

INFORME DE TESIS - SANTIAGO AREDO

por JERSON SANTIAGO AREDO

Fecha de entrega: 10-abr-2024 10:50a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2213632385

Nombre del archivo: TESIS_-_SANTIAGO_AREDO_JERSON_LEONARD_-_OK_1.docx (4.54M)

Total de palabras: 11985

Total de caracteres: 65757

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO

BENEDICTO XVI

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**EFFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR

Br. Santiago Aredo, Jerson Leonard

ASESOR

Mg. Castillo Chung, Aldo Roger

<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

LÍNEA DE INVESTIGACION

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO-PERU

2024

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor:

Mg. Breitner Guillermo Diaz Rodríguez

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI.**

Presente.

1
Yo, Mg Aldo Roger Castillo Chung con DNI N° 18132971, como asesor del trabajo de investigación **“EFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO”** desarrollado por el bachiller Santiago Aredo, Jerson Leonard con DNI N°47853619, del Programa de estudios de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de investigación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Atentamente.



Mg. Aldo Roger Castillo Chung

DNI: 18132971

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

1
Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Rectora (e) de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

Vicerrectora Académica

Dr. Ena Cecilia Obando Peralta

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

2
Dra. Teresa Reátegui Marín

Secretario General

DEDICATORIA

A Dios

Por haber sido mi guía celestial y darme la sabiduría para discernir con prudencia mis pasos hacia el éxito y poder finalizar mis estudios en esta casa superior, por siempre llenarme de su infinito amor y así tener el coraje de superar cada desafío y reto que se me presento en mis días de estudio.

A mis padres

Por haberme criado de la manera correcta y ser una persona de bien y haberme inculcado sus buenos valores. Gracias a mis padres Segundo Santiago Rodríguez y Jacinta Aredo Ángeles por demostrarme con el ejemplo, mas no con palabras, que con esfuerzo y dedicación todo es posible. Siempre me brindaron su cariño y comprensión.

27

A mi familia

A mis Hermanos(as), mi hijo y a mis seres queridos que de manera directa e indirecta con su apoyo pude conseguir esta meta, un sueño nacido en nuestras mentes y que se logró realizar con la unión unísona como una familia. La cual fue mi energía ya que nunca dejaron de creer en mí y que con perseverancia se logró el objetivo el cual es culminar mis estudios profesionales.

Jerson Leonard Santiago Aredo

Autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por su gloria y bendiciones, nuestro creador que me acompaña en cada paso que doy y decisión que tome en mi vida universitaria, por ser mi roca mi fortaleza en quien he puesto toda mi fe y mi ser.

A mis padres, quienes me demostraron con el ejemplo que todo se consigue con esfuerzo y dedicación, por haberme criado como una persona de bien a través de los valores y sabios consejos.

A mis docentes, por brindarme su confianza y compartir sus valiosos conocimientos siendo ejemplo vivo de cómo se debe hacer correctamente las cosas y en especial a mi asesor Aldo Roger Castillo Chung por creer en mí, por sus amplios conocimientos y ser mi guía irremplazable en culminar mi carrera profesional.

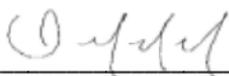
Jerson Leonard Santiago Aredo
Autor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Santiago Aredo, Jerson Leonard ² con DNI 47853619, egresado del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que se ha seguido rigurosamente los procesos académicos y administrativos dados por la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **EFFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO ¹ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO** el cual consta de un total de 72 páginas, en las que se incluye 7 tablas y 11 figuras, más un total de 10 páginas en anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de nuestra investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

El autor



Santiago Aredo, Jerson Leonard
DNI: 47853619

INDICE DE CONTENIDO

1	DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	ii
	AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iii
	DEDICATORIA	iv
	AGRADECIMIENTO	v
	DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	vi
	ÍNDICE DE TABLAS	8
	RESUMEN	9
	ABSTRACT	10
	I. INTRODUCCIÓN	11
	II. METODOLOGÍA	24
	2.1. Enfoque, tipo	24
	2.2. Diseño de investigación	24
	2.3. Población, muestra y muestreo	25
	2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos/ equipos de laboratorio/ informe de laboratorio especializado	26
	2.4.1. Técnicas e instrumentos de recojo de datos	26
	2 2.4.2. Equipos de laboratorio	27
	2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información	32
	2.6. Aspectos éticos en investigación	33
	III. RESULTADOS	34
	3.1. OE1: Caracterizar química y físicamente las fibras de polipropileno	34
	3.2. OE2: Analizar la variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno	35
	3.3. OE3: Analizar la variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno	36
	3.4. OE4: Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto	37
	3.5. OE5: Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto	38
	3.6. OG: Determinar el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto	39
2	IV. DISCUSIÓN	41

V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

5 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo.....	28
Figura 2 Resultados de ensayo de compresión	29
Figura 3 Resultados de ensayo de flexión	30
Figura 4 Resultados de pruebas químico-físicas	31
Figura 5 Variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno.....	35
Figura 6 Variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno.....	36
Figura 7 Valores de resistencia a compresión obtenidos.....	38
Figura 9 Resistencia a la compresión con diversos porcentajes de polipropileno.....	38
Figura 9 Valores de resistencia a flexión obtenidos	39
Figura 10 Resistencia a la flexión con diversos porcentajes de polipropileno	39
Figura 11 Efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Probetas evaluadas	26
Tabla 2 Resultados de caracterización física de fibra de polipropileno vs ficha técnica	34
Tabla 3 Resumen de caracterización química de fibra de polipropileno	34
Tabla 4 ANOVA para la resistencia a la compresión	36
Tabla 5 Posprueba de Tukey para la resistencia a la compresión	36
Tabla 6 ANOVA para la resistencia a la flexión	37
Tabla 7 Posprueba de Tukey para la resistencia a la flexión	37

RESUMEN

La investigación se basó en determinar el efecto del porcentaje de polipropileno sobre ¹ la resistencia al aplastamiento y flexionante del concreto, se realizó un estudio experimental aplicado para el cual se prepararon 40 probetas, 20 cilindros de 6x12” y 20 prismas de 60cm x 15 cm x 15 cm y se adicionaron porcentajes de 0, 4, 6 y 8% de polipropileno, se caracterizó la fibra así como se ejecutaron los ensayos de aplastamiento y flexionante respectivos para finalmente tener como resultado que el porcentaje de pp genera cambios importantes en el comportamiento mecánico del concreto, ya que mientras al respecto de la resistencia al aplastamiento el comportamiento es variable, ya que al inicio es ascendente hasta 352 kg/cm² para el 6% de polipropileno, posteriormente descende; para la resistencia flexionante presenta un comportamiento ascendente positivo ya que al aumentar el porcentaje de polipropileno, ⁵ también se genera ⁶ un aumento en la resistencia a la flexión siendo el máximo valor 46 kg/cm² para un 8% de polipropileno. En respecto de la resistencia a la compresión se tiene que el 6% viene a ser el límite de saturación del material compuesto elaborado, luego de este punto por más que se siga aumentando el porcentaje de refuerzo, la resistencia va a descender; en respecto de la resistencia a la flexión, al ser estas fibras la ⁷ mejor opción para la flexión se tiene que mientras más porcentaje de fibra se adicione, la resistencia a la flexión se incrementará siendo aún superior al 8% el punto de saturación de refuerzo

¹ **Palabras clave:** Resistencia flexión, resistencia compresión, concreto, polipropileno

ABSTRACT

The research aimed to determine the effect of the percentage of polypropylene on the compressive and flexural strength of concrete. An applied experimental study was conducted, for which 40 specimens were prepared, consisting of 20 cylinders of 6x12 inches and 20 prisms of 60 cm x 15 cm x 15 cm. Different percentages of polypropylene (0%, 4%, 6%, and 8%) were added. The fiber was characterized, and the respective compressive and flexural tests were performed. The results showed that the percentage of polypropylene has a variable effect on the mechanical behavior of concrete. In terms of compressive strength, the behavior is variable; initially, it increases up to 352 kg/cm² for 6% polypropylene, and then it decreases. On the other hand, the flexural strength exhibits a positive ascending behavior. As the percentage of polypropylene increases, there is a corresponding increase in flexural strength, reaching a maximum value of 46 kg/cm² for 8% polypropylene. Regarding compressive strength, the study indicates that 6% is the saturation point of the composite material. Beyond this point, further increases in the reinforcement percentage lead to a decrease in strength. In the case of flexural strength, these fibers are the optimal choice, showing that the more fiber percentage added, the higher the flexural strength, with saturation of reinforcement occurring even beyond 8%.

Keywords: Flexural strength, compressive strength, concrete, polypropylene

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de las diversas industrias existentes, la construcción se destaca como una de las más influyentes a nivel mundial, y su crecimiento ha generado una creciente demanda de materiales de construcción. Entre estos materiales, el concreto ocupa un lugar prominente, siendo una amalgama de cemento, agua, arena y grava. A pesar de su prevalencia en la construcción, el concreto posee una naturaleza frágil y propensa a la fisuración y agrietamiento, amenazando así su ⁷resistencia a la compresión.

La fisuración del concreto no es un problema aislado; es una preocupación global que impacta directamente en la capacidad de construir infraestructuras y edificaciones seguras, fundamentales para el bienestar de la sociedad actual. En el contexto latinoamericano, el rubro de la construcción juega un rol muy importante en el desarrollo social y económico de la sociedad. Sin embargo, la problemática de la fisuración del concreto se erige como un desafío persistente que socava la durabilidad y resistencia de las estructuras construidas.

Las fisuras no solo comprometen la integridad física de las edificaciones, sino que también minan la confianza en la seguridad de las infraestructuras, generando un impacto negativo en la inversión y en la calidad de vida de los habitantes. Es en este escenario que la necesidad de abordar de manera efectiva el fenómeno de la fisuración se convierte en una prioridad, destacando la importancia de explorar soluciones innovadoras y prácticas.

En este sentido, las fibras de polipropileno emergen como una herramienta valiosa en la mitigación de la fisuración del concreto. Estas fibras, al ser incorporadas en la mezcla, ofrecen una solución eficaz para mejorar el soporte de dicho concreto y así poder resistir la formación de fisuras y grietas. Su presencia en la matriz del concreto actúa como un refuerzo, fortaleciendo la estructura y minimizando los efectos nocivos de la fisuración. De este modo, el uso estratégico de fibras de polipropileno no solo contribuye a preservar la integridad de las construcciones, sino que también juega un papel crucial en el fomento de la confianza en ²⁴la seguridad de las infraestructuras construidas, impulsando así el progreso sostenible ¹¹de la región y la mejora del nivel de vida de sus habitantes

Dentro del panorama latinoamericano, ¹¹la industria de la construcción desempeña un papel crucial en el desarrollo regional, donde el concreto se erige como una piedra angular para la edificación de infraestructuras sólidas. No obstante, la fisuración del concreto se presenta como un desafío persistente que va más allá de ser un problema

estético; compromete la integridad estructural y, en última instancia, la resistencia a la compresión, un factor crítico para asegurar la correcta construcción y su larga permanencia de las edificaciones.

En Perú, país con una creciente necesidad de infraestructuras resistentes y seguras, la fisuración del concreto se convierte en un tema de especial relevancia. Las estructuras peruanas, sometidas a diversos desafíos sísmicos y climáticos, requieren soluciones efectivas para preservar su integridad a lo largo del tiempo.

La fisuración no solo representa una amenaza para la longevidad de las construcciones peruanas, sino que también impacta directamente en la capacidad de soporte al aplastamiento del concreto. Estas fisuras se comportan de un modo muy perjudicial, disminuyendo la calidad óptima de la estructura al momento de soportar las cargas. Este deterioro no solo compromete la seguridad de las estructuras, sino que también afecta negativamente la confianza en la calidad de las construcciones.

Ante este escenario, la integración de fibras de polipropileno en la mezcla de concreto surge como una estrategia efectiva y necesaria. Estas fibras actúan como refuerzo, mejorando la tenacidad y un concreto de alta resistencia al aplastamiento, al tiempo que reducen la formación y propagación de fisuras. Al aumentar la resistencia del concreto y sus propiedades, las fibras de polipropileno contrarrestan los efectos negativos de las fisuras, contribuyendo así a la preservación de la resistencia a la compresión y, en consecuencia, a la seguridad y durabilidad de las construcciones en el contexto peruano y latinoamericano en general.

En respuesta a la necesidad identificada anteriormente, la anexión de fibras en la mezcla del concreto emerge como una solución prometedora para contrarrestar eficazmente la problemática de la fisuración. Fibras como el polipropileno (PP) comercial han demostrado su capacidad para mitigar y regular la formación de fisuras en el concreto, contribuyendo significativamente a mejorar tanto su resistencia a la compresión como a la flexión. Este enfoque no solo se alinea con la búsqueda de estructuras más robustas y duraderas, capaces de enfrentar las condiciones climáticas y las cargas estructurales presentes en la región, sino que también responde directamente a la demanda de soluciones efectivas en el contexto peruano y latinoamericano. La incorporación de fibras de PP comercial se presenta como una estrategia concreta y eficiente para potenciar la resistencia del concreto, marcando así un paso crucial hacia la construcción de edificaciones más seguras y duraderas en la región.

14 Luego de conocer la problemática en cuestión es que se propone el siguiente problema general ¿Cuál es el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto? y los siguientes problemas específicos ¿Cuál es el resultado de la caracterización química y física del polipropileno? ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno?, ¿Existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno?, ¿Cuál es el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto? y finalmente ¿Cuál es el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto?

Esta problemática y los problemas propuestos presentan diferentes perspectivas al momento de justificar la realización de este estudio, por ejemplo, desde el punto de vista tecnológico, numerosos estudios científicos han demostrado que al adicionar fibras de PP a las mezclas de concreto tiene el poder de mejorar su resistencia al aplastamiento y flexión. Estos resultados son de gran relevancia, ya que ofrecen una alternativa tecnológica para incrementar la calidad y duración del concreto utilizado en la construcción de estructuras en el país.

En cuanto a la justificación económica, el uso de fibras de PP en el concreto puede tener beneficios significativos. Por un lado, la mejora en la resistencia al aplastamiento y flexión del concreto puede reducir significativamente los costos al momento de realizar el mantenimiento y reparación de las estructuras, lo que a su vez puede aumentar su vida útil y disminuir los gastos a largo plazo. Además, la utilización de fibras de PP puede permitir el uso de agregados reciclados en el concreto, lo que puede disminuir el costo al momento de producir y promover la sostenibilidad en el rubro de la edificación.

La integración de fibras de polipropileno (PP) en el concreto se justifica desde una perspectiva socioambiental, alineándose con objetivos cruciales de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. En primer lugar, estas fibras actúan como un agente reforzante que mejora la resistencia del concreto, prolongando la vida útil de las estructuras y reduciendo la necesidad de renovaciones frecuentes. Este aspecto tiene un impacto directo en la eficiencia de los recursos, al minimizar la cantidad de material necesario para la construcción y disminuir el desperdicio asociado a la sustitución constante de infraestructuras.

Además, la inserción de fibras de PP a la mezcla ofrece la oportunidad de incorporar agregados reciclados, contribuyendo así a la gestión responsable de residuos.

generados por la industria de la construcción. Al aprovechar materiales reciclados en la fabricación de concreto, se reduce la demanda de recursos vírgenes y se disminuye la huella ambiental asociada con la extracción y procesamiento de materias primas. Esto no solo favorece la conservación de recursos naturales, sino que también promueve la economía circular al cerrar el ciclo de vida de los materiales de construcción.

Adicionalmente, el uso de fibras de PP en el concreto puede tener un impacto positivo en la huella de carbono de la construcción. La prolongación de la vida útil de las estructuras reduce la necesidad de fabricar nuevos materiales y disminuye las emisiones asociadas a la producción y transporte de dichos materiales. Asimismo, la posibilidad de utilizar agregados reciclados contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al minimizar la necesidad de utilizar recursos perjudiciales y no renovables; es así que la inclusión de fibras de polipropileno en el concreto no solo fortalece las propiedades mecánicas del material, sino que también impulsa prácticas constructivas más sostenibles, promoviendo la eficiencia de recursos, la gestión responsable de residuos y la reducción de la contaminación en el sector de la construcción.

En resumen, esta tesis busca investigar el efecto del porcentaje de fibra de PP (SikaFiber PE) sobre la resistencia al aplastamiento y flexionante del concreto. Por tanto lo que justifica a esta investigación son los beneficios tecnológicos, económicos y sociales ambientales que se pueden obtener al utilizar fibras de PP en el concreto. Estos beneficios incluyen mejoras en las propiedades de carácter mecánico del concreto, reducción de los costos de mantenimiento y reparación de estructuras, utilización de agregados reciclados y de esta manera promover la sostenibilidad en la industria constructiva.

En conjunto a los problemas que se plantearon, también se tienen los siguientes objetivos: determinar el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto como objetivo general y como objetivos específicos: caracterizar química y físicamente las fibras de polipropileno, analizar la variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno, analizar la variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno, determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto y determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto

Finalmente, para dar respuesta a los problemas de investigación, se plantearon las siguientes hipótesis, hipótesis general: Conforme aumenta el porcentaje de polipropileno,

aumenta la resistencia a la compresión¹ y flexión del concreto, en el caso de las hipótesis específicas tenemos que para la hipótesis específica 1, no presenta hipótesis²; para la hipótesis específica 2 tenemos: H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno y H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno; la hipótesis específica 3: H0: No existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno y H1: Si existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno; la hipótesis específica 4: El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto es el 8% y la hipótesis específica 5: El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto es el 8%.

Si bien se abordó todo lo respecto a la problemática de estudio, es necesario también revisar experiencias pasadas las cuales servirán como antecedentes, por ejemplo, la de Acosta-Calderon et al. (2022) escribieron un PAPER donde se presentó un estudio comparativo sobre el efecto de fibras naturales y sintéticas en el comportamiento del concreto al estar sometido a determinadas cargas. Se incorporaron polimeros de sisal y PP en un concreto de resistencia normal con un contenido volumétrico de fibras del 1%. Se realizaron pruebas destructivas y no destructivas en el concreto endurecido, incluyendo pruebas de compresión y flexión en muestras prismáticas, así como pruebas de velocidad de pulso ultrasónico y número de rebote. Aunque el concreto con refuerzo de fibras de sisal tuvo una menor trabajabilidad (un 20% menos que el concreto sin fibras), mostró un aumento de aproximadamente un 6% en la resistencia al aplastamiento y un 4% en la resistencia a la tracción en comparación con el concreto no reforzado. Esto se atribuyó a la capacidad de las fibras de sisal para retener y liberar gradualmente humedad durante la hidratación, contribuyendo al desarrollo de la resistencia. En contraste, el concreto con fibras de PP tuvo propiedades similares al concreto de referencia. Además de las propiedades del concreto, también se consideraron los impactos ambientales relacionados con la producción de fibras y concreto. En general, los resultados sugieren que las fibras de sisal presentan resultados más prometedores en términos de un equilibrio adecuado entre trabajabilidad y resistencia, demostrando ser una alternativa más sostenible.

Otros autores como Yuan y Jia (2021) escribieron un PAPER “en el que se muestra los resultados de una exhaustiva investigación experimental que explora las consecuencias de haber integrado fibras de vidrio (GF) y PP (PPF) en las propiedades mecánicas y

microestructurales del concreto, en relación a la proporción de agua y cemento, así como al contenido de fibras. Se emplearon distintas proporciones agua/cemento (0,30 y 0,35), contenidos de GF y PPF (0,45, 0,90 y 1,35% en términos de metrado cubico) y en tiempo sumergido en agua (7 y 28 días) así se pudo elaborar las muestras de concreto. Se determinaron la capacidad de robustez del concreto, flexión en puntos específicos, tensión por corte y curvas completas de absorción de agua tanto para el concreto con anexión de polímeros de vidrio (GFRC) como para el concreto con anexión de polímeros de PP (PPFRC). Se profundizó en el análisis de las diferencias de resistencia y propiedades de absorción de agua de GFRC/PPFRC. Se utilizó la observación con microscopio electrónico de para entender el comportamiento de la proporción agua/cemento y los cambios que generan las fibras. Los hallazgos demostraron que la proporción agua/cemento puede cambiar la cantidad óptima de fibras. Al evaluar cómo las fibras influyen en el aumento de las propiedades mecánicas o microestructurales del concreto, es esencial considerar el impacto de la proporción agua/cemento. El impacto positivo de GF en la absorción de agua resultó notablemente más eficiente que el de PPF. Si bien la absorción de agua de GFRC y PPFRC tendió a estabilizarse durante las pruebas cuando la proporción agua/cemento fue 0,30, la absorción de agua en GFRC y PPFRC con la dosis más alta de fibras seguía incrementándose al prolongarse el tiempo de prueba cuando la proporción agua/cemento aumentó a 0,35.

Así mismo, Zheng et al (2020) realizaron la investigación experimental que se enfoca en un conjunto de investigaciones de laboratorio que examinan cómo la cantidad y el tipo de fibras influyen en las propiedades mecánicas y los patrones de falla del concreto con refuerzo de fibras. Se realizaron pruebas en distintos ejemplares de concreto con diferentes niveles de fibras (0 %, 0.4 %, 0.8 %, 1.2 %) y distintos tipos de fibras (PP, vidrio y poliácilonitrilo), sometiéndolas a pruebas de compresión uniaxial. Además, se empleó una tomografía computarizada industrial (CT) para analizar la evolución temporal y espacial de las microgrietas internas antes y después de la compresión. Los resultados experimentales demostraron que la resistencia al aplastamiento del concreto con incorporación de polímeros aumentó inicialmente y luego disminuyó con la dosificación de fibras. El concreto con incorporación de polímeros de vidrio mostró una resistencia máxima superior a los tipos de fibras de PP y poliácilonitrilo. El concreto se deforma de una manera lineal al agregar más cantidad de fibras. Además, se exploraron las características fractales de las grietas en el concreto. Se observó que el modo de falla del

concreto con refuerzo de fibras cambió de corte a tracción a modo que se agregó más fibras al concreto. Los efectos de puenteo de las fibras fueron más notorios en el vidrio, seguidos por el PP y el poliacrilonitrilo, según lo revelado por la tomografía computarizada.

Sadowska-Buraczewska et al. (2020) por su parte indican que en su artículo tuvieron como objetivo analizar cómo una plancha de concreto con refuerzo de fibras en la zona aplastada afecta al comportamiento mecánico de las losas que están compuestas de una mezcla con incorporación de fibras. Para esto, se emplearon fibras de acero (SF) y fibras de PP (PP) en una proporción del 1% en relación al peso de la mezcla de concreto como refuerzo. Se diseñaron mezclas de referencia, mezclas de concreto con fibras de acero y mezclas de concreto con fibras de PP para luego evaluar su comportamiento mecánico, como resistencia al aplastamiento, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y resistencia al hielo. Se construyeron los elementos principales de investigación, que son losas con una capa reforzada de compresión de 30 mm de concreto con PP o SF, y se sometieron a pruebas. Los datos obtenidos se pusieron en comparación con datos de una placa, pero sin capa de refuerzo. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la flexión, capacidad de carga y deflexión en las losas. Además, se desarrolló un esquema que muestra cómo se desarrollan las grietas durante las pruebas y se creó un estilo matemático para la losa. El análisis reveló que las losas compuestas con concreto con refuerzo de fibras y una capa superior de PP lograron una capacidad de carga un 12% mayor en comparación con las losas de referencia

De Sá, et al (2020) escribieron resultados de una investigación donde se llevó a cabo un programa de experimentos con el fin de evaluar cómo la adición de 10 kg/m³ de fibras de PP (PP) afecta el comportamiento a tracción y flexión de miembros de concreto reforzados internamente con barras GFRP. Se llevaron a cabo pruebas de caracterización mecánica y pruebas de extracción para determinar las propiedades de los materiales que componen el concreto y para entender cómo interactúan entre sí. A nivel estructural, se llevaron a cabo pruebas de tracción directa y flexión de cuatro puntos en muestras prismáticas con el propósito de analizar cómo responden mecánicamente. A lo largo de la investigación, se utilizó una técnica llamada correlación de imágenes digitales (DIC) para rastrear cambios en la forma, apertura de grietas y distancias entre puntos. Se pudo observar una disminución notable en el ancho de las grietas y un aumento en la formación de múltiples grietas en las muestras que contenían fibras. Los resultados también indican

que la resistencia a la tensión juega un papel importante en los ejemplares que fueron puestos a prueba de tensión y flexión, y que en las muestras ensayadas en flexión se puede observar un pequeño aumento en su ductilidad estructural. Las pruebas sugieren que el efecto de carga cortante también puede tener un impacto en la rigidez de las barras utilizadas en el experimento.

Otra investigación es la de Arsalan et al (2019) quienes escribieron un artículo en el que expresan que la falta de robustez a la tensión del concreto armado sin refuerzo se debe a la existencia natural de microgrietas causadas por factores como la retracción por secado. Sin embargo, al añadir una cantidad adecuada de fibras al concreto, es posible detener la propagación de estas grietas y mejorar sus propiedades estáticas y dinámicas. En este estudio, se investigó cómo diferentes cantidades de fibras de PP afectan las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Se compararon mezclas de concreto sin fibras con nueve mezclas que contenían diferentes fracciones de volumen de fibras (FVF) de 0.06% a 2.16%. Los resultados mostraron que agregar fibras aumenta significativamente las propiedades del concreto a los 28 días, siendo más notable en un FVF de aproximadamente 0.36%. A medida que el FVF supera este valor, las resistencias disminuyen debido a problemas de compactación y una interfaz desfavorable entre las fibras y la matriz del concreto. Además, el aumento de fibras reduce la densidad del concreto y aumenta la absorción de agua debido a la disminución de la trabajabilidad.

En el caso de Pakravan y Ozbakkaloglu (2019) realizaron una investigación donde indican que, debido a sus impresionantes características físicas y mecánicas, ha habido un creciente interés en los últimos años en el uso de fibras sintéticas como el PP (PP), el polietileno (PE) y el alcohol polivinílico (PVA) en compuestos cementicios. Este artículo ofrece un análisis profundo de los avances recientes en la aplicación de estas fibras sintéticas como refuerzo en compuestos cementicios. Las fibras se agrupan de acuerdo con sus características físicas y mecánicas. A lo largo del análisis, se identifican los parámetros clave de las fibras y se explora cómo influyen en las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de los compuestos cementicios reforzados con fibras (FRCCs). Además de esto, se presentan análisis detallados de la microestructura de los compuestos y las fibras para explicar las observaciones en estas propiedades.

Por otro lado, Qin et al. (2019), escribieron un estudio donde indican que el uso indiscriminado de fibras textiles desechadas ha contribuido significativamente a la contaminación ambiental. Este estudio se enfoca en evaluar la posibilidad de incorporar

estas fibras de desecho al concreto y en analizar su comportamiento en términos de compresión, evolución del daño y rendimiento a diferentes escalas. Se confeccionaron muestras de concreto utilizando fibras de PP extraídas de ropa usada y se compararon sus propiedades de compresión, capacidad de absorción de energía y resistencia a la degradación con concreto convencional (PC) y concreto con refuerzo de fibras de PP (PPFRC). Los datos obtenidos indican que de cierta manera la incorporación de estos polímeros puede aumentar la resistencia del concreto a la compresión. Este enfoque de incorporar fibras de desecho al concreto es una tecnología en constante desarrollo, adaptable a cambios tanto técnicos como ambientales.

En otro momento, Liu et al (2019) desarrollaron una investigación que tuvo como propósito el verificar cómo las fibras de vidrio y PP influyen en la mejora de las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. Para ello, se incorporaron fibras de vidrio, polímeros de PP y cierta combinación de ambas a pruebas de mezcla de concreto. Se llevaron a cabo pruebas de compresión y flexión para confirmar que estas fibras refuerzan las propiedades mecánicas del concreto. Con el objetivo de evaluar que características beneficiosas podría tener el concreto con la anexión de fibras, se realizaron pruebas de migración rápida de cloruro e impregnación presurosa de cloruro. Los cotejos de los resultados finales experimentales demuestran que el concreto con refuerzo de la combinación de ambas fibras tiene el mayor impacto en la mejora de las características del concreto. Además, en cotejo con el concreto incorporado con polímeros de vidrio, el concreto con refuerzo de fibra de PP presenta un desempeño superior en términos de propiedades mecánicas y de durabilidad.

Yin et al. (2018) realizaron una investigación donde se presenta un estudio experimental que se centra en cómo reacciona a la de flexión del concreto con una incorporación de una combinación de polímeros de acero y PP, conocido como HFRC. El estudio se realizó utilizando pruebas de flexión en 51 muestras y considerando tres variedades de polímeros de acero (rectas, de extremo en gancho y corrugadas) junto con una variedad de PP. La investigación se enfocó en analizar las características de carga y deflexión, la tenacidad, las propiedades de fisuración y el impacto conjunto de estas fibras en el comportamiento del concreto. Los resultados indicaron mejoras en el comportamiento a flexión cuando se combinan los polímeros de acero y PP. Las fibras de extremo en gancho demostraron un desempeño excepcional en términos de flexión. Sin embargo, la combinación de fibras de acero rectas y PP mostró una sinergia aún más

evidente. Además de los efectos positivos en la robustez al aplastamiento, tensión por corte y flexión del concreto, se observó una mejora en la ductilidad después del pico de carga y una reducción en la degradación de la resistencia a manera que aumenta el número de polímeros y la relación de aspecto de las fibras de acero. El análisis de micro fisuras reveló que las fibras corrugadas y de extremo en gancho ofrecían un comportamiento de falla superior en comparación con las fibras rectas, debido a la formación de micro fisuras inducidas por las interacciones mecánicas entre las fibras de acero. Además, se desarrollaron ecuaciones analíticas que permiten predecir las cargas de flexión, deflexiones y tenacidad del HFRC, tomando en cuenta los diversos parámetros de las fibras involucradas.

Finalmente, Zhang et al. (2018) publicaron un artículo en el que revelaron que, según investigaciones recientes, se ha confirmado que las fibras de PP tienen un impacto significativo ya que da como resultado un mejor concreto para resistir cargas de impacto y prevenir la formación de grietas. Este estudio se enfoca en investigar en detalle el comportamiento dinámico y en desarrollar un modelo constitutivo que explique cómo el concreto con refuerzo de fibras de PP (PFRC) se comporta bajo condiciones de alta velocidad de deformación. Se realizaron pruebas utilizando muestras de PFRC con distintos contenidos de fibras de PP (0, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 5.0 kg/m³) utilizando un dispositivo conocido como Barra de Presión Split Hopkinson (SHPB). Se llevaron a cabo pruebas tanto en situaciones cuasi estáticas como dinámicas para evaluar cómo la cantidad de fibras, la velocidad de deformación y la proporción agua-cemento (a/c) afectan las propiedades mecánicas del PFRC en condiciones dinámicas. Los datos obtenidos dieron a relucir que sus características mecánicas dinámicas del PFRC, como la robustez dinámica, el factor de incremento dinámico, las deformaciones máximas y últimas, así como la tenacidad pico y última, mejoran de manera significativa a medida que aumenta la velocidad de deformación. La incorporación de fibras de PP tiene el efecto de aumentar la capacidad del concreto para resistir impactos y prevenir la formación de grietas, siendo más efectiva en concretos con una proporción agua-cemento más alta. Finalmente, se desarrolló un modelo constitutivo dinámico de daño para el PFRC, basado en el modelo ZWT, que permitió ajustar las curvas de esfuerzo-deformación obtenidas en las pruebas SHPB de manera precisa, dejando en evidencia que el estudio demostrando puede dejar en claro cuál es la manera adecuada el comportamiento dinámico del PFRC.

A la literatura que sirve como antecedentes hay que sumarla los conocimientos teóricos y conceptuales, es en este sentido que se define al polipropileno como un polímero termoplástico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a su versatilidad y propiedades físicas y químicas favorables. Se caracteriza por ser un material ligero pero resistente, con alta resistencia a la humedad, productos químicos y la abrasión. Su estructura química consiste en cadenas lineales de unidades repetitivas de propileno, lo que le otorga su nombre (Kampa et al, 2022).

El polipropileno se emplea en la fabricación de productos que van desde envases y utensilios hasta componentes automotrices y textiles, y es ampliamente valorado por su capacidad de ser moldeado, fundido y extruido en diferentes formas y tamaños. Su aplicabilidad se extiende a industrias como la alimentaria, médica, automotriz y de envases, entre otras (Madhavi et al, 2014).

Otro concepto a revisar es el de la resistencia a la compresión, en este se hace referencia a la capacidad intrínseca de un material adecuado para soportar las fuerzas o cargas que actúan en dirección a la compresión, es decir, la reducción de su longitud o volumen (Zhang et al, 2023) Constituye una medida esencial de la aptitud de un material para oponerse a deformaciones permanentes o colapsos bajo la influencia de cargas que ejercen compresión. Esta propiedad se determina mediante pruebas de compresión, en las cuales se aplica gradualmente una carga axial al material hasta que se llega al punto de fractura o deformación plástica. La resistencia a la compresión reviste una importancia crucial en el campo de la ingeniería civil, así como en la evaluación de la calidad y adecuación de los materiales empleados en la construcción y otras aplicaciones industriales (Vivas y Zerbino, 2022).

Así como la resistencia a la flexión que es la capacidad de un material para resistir las fuerzas que actúan para doblarlo o curvarlo. Es una característica mecánica que determina cual va a ser el soporte del producto para resistir cargas aplicadas en su superficie que generan deformaciones en forma de curvatura o flexión. La resistencia a la flexión es crucial en la ingeniería y el diseño de estructuras, ya que permite determinar la capacidad de un material para soportar cargas y tensiones que generan flexiones y curvaturas en elementos como vigas, columnas y losas (Wang y Shao, 2023). Esta propiedad se mide mediante ensayos de flexión, donde se aplica una carga gradualmente hasta que el material se dobla o quiebra (Nikolenko et al, 2021).

Como punto final se tiene al concreto, el cual es un producto de construcción

elaborado por el ser humano que guarda semejanza con la piedra. La denominación "concreto" deriva del término latino "concretus", que traduce "crecer juntos"(Li et al., 2023). El concreto representa un compuesto material cuya composición comprende una substancia granular gruesa (el agregado o llenante) encajada en una matriz sólida (cemento o aglutinante) que colma el espacio entre las partículas del agregado y las amalgama. De manera alternativa, podría decirse que el concreto corresponde a un compuesto material que fundamentalmente abarca un aglutinante en el cual se insertan partículas o fragmentos de agregados (Jahandari et al., 2023).

Dentro de los puntos a tratar en el concreto, hay que hablar de la teoría de falla y fractura en este, él es un tema crucial en ingeniería estructural y materiales. Se conocen dos tipos de falla: la dúctil, que implica una deformación considerable antes de la rotura, y la frágil, que ocurre de manera abrupta. En el caso del concreto, se aplican diversas teorías de falla elástica, como la teoría de la máxima tensión cortante y la teoría de la máxima energía de distorsión, dependiendo del tipo de material. Además, la mecánica de la fractura es fundamental para comprender la propagación de fisuras y el análisis de fallas en componentes estructurales (Jaramillo *et al*, 2008).

Además, el análisis de la fractura del concreto es crucial para comprender su comportamiento. Se han observado diferentes tipos de fractura, como la fractura frágil, que ocurre de manera abrupta, y la fractura dúctil, que implica una deformación considerable antes de la rotura. La mecánica de la fractura es fundamental para comprender la propagación de fisuras y el análisis de fallas en componentes estructurales (Juárez-Luna. y Hernández, 2016).

El criterio de falla y fraccionamiento del concreto se asocia con la incorporación de polímeros, ya que estas pueden influir significativamente en el comportamiento del concreto frente a esfuerzos de tracción, compresión y flexión. Las fibras pueden mejorar la resistencia y rigidez del concreto, así como controlar la fisuración por contracción y post-agrietamiento. En tracción, las fibras pueden evitar la propagación de grietas, mientras que, en compresión, contribuyen a mejorar la resistencia a la compresión. Además, las fibras pueden prevenir la falla súbita en el concreto, lo que es una característica positiva en semejanza con el concreto comercial (Miranda, 2021).

Los polímeros de acero y polipropileno son muy utilizadas en el concreto y han demostrado mejorar el comportamiento del concreto al post-agrietamiento, reduciendo las grietas y mejorando la esencia del concreto para resistir cargas de tensión y flexión. Por

otro lado, los polímeros no contaminantes, como el bagazo de caña, también han mostrado mejoras en las propiedades mecánicas del concreto y pueden ser utilizadas como refuerzo con un tratamiento previo para reducir los efectos alcalinos (Betancourt *et al.*, 2018), es decir, el uso de fibras en el concreto puede influir en el criterio de falla y rotura del material, mejorando su resistencia, rigidez y capacidad para resistir esfuerzos de tracción, compresión y flexión, así como controlar la fisuración y prevenir la falla súbita en el concreto.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque, tipo

La metodología investigación seleccionada para esta tesis es de naturaleza cuantitativa, lo que implica que se centrará en la recopilación, análisis e interpretación de datos numéricos y medibles. Este enfoque tiene como objetivo comprender y explicar patrones y relaciones dentro de fenómenos, utilizando técnicas que permitan una medición objetiva de variables. En el contexto de esta investigación, este enfoque cuantitativo desempeñó un papel fundamental en la obtención de resultados con valores cuantificables que aborden el impacto del porcentaje de polipropileno p en la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

En cuanto al tipo de estudio, se realizó a cabo una aproximación aplicada y experimental. La investigación aplicada persigue la generación de conocimiento que pueda ser aplicado directamente para resolver problemas concretos en el entorno real. En esta tesis, se focaliza en abordar la problemática relacionada con la fisuración del concreto y la necesidad de incorporar fibras de polipropileno para contrarrestar dicho problema, un aspecto de gran relevancia en la construcción y la industria de la ingeniería civil.

La investigación de naturaleza experimental se concentra en el análisis minucioso y controlado de variables en condiciones rigurosamente diseñadas. En este contexto, se realizaron pruebas en un entorno de laboratorio para explorar cómo distintos niveles de pp influyen en las capacidades propias del concreto. Estos ensayos fueron llevados a cabo en condiciones controladas, manipulando las variables independientes para evaluar su efecto en las variables dependientes.

2.2. Diseño de investigación

Esta investigación cuenta con un diseño experimental puro el cual se trata de un método riguroso y preciso en la investigación científica cuyo propósito es analizar las conexiones causales y de causa y efecto entre distintas variables. Este diseño se destaca por la alteración deliberada de una o más variables independientes con el fin de observar los

impactos resultantes en una variable dependiente, al mismo tiempo que se gestionan otras variables que podrían ejercer influencia en el resultado.

2.3. Población, muestra y muestreo

Para la presente investigación se tuvo la siguiente población y muestra:

Población

La población la conformó el concreto $f'c$ 210 kg/cm² reforzado con fibras de polipropileno (SikaFiber PE) en porcentajes de 0, 4, 6 y 8% en peso, estas fueron distribuidas en probetas para compresión y flexión en un total de 120 probetas en total

Muestra

La muestra estuvo conformada por 40 testigos seleccionados de la siguiente manera, 20 probetas para ensayo de compresión (cilindros de 4x8") bajo la norma AST C39 y 20 probetas para ensayo de flexión (prismas de 60x15x15 cm) bajo la norma ASTM 78 y se agruparon bajo el siguiente detalle:

Tabla 1
Probetas evaluadas

Cantidad de probetas			
Porcentaje de polipropileno	Resistencia a compresión	Resistencia a flexión	
0%	5	5	
4%	5	5	
6%	5	5	
8%	5	5	
Subtotal	20	20	
Total	40		

³ Muestreo

Para el presente estudio se empleó el muestreo no probabilístico o por ² conveniencia

2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos/ equipos de laboratorio/ informe de laboratorio especializado

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

La estrategia seleccionada para la obtención de datos fue la observación directa, el cual es un método esencial en la investigación ya que goza de amplia aceptación entre científicos sociales y observadores de la naturaleza. Este enfoque involucra la recolección de información mediante la observación detallada y el registro sistemático de eventos en su contexto natural, sin intervenir en el entorno estudiado. Esta técnica proporciona una comprensión exhaustiva de los fenómenos bajo estudio, permitiendo la captura de matices que podrían pasar inadvertidos en otros métodos de investigación.

En cuanto al instrumento empleado para recopilar los datos, se utilizaron formatos diseñados conforme a las normativas de los ensayos correspondientes. Es importante destacar que estos ensayos experimentales se realizaron en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI" y estuvieron bajo la supervisión y dirección de un docente de apoyo en el laboratorio. Esta rigurosa ejecución garantizó la adecuada realización de los ensayos, manteniendo la precisión y fiabilidad de los resultados, y asegurando que se hayan realizado en un entorno controlado y confiable.

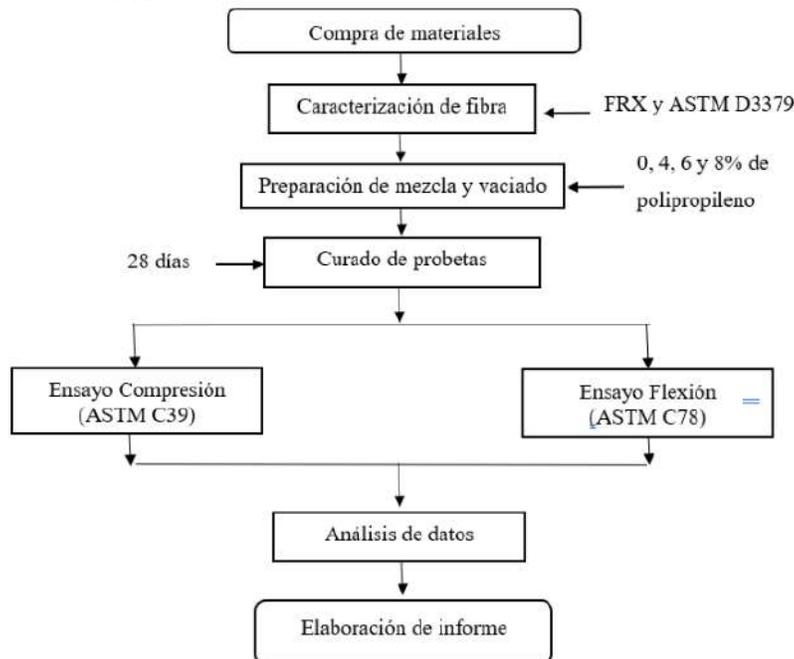
El proceso inició con la compra de la fibra de polipropileno, para esto se escogió la microfibra SikaFiber PE, la cual tiene un tamaño de 19 mm de largo, esta fibra se envió a un laboratorio donde se le realizó los análisis fisicoquímicos necesarios como fueron absorción de agua, punto de fusión, resistencia a la tensión, etc.; así mismo se determinaron los componentes químicos que conforman este polímero mediante fluorescencia de rayos X por la naturaleza amorfa del polímero en mención.

Luego de tener los materiales a la mano, se prepararon las mezclas de acuerdo al diseño realizado (Anexo 4) y con los diversos porcentajes de polipropileno adicionado (0, 4, 6 y 8%), las distintas mezclas fueron vaciadas en los moldes para compresión y flexión, al día siguiente del vaciado se procedió al desencofrado y colocar en agua para que cumplan los 28 días de curado.

Una vez pasado el tiempo designado al curado en agua se sometieron los testigos a los respectivos ensayos, en el caso del ensayo de compresión se utilizó una prensa hidráulica electrónica y en el caso del ensayo de flexión se realizó mediante el uso de una prensa hidráulica adaptada para ensayo de flexión de 3 puntos. ambos ensayos tuvieron lugar en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y se cumplieron los protocolos establecidos en las normas ASTM C39 y ASTM C78 respectivamente.

En conjunto con la explicación previa, se elaboró un diagrama de flujo del proceso:

Figura 1
Diagrama de flujo



2.4.2. Equipos de laboratorio

Prensa digital para concreto (ACCU-TEK 250): la cual sirvió para realizar los ensayos de compresión de los diversos testigos cilíndricos elaborados

Prensa para flexión hechiza (1000 psi): esta prensa apoyó para la realización del ensayo de flexión en 3 puntos a las vigas de concreto

Trompo mezclador (Bauker – 210 L): con ayuda de este equipo se procesaron las diferentes mezclas

Balanza analítica (ADAM – 32 kg): con la cual se midió el peso de cada una de las probetas

2.4.3. Informe de laboratorio

3
Figura 2

Resultados de ensayo de compresión

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: SANTIAGO AREDO JERSON LEONARD
TESIS	: EFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y FLEXION DEL CONCRETO
MUESTRA	: FIBRA DE POLIPROPILENO
TAMAÑO	: 6 x 12"
FECHA DE INGRESO	: 18 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Probeta	Porcentaje de fibra de polipropileno (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f _c (kg/cm ²)	f _c promedio
01	0	9.27	0.1505	0.3109	287	292
02	0	9.3	0.1502	0.3093	293	
03	0	9.2	0.1502	0.3087	296	
04	0	9.45	0.1506	0.3092	299	
05	0	8.98	0.1503	0.3102	283	
06	4	9.87	0.1501	0.3089	325	330
07	4	10.05	0.1502	0.3094	331	
08	4	10.12	0.1505	0.3096	335	
09	4	9.96	0.151	0.3096	328	
10	4	10.08	0.1506	0.3098	333	
11	6	10.65	0.1505	0.3101	351	352
12	6	10.59	0.1505	0.3108	345	
13	6	10.69	0.1502	0.3087	355	
14	6	10.72	0.1503	0.3089	358	
15	6	10.64	0.1501	0.3092	350	
16	8	11.25	0.1508	0.3094	312	311
17	8	11.29	0.1507	0.3097	316	
18	8	11.09	0.1506	0.3097	301	
19	8	11.31	0.1506	0.3095	318	
20	8	11.17	0.1504	0.3099	307	


CARLOS ARELLANO
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122568



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

Figura 3

Resultados de ensayo de flexión

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: SANTIAGO AREDO JERSON LEONARD
TESIS	: EFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y FLEXION DEL CONCRETO
MUESTRA	: FIBRA DE POLIPROPILENO
TAMAÑO	: 15 cm x 15 cm x 65 cm
FECHA DE INGRESO	: 18 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

Resistencia a la flexión de vigas

Probeta	Porcentaje de fibra de polipropileno (%)	Peso (kg)	Largo (m)	Luz (m)	Res. Flex (kg/cm ²)	Res. Flex. promedio
01	0	23.25	0.659	0.559	35	35
02	0	23.64	0.653	0.553	35	
03	0	22.89	0.66	0.56	35	
04	0	23.21	0.658	0.558	35	
05	0	23.26	0.658	0.558	35	
06	4	23.9	0.657	0.557	38	39
07	4	23.87	0.659	0.559	39	
08	4	24.01	0.653	0.553	39	
09	4	23.82	0.651	0.551	38	
10	4	24.1	0.649	0.549	39	
11	6	24.5	0.654	0.554	42	43
12	6	24.61	0.653	0.553	43	
13	6	24.49	0.657	0.557	44	
14	6	24.52	0.659	0.559	44	
15	6	24.57	0.655	0.555	43	
16	8	24.93	0.651	0.551	46	46
17	8	24.81	0.648	0.548	46	
18	8	24.83	0.649	0.549	46	
19	8	24.91	0.655	0.555	47	
20	8	24.87	0.652	0.552	46	



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

Figura 4

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTES	: SANTIAGO AREDO, JERSON LEONARD
TESIS	: EFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO
MUESTRA	: FIBRA DE POLIPROPILENO
PROCEDENCIA	:
LUGAR	:
FECHA DE INGRESO	: 02 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		A001
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
ABSORCION DE AGUA	-	NINGUNA
PUNTO DE FUSION	°C	160
RESISTENCIA A LA TENSION	Kg/cm2	448
DEFORMACIÓN A LA ROTURA	%	25
MÓDULO DE ELASTICIDAD	Kg/cm2	15.000

ASTM D3179 Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus for High-Modulus Single-Filament Materials

ANÁLISIS QUÍMICOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	43.58	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	12.52	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	27.14	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	2.11	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	1.43	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	0.54	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.087	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.13	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	0.027	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.04	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.006	
PÉRDIDA POR QUEMADO	12.39	

CONCLUSIÓN: Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron por igual silicio (Si), Aluminio (Al) y Calcio (Ca), con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontraron hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

1 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

En la etapa de elaboración y evaluación de datos, se llevó a cabo un enfoque exhaustivo para extraer información significativa y concluyente de los datos recopilados. Las técnicas empleadas abarcaron tanto la estadística descriptiva como la estadística inferencial, utilizando herramientas visuales como tablas y gráficos, así como análisis más avanzados mediante pruebas ANOVA y el método de Tukey.

En primer lugar, la estadística descriptiva permitió examinar y resumir las características esenciales de los datos recolectados. Se elaboraron tablas que presentan medidas centrales como la media, la mediana entre otras, así mismo, se construyeron gráficos de dispersión, histogramas para visualizar la distribución y tendencias de los datos.

Para avanzar en el análisis, se aplicaron técnicas de estadística inferencial, específicamente análisis de varianza (ANOVA), que permitió determinar si es que los grupos de datos tienen algún tipo de diferencia entre sí. Esta prueba se utilizó para comparar las diferentes resistencias al aplastamiento y flexionante del concreto en función de los porcentajes de polipropileno añadidos. La interpretación de los resultados se apoyó en tablas de resultados ANOVA, donde se evaluaron los valores de significancia (p-value) y se determinaron las diferencias estadísticamente significativas.

Posteriormente, se empleó el método de Tukey como una extensión de ANOVA para identificar qué grupos específicos presentan diferencias significativas entre ellos. Esto permitió realizar comparaciones múltiples y precisas entre los porcentajes de polipropileno, determinando cuáles de ellos contribuyen a las variaciones observadas en las resistencias del concreto.

Para llevar a cabo estas técnicas de procesamiento y análisis de datos, se utilizaron herramientas informáticas como Microsoft Excel y el software SPSS. Estas plataformas permitieron realizar cálculos precisos, generar gráficos visualmente informativos y aplicar pruebas estadísticas de manera eficiente. La combinación de estas herramientas y técnicas contribuyeron a una interpretación sólida y respaldada de los resultados obtenidos, brindando conocimientos valiosos sobre las consecuencias del porcentaje de pp en las características y comportamiento del concreto.

2.6. Aspectos éticos en investigación

Se llevó a cabo una meticulosa y confiable recopilación de información, asegurando un estricto cumplimiento de los códigos éticos de investigación estipulados tanto por la Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI" como por organismos internacionales pertinentes. Durante el camino de todo el proceso de desarrollo, se garantizó la integridad y la transparencia, en total acatamiento de las regulaciones vigentes, con el objetivo de preservar la autenticidad y la veracidad de la exploración en consideración.

III. RESULTADOS

3.1. OE1: Caracterizar química y físicamente las fibras de polipropileno

Con el fin de alcanzar este objetivo, se transportó la fibra de polipropileno a un laboratorio, donde se llevaron a cabo los análisis correspondientes. Para la caracterización química, se utilizó el ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X debido a la naturaleza amorfa que presenta este polímero en particular. Por otro lado, para determinar las propiedades físicas, se siguieron las pautas estipuladas en la norma ASTM D3379, junto con un ensayo de incineración para establecer el punto de fusión. Los resultados se pueden encontrar en la tabla resumen a continuación (Tabla 4), donde se realiza una comparación con los valores indicados en la ficha técnica de la fibra utilizada.

Tabla 2

Resultados de caracterización física de fibra de polipropileno vs ficha técnica

Propiedad	Unidades	Resultados Laboratorio	Ficha Técnica
Absorción de agua	%	no presenta	< 2
22 Punto de fusión	°C	160	no indica
Resistencia a la tensión	kg/cm ²	448	468
Deformación a la rotura	%	25	26%
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	15000	15000

Como se puede observar, los valores obtenidos en el laboratorio son muy cercanos a los indicados por la ficha técnica, por lo que se comprueba la calidad de la fibra a trabajar

Tabla 3

Resumen de caracterización química de fibra de polipropileno

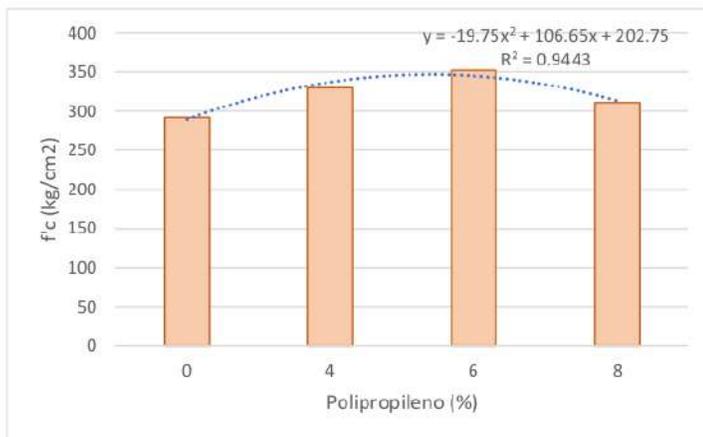
Composición química	Porcentaje
Dióxido de silicio	43.58
19 Trióxido de Aluminio	27.14
Oxido de calcio	12.52
Óxido de zinc	0.04
Óxido de manganeso	0.006

En la tabla 3 vemos que los resultados químicos revelan que el material en estudio presenta un alto porcentaje de ¹⁹dióxido de silicio, seguido del trióxido de aluminio y óxido de calcio; por otro lado, los porcentajes más bajos corresponden al óxido de zinc y óxido de manganeso

3.2. OE2: Analizar la variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno

Figura 5

Variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno



La figura 5 nos muestra cómo la resistencia al aplastamiento va a variar cuando agregamos más polipropileno a la mezcla teniendo que llegar a un punto máximo con el 6% de PP (352 kg/cm²) y posteriormente empieza a disminuir esta resistencia al aumentar el polipropileno al 8% formando una curva que corresponde a la ecuación: $y = -19.75x^2 + 106.65x + 202.75$, teniendo así un comportamiento positivo hasta el 6% y posteriormente decrece.

Para la validación de la hipótesis se realizó la prueba de ANOVA, para esto se utilizó el software SPSS, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4 ANOVA para la resistencia a la compresión

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10026,550	3	3342,183	102,051	,000
Dentro de grupos	524,000	16	32,750		
Total	10550,550	19			

Se puede observar que el valor de la significancia es 0.000 (valor p), el cual es más bajo que la significancia que se planteó inicialmente: 0.05 ($p < \alpha$) teniendo así que por lo menos uno de los grupos analizados presenta diferencias respecto a los demás, es por esta razón que se llega a rechazar la hipótesis nula propuesta y se acepta la hipótesis alterna; sin embargo, para determinar si esta diferencia demostrada es o no significativa, se recurre a la posprueba de Tukey

Tabla 5
Posprueba de Tukey para la resistencia a la compresión

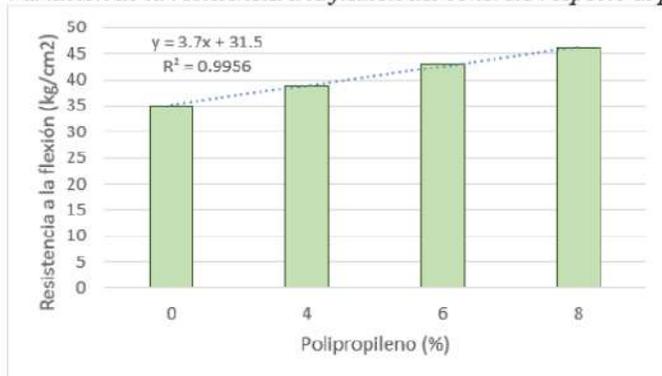
Polipropileno	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	5	291,60			
8%	5		310,80		
4%	5			330,40	
6%	5				351,80
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

En la tabla anterior se aprecia que posterior a la prueba de Tukey, se llegaron a formar cuatro grupos, lo que indica que todos los valores son diferentes entre si, es decir, que existe una diferencia significativa entre ellos, tomando, así como verdadera a la hipótesis alterna H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno

3.3. OE3: Analizar la variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno

Figura 6
Variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno



En la figura precedente se tiene que la variación de la resistencia flexionante es lineal y ascendente, en otras palabras, es positiva con respecto al porcentaje de polietileno

adicionado siguiendo su comportamiento a la ecuación: $y = 54.1x + 445.5$, con la que se llega a un punto máximo de 46 kg/cm^2 , el cual corresponde al 8% de polipropileno

Así también, se realizó el ANOVA unidireccional del cual se presentan los resultados en la tabla 7, en esta se aprecia nuevamente que la significancia obtenida es 0,000 con lo que se llega a rechazar la hipótesis nula para dar paso a la hipótesis alterna planteada

Tabla 6
ANOVA para la resistencia a la flexión

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	366,950	3	122,317	407,722	,000
Dentro de grupos	4,800	16	,300		
Total	371,750	19			

Tabla 7
Posprueba de Tukey para la resistencia a la flexión

Polipropileno	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	5	35,00			
4%	5		38,60		
6%	5			43,20	
8%	5				46,20
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

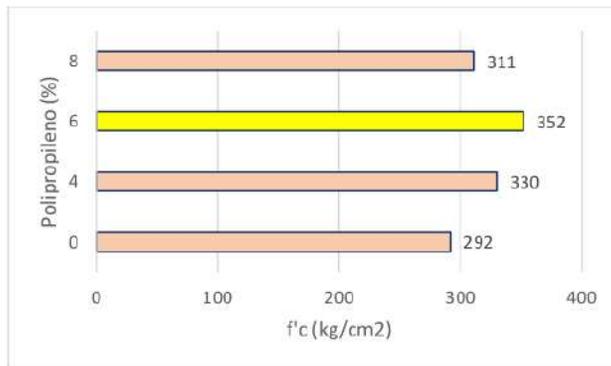
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Finalmente, luego de la prueba de Tukey, se tiene que si existen cambios considerables en los grupos formados por lo cual que se acepta H_1 : Si existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno

3.4. **OE4: Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto**

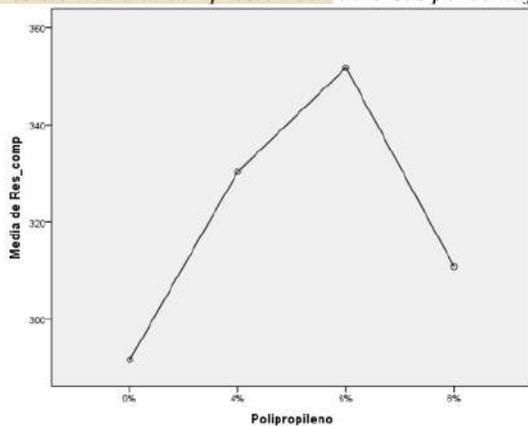
Figura 7
Valores de resistencia a compresión obtenidos



Como se puede ver en la figura 7, se tiene que el mayor valor más de resistencia al aplastamiento lograda fue con el 6% de polipropileno, llegando a poseer un valor de 352 kg/cm², el cual es un 20% más alto que el del grupo control (0% de polipropileno – 292 kg/cm²) y un 68% más alto que el valor de resistencia requerida (210 kg/cm²)

Figura 8

Resistencia a la compresión con diversos porcentajes de polipropileno

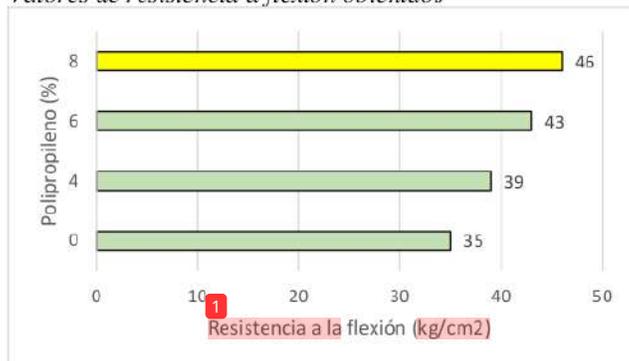


Por inspección y análisis de la figura anterior se rechaza la hipótesis propuesta: ¹ El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto es el 8% ya que como se indicó con anterioridad, el porcentaje con el que se tiene el valor más alto es el 6% el cual está representado por el pico de la figura.

3.5. ¹ **OE5: Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto**

Figura 9

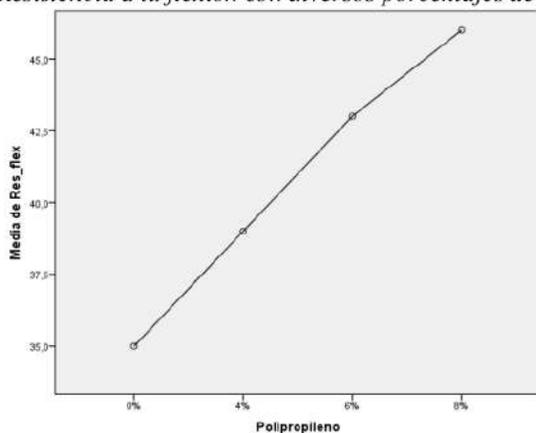
Valores de resistencia a flexión obtenidos



La figura anterior nos da como resultado que el 8% de PP posee la mayor resistencia flexionante con 46 kg/cm², el cual es un 31% mayor que la resistencia del grupo control (35 kg/cm²). Así mismo en la figura 8 se aprecia lo indicado, el punto más alto lo posee el mencionado porcentaje de polipropileno con lo que se da por aceptada la hipótesis planteada: El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto es el 8%.

Figura 10

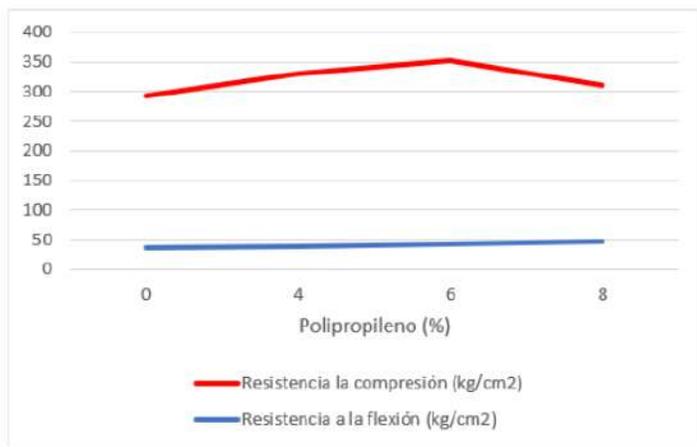
Resistencia a la flexión con diversos porcentajes de polipropileno



3.6. **OG:** Determinar el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto

Figura 11

Efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto



Es así que en los resultados anteriores mostrados, así también en la figura 11, se tiene comportamientos variados para cada propiedad mecánica analizada, por un lado la resistencia al aplastamiento se eleva hasta tener un mayor valor con el 6% de polipropileno, posteriormente descende, es decir es un efecto variable, positivo hasta cierto porcentaje y luego negativo; por otro lado la resistencia flexionante posee un comportamiento lineal positivo, es decir asciende al aumentar el porcentaje del polipropileno con lo que la hipótesis planteada: “Conforme aumenta el porcentaje de polipropileno, aumenta la resistencia a la compresión y flexión del concreto” se aceptaría parcialmente.

IV. DISCUSIÓN

En el caso de la caracterización física, se realizaron los ensayos en laboratorio obteniendo valores muy similares a los que indica la ficha técnica de la fibra comprada, estos valores se reafirman en la investigación de Acosta-Calderón et al, (2022) quien obtuvo 330 kg/cm² como resistencia a la tensión, 25% de deformación a la rotura, 15000 kg/cm² de módulo de elasticidad y no presenta humedad, estos valores son muy cercanos a los obtenidos en la caracterización realizada en un laboratorio y lo indicado en la ficha técnica del producto; sin embargo esto no corresponde a lo indicado por Kampa et al (2022) donde la fibra utilizadas presenta un valor de resistencia a la tensión aproximadamente 10 veces mayor a la experimentada en laboratorio, de igual manera con el módulo de elasticidad donde el valor es aproximadamente 100 veces mayor al del usado en esta investigación.

Zheng et al (2020) dentro de su investigación encontraron que a medida que agrega más polipropileno en relación al porcentaje el concreto tiene distintos comportamientos, teniendo que inicialmente aumenta y posterior llega a un punto máximo donde empieza a descender mientras va aumentando el porcentaje de PP adicionado, esto corresponde a lo encontrado en la presente investigación donde el concreto con fibra de PP alcanzó su resistencia máxima con el 6% de fibra y posteriormente desciende al igual que comprobaron Arsalan et al (2019) en su investigación.

En cuanto a ⁶ la resistencia a la flexión, en la pesquisa realizada se tiene que el comportamiento de la resistencia a la flexión es positivo respecto al porcentaje de polipropileno adicionado, esto está de acorde a lo indicado en la investigación realizada por Acosta-Calderón et al (2022) estos señalan que la resistencia al aplastamiento aumentó en razón al concreto patrón conforme adicionaban porcentajes de polipropileno; sin embargo, Hasan et al. (2019) indican que la resistencia en general (incluida compresión y flexión) aumentan hasta un cierto punto (0.36% de fibra de polipropileno) teniendo que al superar este porcentaje la resistencia desciende debido a que se tienen dificultades de compactación y trabajabilidad del concreto.

Con respecto al porcentaje de polipropileno que mejora significativamente ¹ la resistencia a la compresión de concreto, se obtuvo que es el 6% el porcentaje con el que se alcanza la mayor resistencia, este porcentaje es diferente a los obtenidos por Zheng et al. (2020), Yuan y Jia (2021), Acosta-Calderón et al (2022) y Sadowska-Buraczewska et al. (2020) ya que

los autores mencionados trabajaron con porcentajes menores al 2% de fibra adicionada, teniendo que el comportamiento presentado es variable tal como se evidenció en la investigación realizada.

La diferencia de porcentajes usados se evidenció también en la resistencia a la flexión ya que el valor más alto de esta propiedad la tuvo el 8% de polipropileno adicionada, y al igual que para la resistencia a la compresión Zheng et al. (2020), Yuan y Jia (2021), Acosta-Calderón et al (2022) y Sadowska-Buraczewska et al. (2020) obtuvieron otros valores debido al uso de porcentajes menores a los usados en esta investigación.

Para finalizar, el efecto del porcentaje de polipropileno en la manera de comportarse del concreto es diferente para el aplastamiento y para la flexión, mientras que la compresión tiene una subida y posteriormente desciende, la flexión aumenta respecto al porcentaje de polipropileno; este hallazgo es compartido por Zheng et al. (2020) y Yuan y Jia (2021); sin embargo Hasan et al. (2019) indican que la resistencia en general (incluida compresión y flexión) aumentan hasta un cierto punto y posterior a este la resistencia desciende.

V. CONCLUSIONES

PRIMERA

El porcentaje de polipropileno genera un efecto variable en el comportamiento mecánico del concreto, ya que mientras en para la resistencia a la compresión el comportamiento es variable, ya que al principio ascendente hasta 352 kg/cm² para el 6% de polipropileno, posteriormente desciende; para la resistencia a la flexión el comportamiento presentado es ascendente positivo ya que al agregar más polímeros de polipropileno en relación al porcentaje, asciende la resistencia a la flexión siendo el máximo valor 46 kg/cm² para un 8% de polipropileno

SEGUNDA

La caracterización físico química realizada al polipropileno reveló que los valores obtenidos son muy cercanos a los que indica la ficha técnica de la fibra utilizada, lo cual resalta la calidad del producto ya que cumple con la normativa para este tipo de materiales

TERCERA

La resistencia a la compresión varía en razón al porcentaje teniendo que el valor mínimo corresponde al grupo control con 292 kg/cm² y el punto máximo al 6% con 352 kg/cm² para finalmente descender a 311 kg/cm² al 8% de polipropileno presentando así un comportamiento variable, teniendo que inicialmente asciende y luego decrece.

CUARTA

Por otro lado, se tiene que la resistencia a la flexión se comporta de manera positiva, siendo que al aumentar el porcentaje de polipropileno genera también un aumento del valor de resistencia a la flexión presentando un comportamiento lineal con una ecuación $y = 54.1x + 445.5$ y un dato mayor de 46 kg/cm² para el 8% de polipropileno.

QUINTA

El porcentaje de polipropileno que mejora la resistencia a la compresión del concreto evaluado es el 6%, el cual corresponde a una resistencia de 352 kg/cm² el cual es un 20% más alto que el del grupo control (0% de polipropileno) con 292 kg/cm² y un 68% más alto que el valor de resistencia requerida (210 kg/cm²).

SEXTA

Finalmente se tiene ⁷ que el porcentaje de polipropileno que mejora la resistencia a la flexión del concreto es el 8% con 46 kg/cm² el cual supera al grupo control (35 kg/cm²) en un 31%.

VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA

Se propone que se realicen nuevas investigaciones con porcentajes mayores de fibras para corroborar el comportamiento encontrado o verificar si este varía en algún punto

SEGUNDA

A la vez se debe promover el uso de otro tipo de fibras cortas poliméricas, pero en este caso deberían ser recicladas por ejemplo usar botellas para generar fibras (tereftalato de polietileno)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta-Calderón, S., Gordillo-Silva, P., García-Troncoso, N., B Ompa, D y Flores-Rada, J. (2022) Comparative evaluation of sisal and polypropylene fiber reinforced concrete properties. *MDPI*. 10(4), 31. <https://doi.org/10.3390/fib10040031>
- Afroughsabet, V., Biolzi, L. y Ozbakkaloglu, T. (2016) High-performance fiber-reinforced concrete: a review. *Journal of Materials Science*. 51(2016), 6517-6551. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-9917-4>
- Alvarado, M. (2018) *Evaluación de los defectos constructivos en Viviendas de Albañilería confinada según NTP-E070 Sector 4 Distrito de la Esperanza 2018* [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo] Repositorio UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34033/alvarado_rm.pdf?sequence=1
- Arsalan, H., Nyazi, M. y Yassin, I. (2019) Effects of polypropylene fiber content on strength and workability properties of concrete. *Polytechnic Journal*. 09(01), 7-12. <https://doi.org/10.25156/ptj.v9n1y2019.pp7-12>
- Betancourt, J., Hernández, P., Narayanasamy, R. y Renteria, J. (2018) Revisión sobre el uso de fibras en concretos y su comportamiento mecánico. *Academic Journal*. 2 (2018), 153-158. <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6009e0250f4d6a58cfa23575/1611259949190/Compendio+de+Investigaci%C3%B3n+Academia+Journals+Los+Mochis+2018+-+Tomo+02.pdf>
- Chota, D., y Navarro, P. (2019) *Análisis de la resistencia del concreto utilizando hormigón en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali* [Tesis de título, Universidad Nacional de Ucayali] Repositorio UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4451/000004351T_CIVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- De Sá, F., Silva, F. y Cardoso, D. (2020) Tensile and flexural performance of concrete members reinforced with polypropylene fibers and GFRP bars. *Composite Structures*. 253(2020), 112784. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112784>
- Jahandari, S., Tao, Z., Alim, M. y Li, W. (2023) Integral waterproof concrete: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*. 78(2023), 107718. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107718>
- Jaramillo, H., Alba de Sánchez, N., Canizales, J. y Toro, A. (2008) *Introducción a la mecánica de la fractura y análisis de falla*. Universidad Autónoma de Occidente
- Juárez-Luna, G. y Hernández, D. (2016) Criterios de falla para modelado de elementos de concreto sin refuerzo. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*. 7(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112016000100035&script=sci_arttext
- Kampa, L., Sadowski, L. y Królicka, A. (2022) The use of synthetic and natural fibers in epoxy coatings: A comparative mechanical and economic analysis. *International Journal of Adhesion and Adhesive*. 117(2022), 103017. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.103017>
- Li, Z., Zhou, X., Ma, H. y Hou, D. (2022). *Advanced Concrete Technology*. John Wiley & Son Inc.
- Liu, J, Jia, Y. y Wang, J. (2019) Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Glass and Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. *Fibers and Polymers*. 20(2019), 1900-1908. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-1028-9>
- Madhavi, T., Raju, L., Mathur, D. (2014) Polypropylene Fiber Reinforced Concrete- A Review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 4(4), 114-119. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=99c0a5466fee16dc991b81125d84b0a9836cddec>
- Miranda, A. (2021) *Comportamiento Mecánico del Concreto con Adición de Fibras Naturales (Bagazo de Caña) y Fibras Sintéticas (Polipropileno)* [Tesis de maestría,

Universidad Militar Nueva Granada] Repositorio UNIMILITAR.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39794/MirandaEspitiaAngelicaNoelia2021.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

- Nikolenko, S., Sazonova, S., Asminin, V., Zyazina, T. y Mozgovoj, N. (2021) Flexural strength of fiber reinforced concrete structures. *Journal of Physics: Conference Series*. 1889(2021), 022075. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1889/2/022075>
- Pakravan, H. y Ozbakkaloglu, T. (2019) Synthetic fibers for cementitious composites: A critical and in-depth review of recent advances. *Construction and Building Materials*. 207(2019), 491-518. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.078>
- Pariona, J. (2021) *Bacterias alcalófilas en la auto-reparación de fisuras en concretos sostenibles* [Tesis de título, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6905>
- Qin, Y., Zhang, X., Chai, J., Xu, Z. y Li, S. (2019) Experimental study of compressive behavior of polypropylene-fiber-reinforced and polypropylene-fiber-fabric-reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. 194(2019), 216-225. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.042>
- Ringot, E. y Bascoul, A. (2001) About the analysis of microcracking in concrete. *Cement and Concrete Composites*. 23(2-3), 261-266. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(00\)00056-1](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(00)00056-1)
- Sadowska-Buraczewska, B., Szafraniec, M., Barnat-Hunek, D. y Lagód, G. (2020) Flexural behavior of composite concrete slabs made with steel and polypropylene fibers reinforced concrete in the compression zone. *MDPI*. 13(16), 3616. <https://doi.org/10.3390/ma13163616>
- Vivas, J. y Zerbino, R. (2022) Compressive resistance level effect on impact performance of fiber reinforced concrete. *Revista de la construcción*. 21(1), 135-144. <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.21.1.135>.

- Wang, L. y Shao, G. (2023) Test research on flexural strength of soil-cement reinforced with carbon fibers. *Case Studies in Construction Materials*. 19(2023), e02280.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e0228>
- 15
Yin, B., Xu, L., Shi, Y. y Li, C. (2018) Experimental investigation on the flexural behavior of steel-polypropylene hybrid fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. 191(2018), 80-94.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.202>
- Yuan, Z. y Jia, Y. (2021) Mechanical properties and microstructure of glass fiber and polypropylene fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials*. 266(2021), 121048.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121048>
- Zhang, H., Wang, L., Zheng, K., Tijjani, B. y Gul, P. (2018) Research on compressive impact dynamic behavior and constitutive model of polypropylene fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. 187(2018), 584-595.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.164>
- Zhang, Y., Xiong, X., He, L., Zhang, X. y He, M. (2023) Behavior of large-scale concrete columns reinforced with high-strength and high-toughness steel bars under axial and eccentric compression. *Journal of Building Engineering*. 79(2023), 107766.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.10776>
- Zheng, D., Song, W., Fu, J., Xue, G., Li, J. y Cao, S. (2020) Research on mechanical characteristics, fractal dimension and internal structure of fiber reinforced concrete under uniaxial compression. *Construction and Building Materials*. 258(2020), 120351. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120351>

2
ANEXO 2: FICHA TÉCNICA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® PE

FIBRA SINTÉTICA PARA EL REFUERZO DE CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFiber® PE, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

SikaFiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

Durante la mezcla SikaFiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)
- Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de SikaFiber® PE sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la comprensión.
- La acción del SikaFiber® PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

CERTIFICADOS / NORMAS

A los concretos a los que se agregado SikaFiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 600 g
Apariencia / Color	Fibra de color crema
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.
Densidad	1.17 kg/L

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® PE
Mayo 2019, Versión 03.01
02140802 1010000014

1 / 2

INFORMACIÓN TÉCNICA

Absorción de Agua	< 2%
Resistencia a la Tensión	468 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	15,000 kg/cm ²
Elongación de Rotura	26%
Resistencia a la Alcalinidad	Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Se agrega, en planta o a pie de obra, directamente a la mezcla de concreto o mortero. Una vez añadido el SikaFiber® PE, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. No disolver en el agua de amasado.

DOSIFICACIÓN

- Hasta $f'c = 300$ kg/cm², utilizar 600 g de SikaFiber® PE por m³ de concreto.
- Para concretos de alta resistencia, mayores a $f'c = 300$ kg/m², utilizar 1 kg de SikaFiber® PE por m³ de concreto.
- Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SikaFiber® PE por m³ de concreto.

LIMITACIONES

SikaFiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaFiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaFiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® PE
Mayo 2018, Versión 01.01
021-40802 101.0000019

2 / 2

SikaFiber® PE - es PE (02-2018) - 1-1.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



ANEXO 3: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Porcentaje de polipropileno	Cantidad de polímero termoplástico con monómero de 3 carbonos y presentado en forma de fibras (Autor, 2023)	El polipropileno se agregará en forma de atados de fibras y en diferentes porcentajes	Cantidad	Porcentajes en peso: 0, 4, 6 y 8%	Formato	Razón
Resistencia a la compresión y flexión del concreto	Propiedades mecánicas de concreto con adición de fibras (Autor, 2023)	Luego de agregadas las fibras se elaborarán las probetas que serán sometidas a ensayo de compresión y flexión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión	Formato Razón

ANEXO 4: DISEÑO DE MEZCLA (ACI 211)

Cemento Portland Tipo I

Peso específico: 2.94 g/cm³

Datos de los agregados

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Peso seco compactado	1480kg/m ³	Peso seco compactado	1286 kg/m ³
Peso específico	2031 kg/m ³	Peso específico	1870 kg/m ³
Peso unitario suelto seco	2000 kg/m ³	Peso unitario suelto seco	1601 kg/m ³
Módulo de fineza	2.71	TMN	¾"
Absorción	1.05%	Absorción	0.87%
Humedad	0.37%	Humedad	0.51%

Nota: datos obtenidos en laboratorio

Paso 1: selección de resistencia promedio y asentamiento

Resistencia requerida (f'c): 210 kg/cm²

Resistencia a la compresión promedio

f'c	f'cr
menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

Resistencia para diseño: f'c + 84 = 294 kg/cm²

Asentamiento requerido: 3" – 4"

Paso 2: selección de volumen unitario de agua de diseño

Resistencia a la compresión promedio

Agua en L/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concretos 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
concretos 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

Agua = 205 L/m³

Paso 3: selección de contenido de aire

Contenido de aire atrapado

TMN	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Aire = 2%

Paso 4: selección a/c

Relación a/c por resistencia

f'cr (28 días)	Relación a/c de diseño 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

Interpolación

250	0.62	
294	X	a/c = 0.558
300	0.55	

Paso 5: determinación de factor cemento

$$a/c = 0.558$$

$$c = 205/0.558$$

$$c = 367.38$$

Paso 6: determinación de contenido de agregado grueso

4

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura del fino (b/b ₀)			
	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

Interpolación

2.6 0.64

2.71 X b/b₀ = 0.629

2.8 0.62

$$\text{peso AG} = 0.629(1286 \text{ kg/m}^3) = 808.89 \text{ kg/m}^3$$

Paso 7: volumen de agregado fino

$$\text{Cemento} = 367.38 / 2940 = 0.125 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{AG} = 808.89 / 1870 = 0.432 \text{ m}^3$$

$$\text{AF} = 1 \text{ m}^3 - (0.152 + 0.02 + 0.205 + 0.432) \text{ m}^3 = 0.218 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso AF} = 0.218 * 2031 = 442.76 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: valores de diseño

$$\text{Cemento} = 367.38 \text{ kg}$$

$$\text{Aire} = 2\%$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{AG} = 808.89 \text{ kg}$$

$$\text{AF} = 442.76 \text{ kg}$$

Paso 9: corrección de humedad

$$AG = 808.89((0.51/100)+1) = 813.01 \text{ kg}$$

$$AF = 442.76((0.37/100)+1) = 444.4 \text{ kg}$$

Paso 10: aporte de agua

$$AF = ((0.37-1.05)*442.76)/100 = -3.01 \text{ L}$$

$$AG = ((0.51-0.87)*808.89)/100 = -2.91 \text{ L}$$

$$\text{Agua final} = 205 + 3.01 + 2.91 = 210.92 = 211 \text{ L}$$

Paso 11: cálculo final

$$\text{Cemento} = 367$$

$$\text{Agua} = 211$$

$$AF = 444$$

$$AG = 813$$

Proporciones finales: 1 : 1.2 : 2.2; a/c = 0.57

Paso 12: Cantidad de materiales para 5 probetas

Cantidad de material para 5 probetas

Material	Compresión	Flexión
Agua	5.59 L	14.24 L
Cemento	9.74 kg	24.8 kg
AG	21.55 kg	54.88 kg
AF	11.78 kg	30.0 kg

Paso 13: Cantidad de fibra por cada grupo (porcentaje en peso respecto al cemento)

Cantidad de fibra para 5 probetas según porcentaje

Porcentaje	Compresión	Flexión
4%	0.39 kg	0.99 kg
6%	0.58 kg	1.49 kg
8%	0.78 kg	1.98 kg

ANEXO 5: PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

```

ONEWAY Res_comp BY Polipropileno
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/PLOT MEANS
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=DUKE ALPHA(0.05).

```

Unidireccional

[Conjunto_de_datos0]

Descriptivos

Res_comp	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5	291,60	6,542	2,926	283,48	299,72
4%	5	330,40	3,975	1,778	325,46	335,34
6%	5	351,80	4,970	2,223	345,63	357,97
8%	5	310,80	6,907	3,089	302,22	319,38
Total	20	321,15	23,565	5,269	310,12	332,18

Descriptivos

Res_comp	Minimo	Máximo
0%	283	299
4%	325	335
6%	345	358
8%	301	318
Total	283	358

ANOVA

Res_comp	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10026,550	3	3342,183	102,051	,000
Dentro de grupos	524,000	16	32,750		
Total	10550,550	19			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Res_comp

HSD Tukey

(I) Polipropileno	(J) Polipropileno	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de ...
					Límite inferior
0%	4%	-38,800 [*]	3,619	,000	-49,16
	6%	-60,200 [*]	3,619	,000	-70,56
	8%	-19,200 [*]	3,619	,000	-29,56
4%	0%	38,800 [*]	3,619	,000	28,44
	6%	-21,400 [*]	3,619	,000	-31,76
	8%	19,600 [*]	3,619	,000	9,24
6%	0%	60,200 [*]	3,619	,000	49,84
	4%	21,400 [*]	3,619	,000	11,04
	8%	41,000 [*]	3,619	,000	30,64
8%	0%	19,200 [*]	3,619	,000	8,84
	4%	-19,600 [*]	3,619	,000	-29,96
	6%	-41,000 [*]	3,619	,000	-51,36

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Res_comp

HSD Tukey

(I) Polipropileno	(J) Polipropileno	95% de intervalo
		Límite superior
0%	4%	-28,44
	6%	-49,84
	8%	-8,84
4%	0%	49,16
	6%	-11,04
	8%	29,96
6%	0%	70,56
	4%	31,76
	8%	51,36
8%	0%	29,56
	4%	-9,24
	6%	-30,64

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Res_comp

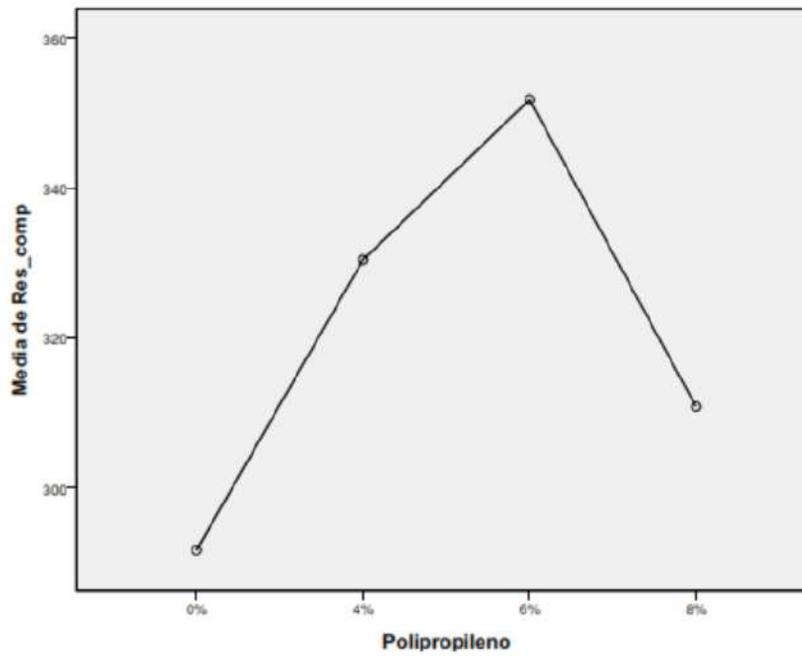
HSD Tukey^a

Polipropileno	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	5	291,60			
8%	5		310,80		
4%	5			330,40	
6%	5				351,80
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Gráficos de medias



ONEWAY Res_flex BY Polipropileno

```

/STATISTICS DESCRIPTIVES
/PLOT MEANS
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05) .

```

Unidireccional

Descriptivos

Res_flox

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5	35,00	,000	,000	35,00	35,00
4%	5	38,60	,548	,245	37,92	39,28
6%	5	43,20	,837	,374	42,16	44,24
8%	5	46,20	,447	,200	45,64	46,76
Total	20	40,75	4,423	,989	38,68	42,82

Descriptivos

Res_flox

	Mínimo	Máximo
0%	35	35
4%	38	39
6%	42	44
8%	46	47
Total	35	47

ANOVA

Res_flox

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	366,950	3	122,317	407,722	,000
Dentro de grupos	4,800	16	,300		
Total	371,750	19			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Res_flex

HSD Tukey

(I) Polipropileno	(J) Polipropileno	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de ...
					Limite inferior
0%	4%	-3,600 [*]	,346	,000	-4,59
	6%	-8,200 [*]	,346	,000	-9,19
	8%	-11,200 [*]	,346	,000	-12,19
4%	0%	3,600 [*]	,346	,000	2,61
	6%	-4,600 [*]	,346	,000	-5,59
	8%	-7,600 [*]	,346	,000	-8,59
6%	0%	8,200 [*]	,346	,000	7,21
	4%	4,600 [*]	,346	,000	3,61
	8%	-3,000 [*]	,346	,000	-3,99
8%	0%	11,200 [*]	,346	,000	10,21
	4%	7,600 [*]	,346	,000	6,61
	6%	3,000 [*]	,346	,000	2,01

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Res_flex

HSD Tukey

(I) Polipropileno	(J) Polipropileno	95% de intervalo
		Limite superior
0%	4%	-2,61
	6%	-7,21
	8%	-10,21
4%	0%	4,59
	6%	-3,61
	8%	-6,61
6%	0%	9,19
	4%	5,59
	8%	-2,01
8%	0%	12,19
	4%	8,59
	6%	3,99

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Res_flex

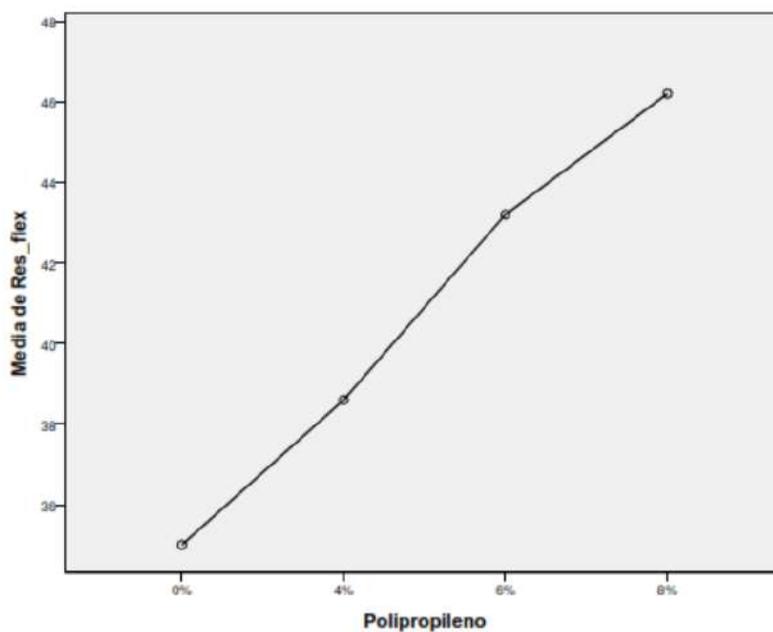
HSD Tukey^a

Polipropileno	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	5	35,00			
4%	5		38,60		
6%	5			43,20	
8%	5				46,20
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Gráficos de medias



ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO



Pesando picnómetro con agregado fino



Secando agregado en la estufa



Pesando la fibra



Preparando probetas



Pesaje de probetas



Medición de probetas



Rotura de probetas a compresión



Rotura de probetas a flexión



Detalle de probeta con fibra

ANEXO 7: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLÓGICA
EFFECTO DEL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO	<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto?</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Conforme aumenta el porcentaje de polipropileno, aumenta la resistencia a la compresión y flexión del concreto</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el efecto del porcentaje de polipropileno sobre la resistencia a la compresión y flexión del concreto</p>	<p>Porcentaje de polipropileno</p>	<p>Cantidad</p>	<p>Tipo:</p> <p>Cuantitativa, experimental, aplicada</p>
¿CÓMO AFECTA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO AL PORCENTAJE DE POLIPROPILENO?	<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el resultado de la caracterización química y física del polipropileno? ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno? ¿Existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno? 	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Hipótesis específica 1</p> <p>No presenta hipótesis</p> <p>Hipótesis específica 2</p> <p>H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno</p> <p>H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterizar química y físicamente las fibras de polipropileno Analizar la variación de la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno Analizar la variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno 	<p>Resistencia a la compresión y flexión</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Diseño:</p> <p>Experimental puro, diseño factorial 1x2</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Técnica de observación.</p>

<p>polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto?</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto? 	<p>Hipótesis específica 3</p> <p>H0: No existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno</p> <p>H1: Si existe variación de la resistencia a la flexión del concreto respecto al porcentaje de polipropileno</p> <p>Hipótesis específica 4</p> <p>El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto es el 8%</p> <p>Hipótesis específica 5</p> <p>El porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto es el 8%</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la compresión del concreto Determinar el porcentaje de polipropileno con el que se obtiene la mejor resistencia a la flexión del concreto 	<p>Formatos bajo norma</p> <p>Métodos de análisis de investigación:</p> <p>Tablas, gráficos, ANOVA unidireccional y pruebas de Tukey</p>
---	---	---	---

INFORME DE TESIS - SANTIAGO AREDO

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	<1%

10

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

11

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

13

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

14

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

15

www.researchsquare.com

Fuente de Internet

<1 %

16

www.marena.gob.ni

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to uaq

Trabajo del estudiante

<1 %

18

Submitted to Universidad Manuela Beltrán

Trabajo del estudiante

<1 %

19

repositorio.usanpedro.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

ambientebogota.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

21	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
22	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
23	knowmad.openaire.eu Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
26	ejournal.isha.or.id Fuente de Internet	<1 %
27	es.cross.tv Fuente de Internet	<1 %
28	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo