto, manteniéndose dentro de los límites permisibles, fuente: Elaboración propia, 2022.

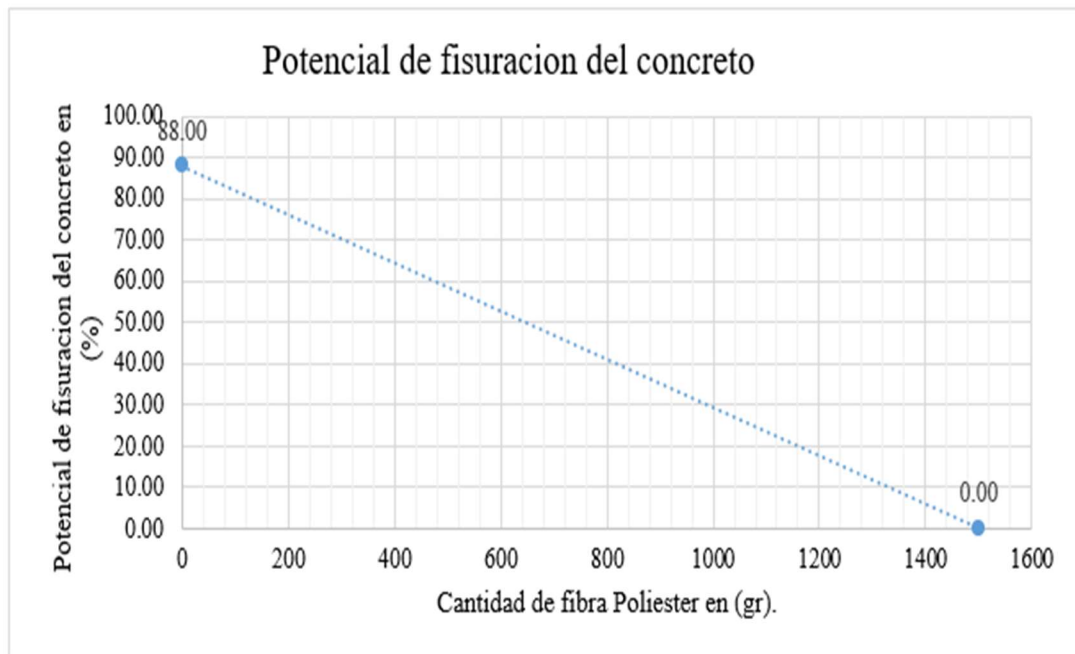
5.1.1.5. Potencial de fisuración.

Para determinar la probabilidad de agrietamiento por contracción plástica en mortero reforzado con fibra restringida, el experimento siguió las pautas estipuladas por la ASTM C 227 (s.f). Se usó un ambiente regulado con una temperatura interna constante de 30 grados Celsius para hallar tasas de ebullición iguales o superiores a 1,5 litros por metro cuadrado por hora. Para ello, se instalaron cuatro losas de hormigón en el túnel de viento. Esta cifra indica un peligro significativo de agrietamiento. Se ha descubierto que incorporar 1500 gr/m³ de fibra al hormigón, que es

la cantidad ideal para lograr la máxima $f'c$, reduce el agrietamiento en un 88% en contrastación con el hormigón normal sin fibra.

Figura 28

Resultados promedio del potencial de fisuración



Nota. El gráfico de potencial de agrietamiento plasma una disminución significativa del 88% cuando se agrega la dosis ideal de fibra de poliéster de 1500 gr/m^3 , lo que indica un impacto beneficioso sobre el concreto, fuente: Elaboración propia, 2022.

Plasma el diseño del túnel de viento que resultó en una disminución del 88% en las fracturas.

Figura 29

Prueba del túnel de viento del concreto



Nota. Prueba del túnel de viento del concreto para hallar el ensayo del potencial de fisuración, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 30

Marcación de las fisuras después del ensayo



Nota. Se marcó para luego medir las longitudes y espesor de fisuración para la clasificación de fisuras y su correspondiente cálculo, para determinar el potencial de fisuración, fuente: Elaboración propia, 2022.

Medición de las fisuras en largo y ancho con flexómetro y lupa.

Figura 31

Medición de las fisuras del concreto



Nota. Medición y clasificación de espesor de fisuras para el cálculo correspondiente de potencial de fisuración, fuente: Elaboración propia, 2022.

5.1.2. Efectos de la adición de fibra de poliéster 40/2 en las propiedades mecánicas

5.1.2.1. Resistencia a la compresión.

Los especímenes fabricados se sometieron a pruebas de $f'c$ con lo señalado por NTP 339.034 (2015). Enfoque de medición de $f'c$ de muestras de hormigón en forma cilíndrica.

Se examinaron veinte muestras de ensayo para el diseño de la mezcla de $210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ después de 7 días. Los resultados mostraron que agregar fibra de poliéster 40/2 al concreto en cantidades de 900, 1200, 1500 y $1800 \text{ gr} / \text{m}^3$ aumentó el $f'c$ en un 7,19, 16,96, 28,96 y 15,28% en comparación con la resistencia estándar real de $143,30 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 19

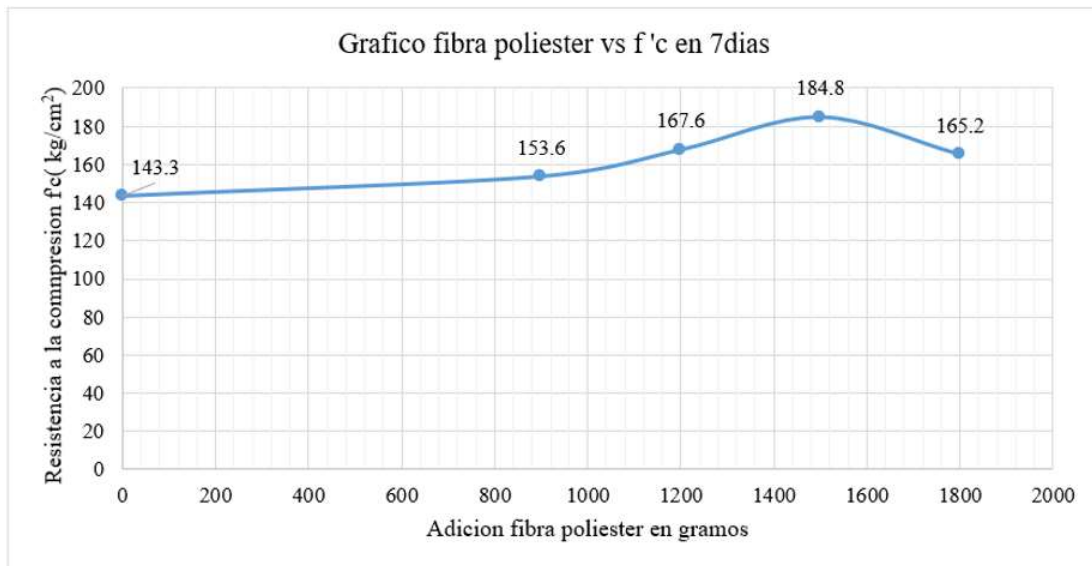
Resultados promedio a los 7 días de rotura del $f'c$

Dosis de fibra (gr/m^3)	$f'c$ en 7 días (kg/cm^2)	% Incremento de resistencia
0	143.3	0
900	153.6	7.19%
1200	167.6	16.96%
1500	184.8	28.96%
1800	165.2	15.28%

Nota. La tabla muestra un incremento al $f'c$ axial a los 7 días de ensayo, aumentando un 28.96% cuando la dosis es de $1500 \text{ gr}/\text{m}^3$, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 32

Gráfico de los resultados promedio a los 7 días de rotura del $f'c$



Nota. El gráfico muestra que en función que se añade más porción de fibra poliéster al diseño a los 7 días de prueba, aumenta el $f'c$ axial hasta $184.80 \text{ kg}/\text{cm}^2$ cuando la dosificación es de $1500 \text{ gr}/\text{m}^3$, fuente: Elaboración propia, 2022.

En el experimento, se usaron 20 muestras de prueba para probar un diseño de mezcla con una presión de $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Las probetas se realizaron con concreto y diferentes cantidades de fibra de poliéster 40/2

(900, 1200, 1500 y 1800 gr / m³). Después de 14 días, se observó que la adición de la fibra daba como resultado un aumento del $f'c$. Los aumentos fueron de 5,01%, 16,88%, 24,49% y 20,78%, respectivamente, en comparación con la resistencia estándar de 161,70 kg/cm².

Tabla 20

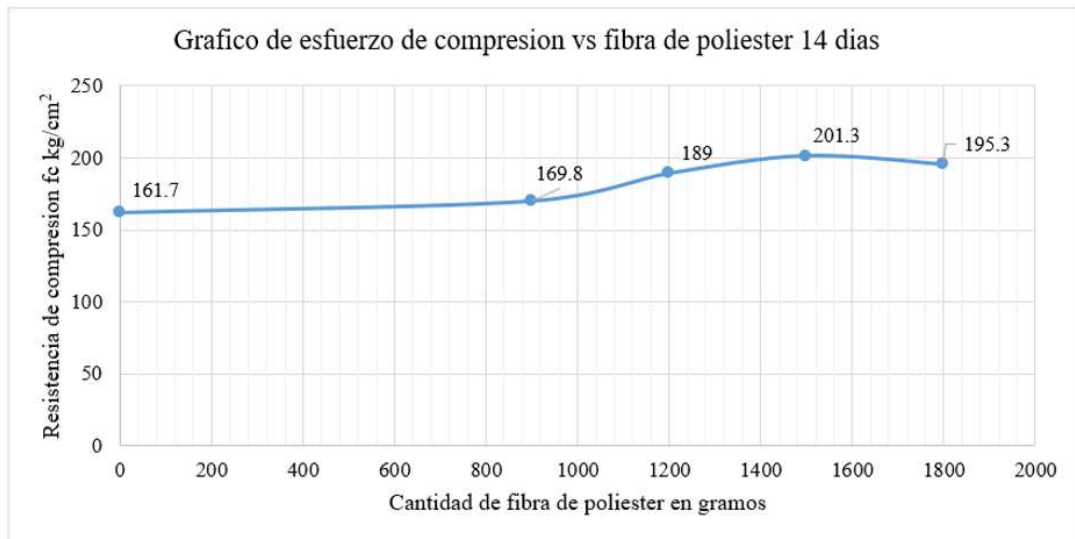
Resultados promedio a los 14 días de rotura del $f'c$

Dosis de fibra (gr/m ³)	$f'c$ en 14 días	% Incremento de resistencia
0	161.7	0
900	169.8	5.01%
1200	189	16.88%
1500	201.3	24.49%
1800	195.3	20.78%

Nota. La tabla muestra los incrementos en % del $f'c$ axial a los 14 días, aumentando hasta un 24.49% de la dosis de fibra de poliéster es de 1500 gr/m³, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 33

Gráfico de los resultados promedio a los 14 días rotura del $f'c$



Nota. El gráfico muestra un incremento del $f'c$ de los 14 días de prueba, aumentando hasta 201.30 kg/cm² cuando la dosificación de fibra de poliéster es de 1500 gr/m³, Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se examinaron veinte muestras de ensayo para el diseño de la mezcla de 210 kg / cm² después de 28 días. Los resultados plasmaron que el f'c aumentó en un 5,23%, 8,84%, 12,24% y 4,01%, respectivamente, en comparación con la resistencia estándar real de 196,90 kg/cm². Las cantidades de fibra de poliéster 40/2 añadidas al hormigón fueron de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³.

Tabla 21

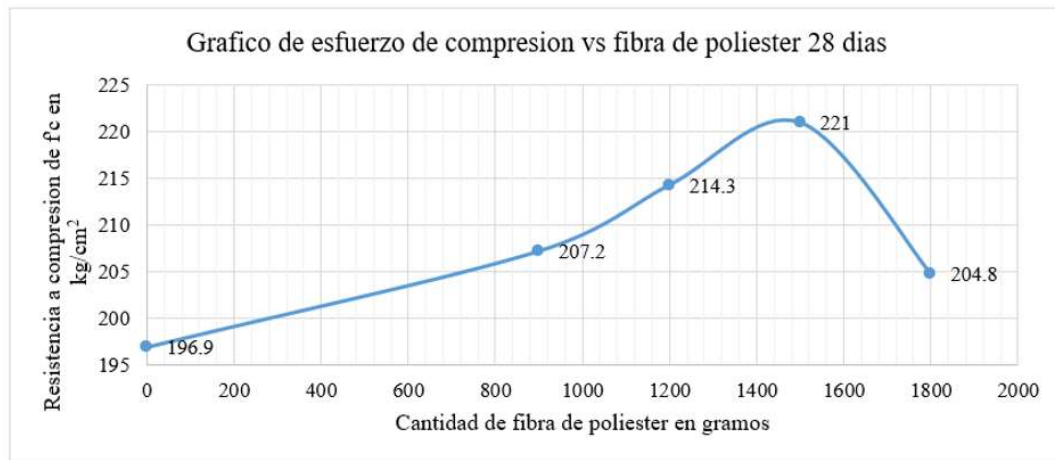
Resultados promedio a los 28 días de rotura del f'c

Dosis de fibra (gr/m ³)	f'c (kg/cm ²) en	
	28 días	% Incremento de resistencia
0	196.9	0
900	207.2	5.23%
1200	214.3	8.84%
1500	221	12.24%
1800	204.8	4.01%

Nota. Se evidencia una progresión ascendente de f'c tras un período de 28 días desde la elaboración de las muestras. Se observa un aumento significativo en la capacidad de resistencia del material, alcanzando una mejora porcentual del 12,24% en comparación con el diseño de referencia. Este incremento se manifiesta específicamente cuando se emplea una proporción de mezcla de 1500 kg/m³ en la formulación del compuesto, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 34

Gráfico de los resultados promedio a los 28 días de rotura del f'c



Nota. El gráfico muestra un incremento en el f'c axial a los 28 días de prueba, llegando hasta 221 kg/cm² con la dosificación de fibra de poliéster de 1500 gr/m³, fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 22

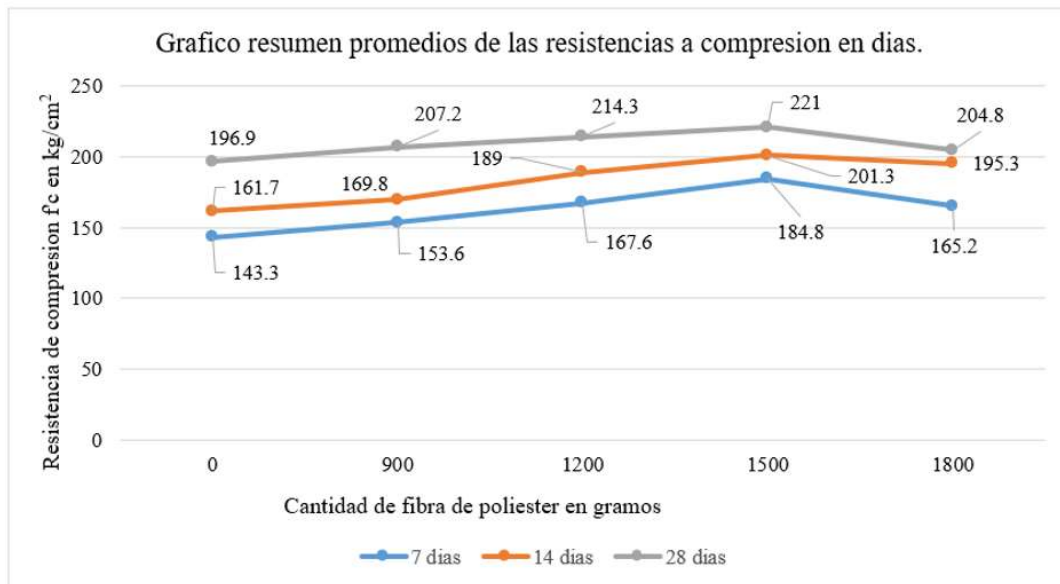
Resumen de resultados a compresión a los 7, 14, 28 días

Edad/ cantidad fibra (gr)	0	900	1200	1500	1800
<i>7 días</i>	143.3	153.6	167.6	184.8	165.2
<i>14 días</i>	161.7	169.8	189	201.3	195.3
<i>28 días</i>	196.9	207.2	214.3	221	204.8

Nota. Se evidencia un fortalecimiento gradual con la inclusión de fibra, concluyendo que la mezcla más favorable utiliza 1500 gr/m³ de fibra de poliéster, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 35

Gráfico resumen de resultados de $f'c$ a los 7, 14, 28 días



Nota. Se plasma que la dosificación óptima a los 7, 14, 28 días es de 1500 gr/m³ de fibra de poliéster, fuente: Elaboración propia, 2022.

5.1.2.2. Resistencia a la flexión (fr).

De acuerdo con la norma de hormigón NTP 339.078 (2012), se realizó el ensayo para el fr en las muestras fabricadas. Este procedimiento de resistencia, cuando se carga uniformemente en un tercio del tramo, puede determinarse utilizando un método de prueba específico.

Los resultados mostraron que el módulo de fractura por cargas flexionadas del concreto del patrón es comparable al 18% del $f'c$ del diseño de mezcla de 210 kg / cm².

Cuando se agregan 1800 gramos de fibra de poliéster por metro cúbico de concreto, el módulo de rotura por flexión del concreto aumenta en aproximadamente un 6,45% después de 7 días.

Tabla 23

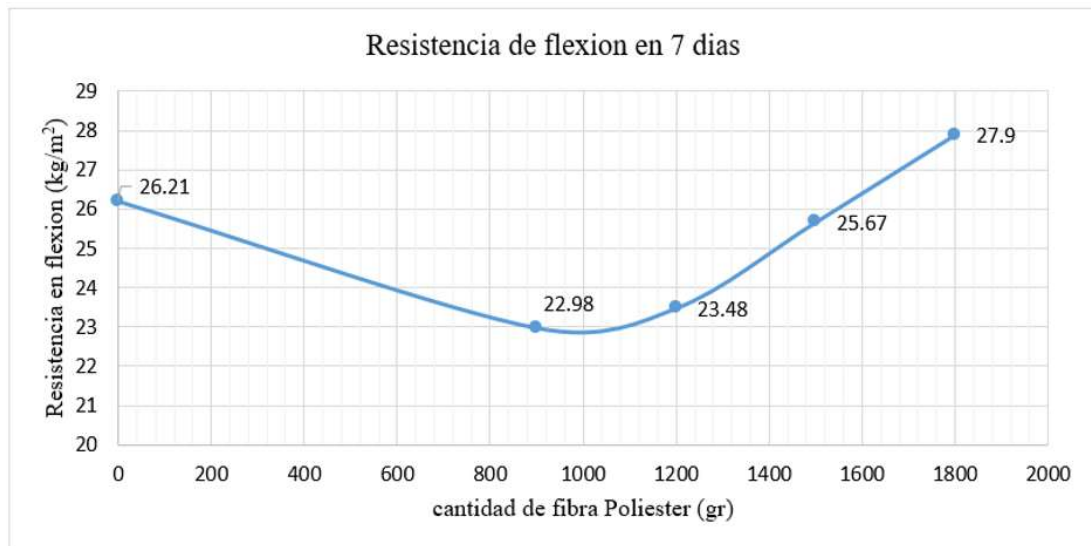
Resultados promedio a los 7 días de fr

Cantidad de fibra	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	incremento %
0	26.21	0
900	22.98	-12.32%
1200	23.48	-10.42%
1500	25.67	-2.06%
1800	27.9	6.45%

Nota. La indica el porcentaje de aumento en la durabilidad tras una semana de ensayo, revelando una disminución de la fortaleza al agregar fibras hasta 1500 gr/m³, y un incremento del 6.45% solo cuando se alcanza una concentración de 1800 gr/m³, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 36

Gráfico de fr promedio a los 7 días



Nota. El gráfico muestra las medias de fr a los 7 días de experimentación, revelando un incremento solamente con una cantidad de fibra de 1800 gr/m³, logrando 27.90 kg/cm², fuente: Elaboración propia, 2022.

Con una cantidad de fibra de poliéster igual a 1800 gr/m³ de hormigón, el fr aumenta alrededor de un 1,26% después de 14 días de rotura.

Tabla 24

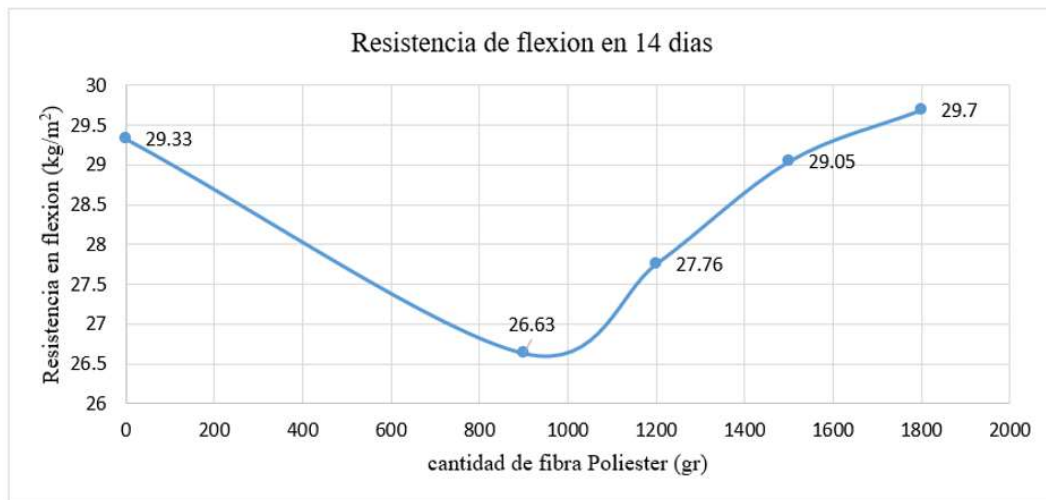
Resultados a los 14 días de fr

Cantidad de fibra	Resistencia flexión (kg/cm ²)	incremento %
0	29.33	0
900	26.63	-9.21%
1200	27.76	-5.35%
1500	29.05	-0.95%
1800	29.7	1.26%

Nota. Se plasma el % de incremento de fr promedio, hay un % de pérdida de fr hasta una dosificación de 1500 gr/m³, aumenta recién con la dosificación de 1800 gr/m³ de fibra en un 1.26% a los 14 días de prueba, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 37

Gráfico de fr promedio a los 14 días



Nota. El gráfico muestra la pérdida de fr hasta una dosis de 1500 gr/m³ de fibra, aumenta recién a 1800 gr/m³ a 29.70 kg/cm² a los 14 días, fuente: Elaboración propia, 2022.

Con 1800 gr/m³ de dosis de fibra de poliéster, el fr disminuye en alrededor de un 9,59 por ciento después de 28 días de rotura.

Tabla 25

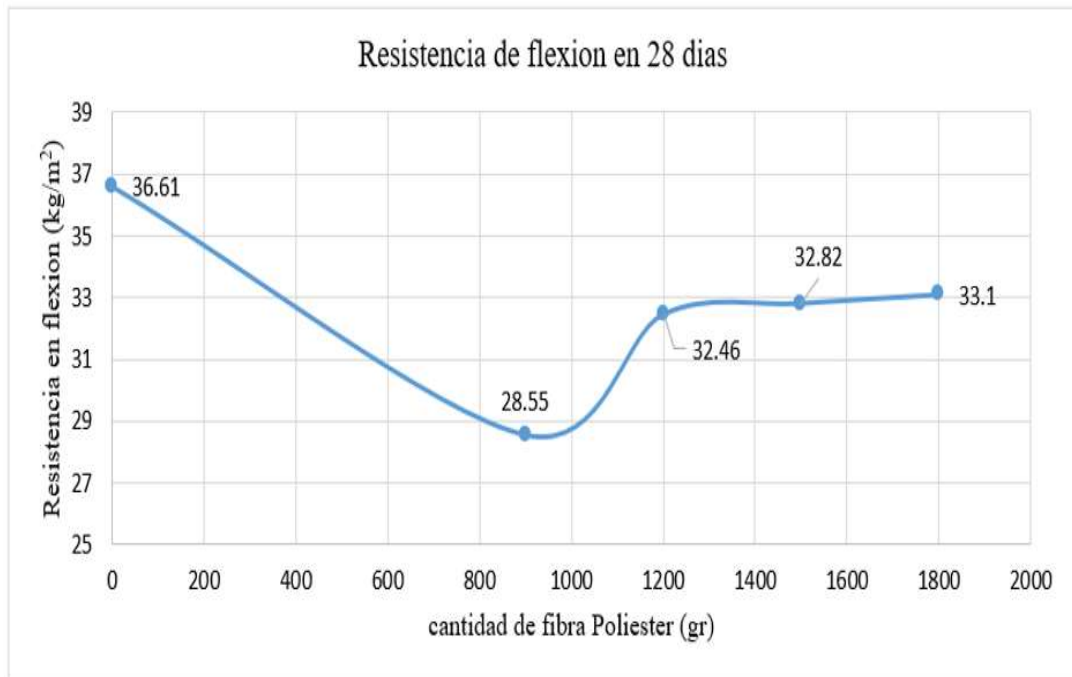
Resultados promedios a los 28 días de fr

Cantidad de fibra	Resistencia flexión	
	(kg/cm²)	incremento %
0	36.61	0
900	28.55	-22.02%
1200	32.46	-11.34%
1500	32.82	-10.35%
1800	33.1	-9.59%

Nota. Se manifiesta el % de acrecimiento, no hay disipación de fr promedio en las dosis a los 28 días, fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 38

Gráfico de fr promedio a los 28 días



Nota. Se plasma cómo la incorporación de fibra de poliéster merma el fr en pruebas de 28 días. Hasta con 1800 gr/m³ de fibra, la resistencia es de 33.10 kg/cm², por debajo de los 36.61 kg/cm² del diseño base, fuente: Elaboración propia, 2022.

5.1.3. Resultados de las pruebas de hipótesis

5.1.3.1. Prueba de hipótesis de las propiedades plásticas

a) Prueba de hipótesis de consistencia.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la consistencia del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la consistencia del concreto.

Tabla 26*Contraste de hipótesis de consistencia en la cantidad óptima de fibra de poliéster*

Edad	N° Ensayo	Consistencia con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Consistencia con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (diferencia)
0 días	1	4.00	3.50	0.50
0 días	2	4.00	3.50	0.50
0 días	3	4.00	3.50	0.50
0 días	4	4.00	3.50	0.50
Parámetros estadísticos				
Media		4.00	3.50	0.50
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			0.00	
t			indeterminado	
t(α) (n-1)			-2.35	
t < t(α)(n-1)			Falso	
Conclusión			Se acepta Ho	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con un nivel de confianza del 95%, el análisis sugiere que la adición de fibras de poliéster no ejerce una influencia estadísticamente significativa en las propiedades de consistencia del concreto.

b) Prueba de hipótesis de contenido de aire.

Hipótesis nula H_0 : $\mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el contenido de aire del concreto.

Hipótesis alterna H_a : $\mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el contenido de aire del concreto.

Tabla 27

Contraste de hipótesis de contenido de aire en la cantidad óptima de la fibra de poliéster

Edad	N° Ensayo	Contenido de aire con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Contenido de aire con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
0 días	1	1.70	2.00	-0.30
0 días	2	1.70	2.00	-0.30
0 días	3	1.70	2.00	-0.30
0 días	4	1.70	2.00	-0.30
parámetros estadísticos				
Media		1.70	2.00	-0.30
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			0.00	
t			indeterminado	
t(α) (n-1)			-2.35	
t < t(α)(n-1)			Falso	
Conclusión			Se acepta Ho	

Nota. Elaboración propia, 2022.

Con un intervalo de confianza del 95%, indica que la incorporación de fibras de poliéster no presenta un impacto estadísticamente significativo en la cantidad de aire contenido en la matriz del concreto.

c) Prueba de hipótesis de temperatura.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la temperatura del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la temperatura del concreto.

Tabla 28*Contraste de hipótesis de temperatura en la cantidad óptima de fibra de poliéster*

	N°	Temperatura con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Temperatura con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
Edad	Ensayo			
0 días	1	21.60	21.10	0.50
0 días	2	21.60	21.10	0.50
0 días	3	21.60	21.10	0.50
0 días	4	21.60	21.10	0.50
parámetros estadísticos				
Media		21.60	21.10	0.50
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			0.00	
t			indeterminado	
t(α) (n-1)			-2.35	
t < t(α)(n-1)			Falso	
Conclusión			Se acepta Ho	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con un nivel de confianza del 95%, sugiere que la introducción de fibras de poliéster no ejerce una influencia estadísticamente significativa sobre el perfil térmico del concreto.

d) Prueba de hipótesis de peso unitario.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el peso unitario del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el peso unitario del concreto.

Tabla 29*Contraste de hipótesis de peso unitario en la cantidad óptima de fibra de poliéster*

Edad	N° Ensayo	Peso unitario con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Peso unitario con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
0 días	1	2329.00	2318.00	11.00
0 días	2	2332.00	2321.00	11.00
0 días	3	2329.30	2318.90	10.40
0 días	4	2332.70	2319.40	13.30
parámetros estadísticos				
Media		2330.75	2319.33	11.43
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			1.28	
t			17.83	
t(α) (n-1)			-2.35	
t < t(α)(n-1)			Falso	
Conclusión			Se acepta Ho	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con un intervalo de confianza del 95%, indica que la incorporación de fibras de poliéster no presenta un impacto estadísticamente significativo en la densidad o peso unitario del concreto.

e) Prueba de hipótesis de potencial de fisuración.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el potencial de fisuración del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en el potencial de fisuración del concreto.

Tabla 30

Contraste de hipótesis del potencial de fisuración en la cantidad óptima de fibra de poliéster

Edad	N° Ensayo	Potencial de fisuración con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Potencial de fisuración con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
0 días	1	88.00	0.00	88.00
0 días	2	89.00	0.00	89.00
parámetros estadísticos				
Media		88.50	0.00	88.50
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			0.71	
t			177.00	
t(1- α)(n-1)			6.31	
t > t(α)(n-1)			Verdadero	
Conclusión			Se acepta Ha	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con un nivel de confianza del 95%, revela que la incorporación de fibras de poliéster ejerce un impacto estadísticamente significativo en la propensión a la fisuración del concreto.

5.1.3.2. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas

a) Prueba de hipótesis de resistencia a la compresión.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 31

Contraste de hipótesis de resistencia a la compresión en la cantidad óptima de fibra poliéster

Edad	N° Ensayo	Resistencia a la compresión con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Resistencia a la compresión con 1500 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
28 días	1	196.90	220.60	-23.70
28 días	2	196.60	222.50	-25.90
28 días	3	195.90	218.00	-22.10
28 días	4	198.40	223.00	-24.60
parámetros estadísticos				
Media		196.95	221.03	-24.08
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			1.60	
t			-30.16	
$t(\alpha)(n-1)$			-2.35	
$t < t(\alpha)(n-1)$			Verdadero	
Conclusión			Se acepta H_a	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con un intervalo de confianza del 95%, indica que la incorporación de fibras de poliéster tiene un efecto estadísticamente significativo del f°c.

b) Prueba de hipótesis de resistencia a la flexión.

Hipótesis nula $H_0: \mu_d \leq 0$. No es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la resistencia a la flexión del concreto.

Hipótesis alterna $H_a: \mu_d > 0$. Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de poliéster en la resistencia a la flexión del concreto.

Tabla 32

Contraste de hipótesis de resistencia a la flexión en la cantidad óptima de fibra de poliéster

Edad	Nº	Resistencia a la flexión con 0 gr. de fibra poliéster (antes)	Resistencia a la flexión con 1800 gr. de fibra de poliéster (después)	D (Diferencia)
28 días	1	39.60	31.49	8.11
28 días	2	33.90	33.24	0.66
28 días	3	35.36	34.98	0.38
28 días	4	37.60	32.61	4.99
parámetros estadísticos				
Media		36.61	33.08	3.53
Nivel de significancia		0.05	0.05	
Desviación estándar			3.71	
t			1.91	
$t(\alpha) (n-1)$			-2.35	
$t < t(\alpha)(n-1)$			Falso	
Conclusión			Se acepta H_0	

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Efectuando con un nivel de confianza del 95%, sugiere que la incorporación de fibras no ejerce una influencia significativa sobre el fr.

5.2 Discusión

5.2.1. Discusión de resultados en propiedades plásticas del concreto

a) Consistencia.

La prueba de consistencia se ejecutó de acuerdo a las estipulaciones de NTP 339.035 (2009) y ASTM C143 (2015). Procedimiento para cuantificar el asentamiento de hormigón utilizando el cono Abrams.

La incorporación de fibra de poliéster al hormigón conduce a una disminución del asentamiento, que disminuye aún más a medida que acrecienta la cantidad de fibra. Para abordar esto, se usó superplastificante para las adiciones de fibra de poliéster. Con una adición de 1500 gr / m³, el asentamiento se redujo a 3 ½ pulgadas.

Bermejo y Bru (2018), tras el análisis, se ha observado que aumentar el porcentaje de fibras de polipropileno conduce a un descenso de asentamiento. Específicamente, cuando la dosificación de fibras de polipropileno alcanza el 4%, el asentamiento del hormigón se mide en 2,3 cm. Este valor cae fuera del intervalo aceptable de consistencia, que normalmente está entre 3 "y 4". En consecuencia, el hormigón se vuelve más rígido y compacto.

Los investigadores Bermejo y Bru (2018), sus resultados dispares pueden atribuirse a variaciones en la longitud de la fibra, ausencia de plastificante adicional en su diseño, diseño de patrones distintos y volúmenes diferentes de fibra en comparación con los utilizados en el estudio actual.

Mestanza (2016), según su análisis, la porción ideal de fibra de polipropileno a utilizar en su construcción es del 0,2% a una densidad de 240 kg/cm². Esto decreció la consistencia a 6 cm, o 2,36 pulgadas.

Isidro (2017), la investigación sobre los efectos de una longitud de fibra de

polipropileno de 1,90 cm y su diseño de patrón en concreto encontró una densidad de 217,43 kg/cm². Una dosis de 1,80 kg / m³ resultó en una reducción del 40% en la consistencia, pasando de 3,5" a 1,4".

El investigador Isidro, llegó a los resultados parecidos a la presente investigación demostrando que al añadir más cantidad de fibras al concreto reduce su consistencia.

Jalixto y Percca (2021), analizó el efecto dado por la fibra de polipropileno con su diseño base de 214.40 kg/cm², con dosis de 0.30% reduce la consistencia de 3.7" a 2.4", reduciendo en un 54.20% la consistencia.

Los investigadores Isidro, llegaron a los resultados parecidos a la presente investigación demostrando que al añadir más cantidad de fibras al concreto reduce su consistencia.

b) Contenido de aire.

Se siguieron los estándares para concreto NTP 339.080 (2017) y ASTM C33 (s.f), durante la ejecución de esta prueba. Encontrar la cantidad de aire en nuevas combinaciones se hace usando el método de presión. Uso de energía hidráulica para una prueba.

A la luz de los resultados con respecto al contenido de aire, se recomienda agregar fibra de poliéster al concreto para aumentarlo. Sin embargo, el aumento es limitado. Específicamente, cuando se agregaron 1500 gr/m³ de fibra de poliéster, el contenido de aire aumentó al 2%.

c) Temperatura.

La prueba se ha realizado en base a NTP 339.184 (2002) para hormigón. Un método controlado para verificar la temperatura del concreto en un ambiente controlado.

La inclusión de fibra de poliéster a densidades de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³ en el concreto no tuvo impacto en la temperatura del concreto, lo que resultó en temperaturas que oscilaron entre 20,4 ° C y 21,6°C.

d) Peso unitario.

Las pruebas de peso unitario se han realizado en base a NTP 339.046 (2008) Y de conformidad con las directrices establecidas por ASTM C138 (2016). Las pruebas gravimétricas son una forma de averiguar cuánto aire hay en el concreto, cuánto rendimiento y qué tan denso es el material (unidad de peso).

La fibra de poliéster se incluye en concreto con densidades de 900, 1200, 1500 y 1800 gr/m³ en el borde, específicamente en El Paso. Impacto de Ontario.

Bermejo y Bru (2018), analizó la influencia de la fibra de polipropileno y polietileno con su diseño base de (3000 psi) 210.00 kg/cm², con una dosis de fibra de polipropileno de 4%, 6%, 8%, 12% a 15% reduce el peso unitario de 2.422 tn/m³ a 2.351, 2.346, 2.264, 2.228 tn/m³, reduciendo en un 2.93%, 3.14%, 6.52%, 8.01% el peso unitario respectivamente, y con una dosificación de fibra de polietileno de 4%, 6%, 8%, 12% a 15% reduce el peso unitario de 2.422 tn/m³ a 2.348, 2.319, 2.291, 2.220 tn/m³, reduciendo en un 3.06%, 4.25%, 5.41%, 8.34% el peso unitario respectivamente.

Los investigadores Bermejo y Bru, llegaron a los resultados diferentes a la presente investigación, porque sus porcentajes son mucho mayores a la dosificación de la presente investigación, al igual utilizo diferentes materiales para sus ensayos.

e) Potencial de fisuración.

Para determinar el potencial de agrietamiento, la combinación de cemento y agregado se sometió a un análisis de la compatibilidad reactiva entre compuestos

alcalinos y silíceos de acuerdo con ASTM C 227 (s.f).

Los resultados de las pruebas en túnel de viento destinadas a encontrar el diseño idóneo para concreto de 1500 gr/m³ mostraron una reducción del 88% en el agrietamiento.

Zapana y Tagle (2017), El estudio examinó el efecto de las fibras de polipropileno y su diseño de patrones en el concreto. El f'c en 396,06 kg/cm², se mejoró incluyendo un 4% de aire y 0,75 kg/m³ de fibras. Esto resultó en un decrecimiento en la longitud de fractura de 139 mm a 71,50 mm, lo que representa una disminución del 51,44% en el agrietamiento.

Los investigadores Zapana y Tagle, El estudio actual llegó a los mismos hallazgos sobre la reducción del agrietamiento por fibras. Sin embargo, los resultados variaron debido a diferencias en el diseño del patrón, la inclusión de aire en la mezcla y porción de fibra insertada.

Huacho (2021), analizó la cuantificación de la reducción de fisuras por retracción en estado plástico de pavimentos rígidos con la inclusión de microfibras de polipropileno con dosificaciones de 0, 300, 600, 1200 gr/m³ de concreto, con losas de concreto de 2.50x2.50x0.15m, su investigación lo hizo en la provincia de Chalhuhhuacho, que tiene clima muy frio con temperaturas de -2°C a 5°C en épocas de lluvia y en de 23°C en días calurosos, dando en el ensayo de fisuración una longitud de fisura del diseño patrón de 330mm, y con las incorporaciones de 600 y 1200 gr/m³ no presento fisuración llegando a cero.

El investigador Huacho, llego a resultados que se alinean con el estudio actual, que muestra que la inclusión de fibras elimina por completo la rotura en estado plástico.

5.2.2. Discusión de resultados en propiedades mecánicas del concreto

a) Resistencia a la compresión.

Seguimos las pautas establecidas por NTP 339.034 (2015) y ASTM C39 (2015), cuando realizamos la prueba de $f'c$. Procedimiento para hallar experimentalmente la tensión de compresión de muestras de hormigón en un cilindro.

Se demostró que el uso de fibra de poliéster en concreto da como resultado un aumento modesto de $f'c$, con una mejora de hasta el 12,24% reportada cuando se usaron 1500 gr/m³ de concreto.

Navarro (2023), analizó que la adición de fibra de algodón con una dosificación con 0.5% aumento el diseño patrón de 20.85 MPa aumento a 21.16 MPa en un porcentaje de 1.48% a los 28 días de prueba, y disminuyendo para dosis de más adición.

Los hallazgos del estudio actual son consistentes con los del investigador Navarro, quien encontró que se observó un acrecimiento de $f'c$ con un esfuerzo de diseño de patrón de 20.85 MPa y una dosis aditiva de 0.5% de fibra de algodón.

Según el estudio de Amaya y Ramírez (2019), la incorporación de fibras PET de 5cm de largo, en una proporción de 0.31 kg/m³, redujo la resistencia del diseño original de 256.91 kg/cm² a 228.49 kg/cm².

Amaya y Ramírez, las variaciones ocurren debido a la menor dosis utilizada en la investigación actual, que es de 1500 gr/m³ de concreto, en comparación con los hallazgos obtenidos.

Mora (2017), según mi análisis, he determinado que la dosis ideal de fibra de cáñamo en concreto es del 0,25% del volumen total. Cuando se probó durante 28 días en determinadas circunstancias, la resistencia del hormigón curado se redujo de 281,03 kg /

cm² a 269,11 kg / cm², lo que resultó en una reducción del 4,24% en comparación con la resistencia convencional.

Debido a las diferencias de materiales, el estudio actual difiere del trabajo del investigador Mora, quien demostró que el $f'c$ disminuyó un 4,24% en circunstancias normales y después del curado.

Bermejo y Bru (2018). analizó en su estudio que las fibras de polietileno (PET) y polipropileno (PP) y su diseño patrón del concreto fue de (3000 psi) 210 kg/cm², aumento su resistencia con la dosis de 4% de fibra de polipropileno hasta 188.70KN aumentando en un 4.38% de $f'c$ axial, y aumento su resistencia con la dosificación de 4% de fibra de polietileno hasta 196.45KN aumentando en un 8.67% de $f'c$ axial.

Los investigadores Bermejo y Bru, su investigación arrojó hallazgos comparables al estudio actual debido a su idéntico diseño de patrón de concreto y mayor dosis de fibra. Los resultados de ambas investigaciones confirmaron que la fibra acrecienta el $f'c$ en cierta cantidad.

Zapana y Tagle (2017), examinó el impacto de las fibras de polipropileno en el $f'c$, que fue de 396.06 kg/cm² después de 28 días de prueba, con una dosis de 4% de aire más 0.75 kg/cm³ de fibras. Esta reducción ascendió al 7,59% de la resistencia inicial.

Los investigadores Zapana y Tagle, Los hallazgos del presente estudio muestran variación como consecuencia de las disparidades en el diseño del patrón, la inclusión de aire en la mezcla y la cantidad de fibra utilizada.

Isidro (2017), examinó el efecto de un patrón de fibra de polipropileno de 1,90 cm sobre el $f'c$, que era de 217,43 kg / cm², y descubrió que una dosis de 1,80 kg/ cm³ la reducía a 205,53 kg / cm², una reducción del 5,47% después de 28 días de prueba.

El investigador Isidro, Los hallazgos del estudio actual varían debido a las

diferencias en la cantidad y longitud de la fibra empleada, lo que resulta en una pequeña variación en la resistencia.

Jalixto y Percca (2021), examinó el efecto de la fibra de polipropileno en el $f'c$ axial, que aumentó en un 13,53% a una dosis del 0,30% de 214,40 kg / cm² a 243,40 kg/cm².

Los investigadores Jalixto y Percca (2021) llegaron a los resultados parecidos a la presente investigación demostrando que al añadir más cantidad de fibras al concreto aumenta el $f'c$ en un porcentaje.

Elorreaga y González (2018), según el análisis, la dosis ideal de macrofibras de polipropileno y forma de la piedra de diseño para elevar la dureza del concreto fabricado con cemento portland tipo GU a 504.50 julios por metro cúbico fue de 4 kg/m³.

Los investigadores Elorreaga y González, llegaron a demostrar que la tenacidad aumenta al acrecentar la cantidad de fibras de polipropileno, no pudiendo discutir sus resultados porque su variable de estudio es la tenacidad y no la resistencia a compresión.

Carhuapoma (2018), examinó el impacto de agregar diferentes cantidades de fibra de polipropileno (0, 2, 5 y 9 kg/m³) a una mezcla de concreto con una fórmula específica ($f'c$) de 234.52 kg / cm². Encuentro que una mezcla ideal de 9 kg / m³ aumenta el $f'c$ en un 12,03%, alcanzando los 262,73 kg / cm².

El investigador Carhuapoma, llegó a resultados parecidos a la presente investigación, aun con una diferente dosificación de fibra.

b) Resistencia a la flexión.

Las pruebas de fr se ejecutaron en base a las estipulaciones de NTP 339.078 (2012). Método para probar el fr en vigas que están ancladas en ambos extremos y

tienen cargas distribuidas en un tercio de su luz.

Cuando se utiliza una dosis de 1800 gr/m³ de hormigón, el fr se reduce significativamente en aproximadamente un 9,59 por ciento debido a la adición de fibra de poliéster. La evaluación estadística ha demostrado que el impacto es insignificante.

Mora (2017), Tras el análisis, se demostró que la inclusión de fibra de cáñamo a una concentración del 0,25% dio como hallazgo un acrecimiento del 20,00% de fr, con un valor de 4,38 MPa en comparación con la resistencia del diseño del patrón original de 3,65 MPa.

El investigador Mora, según el análisis, se observó un aumento significativo en el fr para un diseño que incorpora un 0,25% de fibra de cáñamo. Este hallazgo contrasta con investigaciones previas que arrojaron resultados negativos, probablemente debido al uso de una dosis máxima de 1,8 kg/m³ y variaciones en la dosis de fibra y el diseño del patrón.

Miranda (2021), el fr se encuentra en -5.00% cuando se agrega fibra de bagazo de caña de azúcar a la dosis ideal de 0.5%, según su análisis.

El investigador Miranda, demostró que la resistencia de 34,2 MPa disminuye en un 5,00% en comparación con una resistencia normal de 36 MPa, lo que sugiere que algunos diseños pueden reducir su fr mediante la inclusión de fibras.

Amaya y Ramírez (2019), el análisis reveló que incluir fibras de poliéster (PET) con una longitud de 5 cm, a una dosis de 0,31 kg/m³ de fibra de PET, resultó en una mejora en la resistencia del diseño de 41,31 kg/cm² a 52,96 kg/cm².

Amaya y Ramírez, los hallazgos obtenidos difieren debido a la menor dosis utilizada en este estudio en comparación con la dosis recomendada de 1500 gr/m³ de hormigón. Además, la longitud de las fibras más grandes utilizadas en este estudio es de

1,20 cm, mientras que la longitud recomendada es de 5 cm. Estos hallazgos indican que la longitud de 5 cm de fibras proporciona una mayor contribución en los ensayos de flexión.

Isidro (2017), estudió cómo el diseño del patrón y la longitud de las fibras de polipropileno, exactamente 1,90 cm, afectan el fr del hormigón. Las mediciones iniciales de fr fueron de 32,24 kg / cm². Los resultados mostraron un aumento del 16,75% en el fr después de 28 días de prueba cuando se agregaron 1,80 kg/m³ de fibras de polipropileno, llevando el valor final a 37,64 kg/cm².

El investigador Isidro, los hallazgos del estudio actual fluctúan debido a variaciones en la cantidad y longitud de la fibra empleada, lo que resulta en una pequeña variación en la resistencia.

Bermejo y Bru (2018). comprobó los efectos de la fibra de polipropileno y polietileno en el concreto, el fr fue de 11.22 KN; agregar un 6% más de fibra aumentó esa resistencia a 16.91 KN, un aumento del 50.71% en el transcurso de los 28 días de prueba; y agregar un 4% más de fibra de polietileno aumentó esa resistencia a 16.07 KN, un aumento del 43.22%. Claramente, hubo una mejora en ambos casos.

Los investigadores Bermejo y Bru, Los resultados del estudio actual varían debido a las diferencias en la cantidad de fibra empleada, lo que resulta en niveles variados de resistencia.

VI. Conclusiones

Conclusión general

Para analizar la inclusión de fibra de poliéster en la mezcla de hormigón se observó que disminuye el asentamiento. Para mejorar el asentamiento, se agregan plastificantes. La temperatura y el peso unitario no muestran cambios sustanciales. Además, la incorporación de fibras reduce el potencial de agrietamiento en un 88% en comparación con el hormigón normal sin fibras (ver figura 28), mientras que en el $f'c$ aumentó un 12.24% a los 28 días con la dosificación de 1500 kg/m^3 (ver figura 34), pero redujo el f_r en un 9.59% a los 28 días frente a un concreto conocido sin incorporación de fibra (ver figura 38).

Conclusión específica 1

Se realizó un análisis sobre el impacto de la incorporación de fibra de poliéster en el concreto, determinando específicamente sus impactos en las características plásticas, sedimentación, contenido de aire, temperatura, peso unitario y potencial de agrietamiento. Concluyendo, el asentamiento se reduce en gran proporción; la temperatura, peso unitario, contenido de aire no muestran gran alteración (ver figura 24, 25, 26, 27). Respecto al potencial de fisuración en el punto óptimo del diseño en 1500 gr/m^3 se muestra que reduce 88% de fisuración del concreto frente al concreto sin fibras (ver figura 28). Esta cantidad de fibra redujo el asentamiento a $3 \frac{1}{2}$ "", no modifica la temperatura y el peso unitario (ver figura 24, 25, 26, 27).

Conclusión específica 2

Se realizó un análisis para determinar el impacto de incluir fibra de poliéster en

las características mecánicas, específicamente en términos de compresión y flexión. El $f'c$ del material aumentó un 12,24% después de 28 días cuando el contenido de fibra era de 1500 gr/m^3 (ver figura 34). Con $f'c$ de 223 kg/cm^2 a los 28 días. Respecto al f_r disminuyó en un -9.59% a los 28 días (ver figura 38). Estadísticamente se demostró que no es significativo el aporte de la flexión.

VII. Recomendaciones

- a) Para el objetivo general. Se recomienda adicionar una dosificación de 1500 gr/m³ de fibra de poliéster 40/2 al concreto para optimizar los aspectos mecánicos en compresión axial y flexión, pero en las propiedades plásticas se recomienda utilizar un plastificante para que el concreto sea trabajable, y reducir considerablemente el fisuramiento a temperaturas altas.
- b) Para el objetivo específico 1. El aumento de la cantidad de fibra de poliéster en el hormigón da como resultado una pérdida de plasticidad y trabajabilidad. Para contrarrestar esto, es recomendable utilizar un superplastificante al agregar fibras de poliéster al concreto. El superplastificante mejora la trabajabilidad y el rendimiento, pero tiene un impacto mínimo en el contenido de aire, el peso unitario y la temperatura. Sin embargo, en una prueba de potencial de agrietamiento, el superplastificante redujo el agrietamiento en un 88% cuando se usó a una dosis de 1500 gr/m³. Por lo tanto, se puede utilizar para minimizar el agrietamiento causado por temperaturas elevadas durante la colada de hormigón, la trabajabilidad se recupera incorporando un plastificante al 1%, para resistencia de $f'c$ 210 kg/cm².
- c) Para el objetivo específico 2. Las propiedades mecánicas del material, específicamente de $f'c$, mejoraron en un 12,24% en comparación con el diseño estándar. Esto indica un ligero acrecimiento de $f'c$, pero no es suficiente para reemplazar el acero o el acero a temperatura. Sin embargo, el f_r del material disminuyó en un -9,59% en comparación con el diseño estándar

después de 28 días de prueba. Por lo tanto, no es adecuado para proporcionar apoyo crediticio a elementos estructurales.

- d) Se pueden realizar análisis e investigaciones adicionales para examinar los efectos adicionales de incorporar fibras de poliéster en el concreto, incluidas las pruebas de impacto, abrasión, fatiga y tenacidad. Estas pruebas tienen como objetivo hallar si las fibras de poliéster ofrecen alguna ventaja adicional al concreto. Sin embargo, estas pruebas no están dentro del alcance de la investigación actual. Adicionalmente, se debe considerar la compatibilidad de aditivos y características de mezclas, así como el estudio de concreto bombeable y hormigón proyectado reforzado con fibras de poliéster. Estos estudios son relevantes para diversas aplicaciones, como estructuras en edificios, estabilidad de taludes y construcción de túneles.

VIII. Referencias

Amaya, S., y Ramírez, M. (2019). *Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23923/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20ENTREGA%20FINAL.pdf>

American Concrete Institute. (1990). *Cement and concrete terminology* (ACI 116R-00). Detroit, MI: American Concrete Institute.

http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI%20116R-00%20Cement%20and%20Concrete%20Terminology_MyCivil.ir.pdf

American Concrete Institute. (1991). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete* (ACI 211.1-91).

https://kashanu.ac.ir/Files/aci%20211_1_91.pdf

Armas, C. H. (2016). *Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico*. Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/436/425>

ASOCEM. (2019). *Reporte estadístico anual*.

<https://www.asocem.org.pe/archivo/files/Informe%20estad%20C3%ADstico%20anual%202019.pdf>

ASTM International. (2001). *ASTM C1064-01: Standard test method for temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete.*

<https://es.scribd.com/document/358667300/ASTM-C-1064-01-pdf>

ASTM International. (2001). *ASTM C128-01: Standard test method for density and absorption of fine aggregate.* [https://es.scribd.com/document/328614340/ASTM-](https://es.scribd.com/document/328614340/ASTM-C-128-01)

[C-128-01](https://es.scribd.com/document/328614340/ASTM-C-128-01)

ASTM International. (2003). *ASTM C33/C33M-03: Standard specification for concrete aggregates.* <https://es.scribd.com/document/363156459/ASTM-C33-03-Espanol>

ASTM International. (2004). *ASTM C494/C494M-04: Standard specification for chemical admixtures for concrete.*

<https://es.scribd.com/document/527418148/ASTM-C-494-en-es>

ASTM International. (2015). *ASTM C143/C143M-15: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.* [https://es.scribd.com/document/523878936/ASTM-](https://es.scribd.com/document/523878936/ASTM-C-143)

[C-143](https://es.scribd.com/document/523878936/ASTM-C-143)

ASTM International. (2015). *ASTM C39/C39M-15: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens.*

[https://es.scribd.com/document/587155228/ASTM-C39-RESISTENCIA-A-LA-](https://es.scribd.com/document/587155228/ASTM-C39-RESISTENCIA-A-LA-COMPRESION-DE-CONCRETO)

[COMPRESION-DE-CONCRETO](https://es.scribd.com/document/587155228/ASTM-C39-RESISTENCIA-A-LA-COMPRESION-DE-CONCRETO)

ASTM International. (2016). *ASTM C138/C138M-17: Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete.*

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/96720/3cacadac88f9e46d08bfda81c29fff7a7/>

[ASTM-C138-C138M-17.pdf](https://cdn.standards.iteh.ai/samples/96720/3cacadac88f9e46d08bfda81c29fff7a7/ASTM-C138-C138M-17.pdf)

ASTM International. (n.d.). *ASTM C227: Test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combinations (mortar-bar method)*.

<https://es.scribd.com/document/484723654/Metodo-de-la-barra-de-mortero-ASTM-C227>

Atoche, J. (2017). *Análisis de fisuras en losas de entepiso de concreto por temperaturas extremas en Piura 2017*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25383>

Bermejo, E., y Bru, R. (2018). *Concreto aligerado por medio de la inclusión de fibras de tereftalato de polietileno y polipropileno con agregados calizo y arena de río*. Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena.

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/7093/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carhuapoma, W. (2018). *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², elaborados con agregados de la cantera de Cochamarca - Pasco*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/332>

Céspedes, O. (2019). *Dosificación de concreto fibroreforzado con acero ondulado para mejorar las propiedades del concreto $f'c=28$ MPa, Lima-2019*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62899/Cespedes_YOM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Corral, J. T. (2004). *Patología de la construcción: Grietas y fisuras en obras de hormigón. Origen y prevención*. Ingeniería.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7439617>
- Dávila, M. (2010). *Efecto de la adición de fibra de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3441/davilamercado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elorreaga, C., y González, O. (2018). *Uso de macro-fibras de polipropileno y forma de agregado grueso en la tenacidad del concreto fabricado con cemento Portland tipo GU*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4169>
- Gacén, J. (1995). *Parámetros y propiedades de los productos fabricados con microfibras*.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6404/Article08.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huacho, A. (2021). *Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Continental.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10787>
- Isidro, G. (2017). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm²*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842>

- Jalixto, J., y Percca, A. (2021). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto $f'c=210, 280 \text{ kg/cm}^2$ - Cusco 2021*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842>
- Mafisan S.L. (2018). *Reciclado del poliéster*. <http://www.mafisanpoliester.es/reciclado-del-poliester/>
- McCormac, J. C., y Brown, R. H. (2011). *Diseño de concreto reforzado* (8ª ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Miranda, A. N. (2021). *Comportamiento Mecánico del concreto con Adición de fibras Naturales (Bagazo de Caña) y Fibras Sintéticas (Polipropileno)*. Tesis de postgrado, Universidad Militar Nueva Granada.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39794/MirandaEspitaAngelicaNoelia2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, J. A. (2017). *Análisis Mecánico de un Concreto con Adición del 2% de fibra natural de cáñamo*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0749bbc3-3b65-48fa-831d-b1cec418f228/content>
- Navarro, C. A. (2023). *Análisis del comportamiento mecánico de un concreto con la incorporación de fibras textiles de algodón de desecho*. Tesis de postgrado, Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/8379/1/RI007486.pdf>
- Norma E-060. (2019). *Concreto Armado*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENCICO.

<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>

- NTP 334.082. (2008). *Cemento. Cemento Portland. Especificación de la Performance. Requisitos.* <https://es.scribd.com/document/397392008/NTP-334-082-Cementos-Portland-pdf>
- NTP 339.034. (2015). *Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.* <https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas>
- NTP 339.035. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.* <https://pdfcoffee.com/ntp-3390352009pdf-pdf-free.html>
- NTP 339.046. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).* <https://es.scribd.com/document/377143373/NTP-339-046-Peso-Unitario-y-Rendimiento-1-pdf>
- NTP 339.078. (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a flexión de concreto en vigas simplemente apoyadas en cargas a los tercios.* <https://www.studocu.com/pe/document/instituto-de-educacion-superior-tecnologico-publico-naranjillo/educacion-primaria/pdf-ntp-339078-ensayo-de-flexion-compress/68734129>
- NTP 339.079. (2012). *Resistencia a la flexión.* https://tuxdoc.com/download/ntp-339079-2012pdf_pdf

- NTP 339.080. (2011). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión.*
https://tuxdoc.com/downloadFile/ertyerty_pdf
- NTP 339.080. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco.*
<https://es.scribd.com/document/620802697/NTP-339-080-Determinacion-Contenido-de-Aire-Del-Concreto-Metodo-de-Presion>
- NTP 339.088. (2014). *Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos.* <https://pdfcoffee.com/ntp-339088-aguas-5-pdf-free.html>
- NTP 339.184. (2002). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).*
<https://pdfcookie.com/documents/ntp-339184-2002-metodo-d-ensayo-normalizadopara-determinar-la-temperaturas-d-mezclas-x20gpnr77gl3>
- NTP 339.185. (2021). *Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo.*
<https://es.scribd.com/document/649882034/NTP-339-185>
- NTP 400.012. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* <https://pdfcoffee.com/ntp-400012-2013-pdf-pdf-free.html>
- NTP 400.013. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.* <https://es.scribd.com/document/399962820/Norma-Tecnica-Peruana-400013>
- NTP 400.017. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso*

unitario del agregado. <https://pdfcoffee.com/ntp-400017-peso-unitario-suelto-y-compactado-4-pdf-free.html>

NTP 400.021. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.* <https://pdfcoffee.com/ntp-400021-densidad-y-absorcion-agregado-grueso-convertido-pdf-free.html>

NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* <https://pdfcoffee.com/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino-7-pdf-free.html>

NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos.* <https://es.scribd.com/document/509925124/NTP-400-037-2018>

PECALTEX hilos de calidad. (2013). *Producción y consumo mundial de poliéster (BLOG).* México. https://www.pecaltex.com.mx/Pecaltex/Sobre_el_Poliester.html

Rojas, J. A., y Vazquez, J. (2019). *Comportamiento mecánico de las planchas de fibras de bambú y aserrín sometidas al esfuerzo a compresión y flexión, Moyobamba, 2019.* Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/8379/1/RI007486.pdf>

Rossi, P. H., y Freeman, H. E. (1993). *Evaluation: A systematic approach.* Newbury Oark: Sage. <https://digitallibrary.tsu.ge/book/2021/may/rideri/Rossi-Evaluation-A-systematic-approach.pdf>

Wikipedia. (2019). *Hormigón.* <https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

Zapana, L. K., y Tagle, A. F. (2017). *Evaluación del deterioro del concreto con*

contenidos variables de aire incorporado y fibras de polipropileno sometido a congelamiento a edades tempranas. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín. <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3306>

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