



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
INCORPORANDO MACROFIBRAS COMO REEMPLAZO ACERO DE REFUERZO
CONVENCIONAL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental de territorio

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Sánchez Bautista, Juan Jacobo

Asesor

Rengifo Lozano, Raúl Alberto

ORCID: 0000-0002-6545-6442

Jurado

Malpartida Canta, Rommel

Infantes Rivera, Pedro Ricardo

García Urrutia Olavarria, Roque Jesús Leonardo

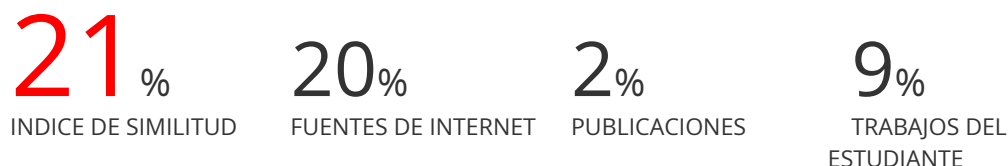
Lima - Perú

2026



COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS INCORPORANDO MACROFIBRAS COMO REEMPLAZO ACERO DE REFUERZO CONVENCIONAL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
10	1library.co Fuente de Internet	<1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
INCORPORANDO MACROFIBRAS COMO REEMPLAZO ACERO DE REFUERZO
CONVENCIONAL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental de territorio

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Sánchez Bautista, Juan Jacobo

Asesor

Rengifo Lozano Raúl Alberto

ORCID: 0000-0002-6545-6442

Jurado

Malpartida Canta, Rommel

Infantes Rivera, Pedro Ricardo

García Urrutia Olavarria, Roque Jesús Leonardo

Lima - Perú

2026

DEDICATORIA

Dedicar la presente tesis a mi familia, que han sido mi pilar fundamental a lo largo de este arduo camino educativo.

Asimismo, a mis padres y familiares, por infundir en mí desde temprana edad el valor del esfuerzo y la perseverancia, por su paciencia, amor y apoyo incondicional en este proceso.

Para terminar, a todos los profesionales e investigadores que me infundieron a soñar con contribuir al avance de la Ingeniería Civil, este trabajo es un homenaje a su legado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por sobre todas las cosas, por ser mi guía y fortaleza ante los desafíos académicos.

A mi familia, que me ayudan emocionalmente y moralmente, ofreciéndome el aliento requerido para no rendirme, aun en momentos difíciles.

A mi asesor de tesis, quien con su conocimiento, paciencia y orientación constante me ayudó a llevar este proyecto a buen puerto.

A la universidad, a sus docentes ya que, gracias a su infraestructura, han sido fundamentales para mi formación académica y para el desarrollo de esta investigación.

Este logro no es solo mío, sino de todos aquellos que me acompañaron y creyeron en mí durante este recorrido.

INDICE

RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
-Problema general	3
-Problemas específicos.....	3
1.4. Antecedentes	3
1.5. Justificación de la investigación	19
1.6. Limitaciones de la investigación.....	20
1.7. Objetivos.....	21
-Objetivo general	21
-Objetivos específicos	21
1.8. Hipótesis	21
1.8.1. Hipótesis general.....	21
1.8.2. Hipótesis específicas	21
II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Marco conceptual.....	23
2.1.1. El concreto	23
2.1.2. Cemento portland.....	23
2.1.3. Agua para concreto	30
2.1.4. Agregados	30

2.1.5. Aditivos para concreto	37
2.1.6. Propiedades primordiales del concreto fresco	42
2.1.7. Propiedades del concreto endurecido.....	43
2.1.8. Descripción de la fibra a utilizar	46
2.1.9. Incorporación de Macrofibra de Polipropileno.....	48
2.1.10. Comportamiento Estructural de Pavimentos Rígidos.....	49
III. MÉTODO	51
3.1. Tipo de investigación.....	51
3.2. Población y muestra.....	53
3.2.1. Población.....	53
3.2.2. Muestra	53
3.3. Operacionalización de variables	54
3.4. Instrumentos.....	56
3.5. Procedimientos.....	56
3.6. Análisis de datos	59
3.7. Consideraciones éticas	60
IV. RESULTADOS	61
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES	75
VIII. REFERENCIAS.....	76
IX. ANEXOS	76
Anexo A Matriz de consistencia	86
Anexo B. Ficha Técnica para Diseño de Mezclas	89
Anexo C. Ficha técnica para concreto en estado fresco (diseño de mezclas).....	90

Anexo D. Ficha técnica para concreto en estado fresco	91
Anexo E. Ficha técnica para concreto en estado endurecido (probetas – VIGAS)	92
Anexo F. Ficha técnica para ensayos de absorción de energía	93
Anexo G. Ficha técnica para costos	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.	27
Tabla 2 Los componentes Bogue, sus fórmulas químicas y abreviaturas simbólicas.	27
Tabla 3 Reglas Sistemáticas en Perú	41
Tabla 4 American Society for Testing and Materials (ASTM)	42
Tabla 5 Variable Independiente: Macrofibra sintética PS60	54
Tabla 6 Variable Dependiente. Comportamiento estructural de pavimentos rígidos	55
Tabla 7 Ensayos primera fase	57
Tabla 8 Resultados derivados:	62
Tabla 9 Resultados obtenidos:	62
Tabla 10 Resultados obtenidos	63
Tabla 11 Coste unitario por metro cúbico de concreto para cada mezcla:	65
Tabla 12 Los costos indirectos.....	66
Tabla 13 Valoración costo-beneficio	66
Tabla 14 Diferencias del concreto convencional y el concreto reforzado con macrofibras	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Procedimiento de segunda fase	58
Figura 2 Procedimiento de la tercera fase.....	59

RESUMEN

El objetivo fue determinar cómo influye la incorporación de macrofibras de polipropileno en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, aplicado en el Fundo Oquendo, Callao, 2024. Método: tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental y análisis estadístico de varianza (ANOVA), se evaluaron los efectos de tres dosificaciones de macrofibras (2, 2.5 y 3 kg/m³) en la resistencia a la Compresión, flexión y absorción de energía, comparándolos con pavimentos de refuerzo convencionales. Resultados: demostraron que las macrofibras PS60 mejoran significativamente la resistencia a la flexión y la rigidez de los pavimentos, incrementando su capacidad para soportar cargas sin fisurarse. Aunque el costo inicial de los materiales es mayor, un análisis costo-beneficio revela su viabilidad económica a largo plazo, destacando las macrofibras como una alternativa sostenible y eficiente. Sin embargo, se identificó que la dosificación adecuada es clave, ya que un exceso puede afectar negativamente la trabajabilidad del concreto. Conclusión: el uso de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional no solo mejora las propiedades mecánicas del pavimento, sino que también promueve la durabilidad y sostenibilidad de las estructuras, consolidándose como una opción viable para proyectos de infraestructura urbana en el Perú. Este estudio aporta evidencia relevante para optimizar diseños estructurales y fomentar realización de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción.

Palabras clave: macrofibras, pavimentos rígidos, refuerzo convencional, resistencia, durabilidad.

ABSTRACT

The objective was to determine how the incorporation of polypropylene macrofibers in concrete as a replacement for conventional reinforcement influences the structural behavior of rigid pavements, applied at the Oquendo Estate, Callao, 2024. Method: it had a quantitative approach, with a quasi-experimental design and statistical analysis of variance (ANOVA), the effects of three dosages of macrofibers (2, 2.5 and 3 kg/m³) were evaluated on the resistance to compression, flexure and energy absorption, comparing them with conventional reinforcement pavements. Results: they demonstrated that PS60 macrofibers significantly improve the flexural strength and stiffness of pavements, increasing their ability to withstand loads without cracking. Although the initial cost of the materials is higher, a cost-benefit analysis reveals their long-term economic viability, highlighting macrofibers as a sustainable and efficient alternative. However, it was identified that adequate dosage is key, since an excess can negatively affect the workability of concrete. Conclusion: The use of macrofibers as a substitute for conventional reinforcement not only improves the mechanical properties of the pavement, but also promotes the durability and sustainability of the structures, consolidating itself as a viable option for urban infrastructure projects in Peru. This study provides relevant evidence to optimize structural designs and promote the implementation of innovative technologies in the construction sector.

Keywords: Macrofibers, rigid pavements, conventional reinforcement, resistance, durability.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la preocupación giraba en elaborar un diseño estructural eficiente considerando que sea resistente a sismos, etc., pero no tratamos de emplear ciertas adiciones que nos puedan dar mayores beneficios para su empleo. No existían Normas ni reglamentos claros que especifiquen diseños con adición como Macrofibras u otros materiales que nos den mayores ventajas (Lizama, 2017), en ese sentido, se consideraba a la relación Agua/Cementante como un requisito orientado para diseñar por resistencia, más no por durabilidad.

En ese contexto, la tesis tiene la finalidad de estudiar el impacto que genera la adición de Macrofibra sintética en el concreto convencional, en el sentido de mejorar su durabilidad y, estructurar un concreto ideal para implementarse en la edificación de losas como pavimentos.

1.1. Planteamiento del problema

La técnica del refuerzo del concreto con diferentes fibras adicionadas, se implementó a lo largo de varios periodos localizando variados usos en el área de los concretos estructurales los cuales en este momento vienen siendo una razón de estudio de cuantiosos investigadores, originando un gran progreso en la industria de la construcción.

El avance permanente de la tecnología en la industria en la construcción, así como la cada vez más urgente demanda de estructuras cada vez más durables como Pavimentos, losas industriales de tráfico medio y pesado, Puentes, Túneles, Puertos Marítimos y Aeropuertos ha originado que los requerimientos sean cada vez más elevados en lo que se refiere a la resistencia, durabilidad y trabajabilidad en el concreto.

En ese sentido, el uso del concreto tradicional, estándar es común en la construcción de domicilios en el Perú, debido a ello, los ingenieros civiles deben ser conscientes de ello y analizar formas y estructuras de concreto con los requerimientos de calidad, seguridad y

duración.

En ese contexto, se debe mejorar e innovar las técnicas de la producción del concreto con el empleo de añadidos y más información de esta tecnología (Fibra Sintética). En el caso de la investigación, establecer el Comportamiento Estructural de Pavimentos Rígidos con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional.

Ante esta situación, se evaluó lugares de construcción y particularidades de este concreto, además de un análisis de costes, consecuencias con los cuales demostraremos si es viable esta clase de concreto.

1.2. Descripción del problema

En la actualidad, las áreas de la Ingeniería civil poseen mayores desafíos en la producción de concreto, principalmente en los lugares donde se construyen vías, hechas de concreto como pavimentos rígidos, más aún, cuando estas estructuras se encuentran propensas a fallas por condiciones de su propia naturaleza, como el empleo de acero para la estructura del pavimento, el cual al sufrir reacciones con el oxígeno (Oxido) se deterioran, generándose presiones internas la cual hacen que se genere fisuras que empeoran al convertirse en grietas haciendo que la estructura (Falle et al., 1996).

Así, los ingenieros civiles, los productores de concreto y los elaboradores de instrumentales empleados en la edificación están en la imperiosa necesidad de mejorar avances tecnológicos en la fabricación de concretos de alta calidad y conseguir sustitutos a sus componentes que ayuden a mejorar el performance de la estructura, sin embargo, la utilización de estos concretos de alta calidad y durabilidad, también, es restringido, por desconocimiento de los diferentes materiales, en nuestro caso el empleo de la Macrofibra, por considerar que su costo es elevado, sin ver los márgenes costo-beneficio que estas generan.

Por ejemplo, la Macrofibra Polystark PS60, que emplearemos en la presente investigación, es una Macrofibra no muy conocida. Con nuestra investigación queremos

demostrar su alto nivel de durabilidad, un adecuado comportamiento estructural para reemplazar el acero de refuerzo convencional por la incorporación de Macrofibra y no solo el uso empleado que se le da actualmente que es con el fin de disminuir las grietas por contracción plástica.

Por ello, en la actualidad se busca innovar en la constitución del concreto como son los añadidos y otras adiciones que nos ayuden a obtener mejoras en las propiedades del concreto y se pueda emplear en las obras y poderlas adquirir a un bajo costo.

El concreto simple es resistente y su uso es generalizado, pero cuando se trata de usarlo para otras estructuras con mayor complejidad y elaborar concreto de mayor resistencia y duración, se debe armarlo convenientemente con fibra, en nuestro caso con Macrofibra Polystark PS60.

1.3. Formulación del problema

-Problema general

¿Cómo influye la Incorporación de Macrofibra en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, Callao 2024?

-Problemas específicos

¿Qué variaciones en los ensayos de rigidez se encontrarán en el pavimento rígido con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional, Callao 2024?

¿Qué resistencia se conseguirá en el pavimento rígido con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional, Callao 2024

¿Qué variaciones existe en el costo en el concreto para pavimento rígido con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional, Callao 2024?

1.4. Antecedentes

Antecedentes Nacionales

Actualmente en Perú, ante el riesgo de la ocurrencia de sismo y debido a su diversa geográfica y complicaciones que pueden generarse, se exige que los ingenieros encargados de la construcción en obras de concreto tienen que diseñar y elaborar mezclas más apropiadas en cada fase, ya que de eso depende sea un proyecto con estructura viable.

Condori (2022) evaluó el comportamiento de pavimentos rígidos en la ciudad de El Alto utilizando las metodologías PCI y PASER para un análisis comparativo. Estas metodologías, reconocidas internacionalmente, fueron utilizadas para determinar el estado de los pavimentos. Se comparó el método manual del PCI con el software UNPCIC2018 propuesto por Vásquez Varela para validar el cálculo del índice. Se empleó el software EVERFE para analizar tensiones y se evaluó la capacidad de drenaje con el software DRIP 2.0. Los resultados indicaron que la aplicación del sello de juntas afecta la infiltración y la capacidad de carga del pavimento, especialmente en condiciones de saturación. Se concluyó que el estudio proporcionó un mecanismo para evaluar el estado de los pavimentos y desarrollar curvas de deterioro utilizando diferentes metodologías.

Flores (2022) se propuso fijar cómo el cambio de la conducta a nivel estructural de los pavimentos es flexible, de acuerdo a la clase de suelo de subrasante en la carretera Juliaca - Caracoto, Puno, durante el año 2021. Para esto se usó el método científico el cual tuvo por enfoque de tipo aplicado, de nivel explicativo y con diseño experimental. Las respuestas del estudio revelaron que el suelo tipo A-2 mostró una deflexión de 0.58×10^{-2} mm y 0.54×10^{-2} mm, con una fatiga correspondiente a un esfuerzo vertical de $\sigma_Z = 3.46$ TN/m². Por otro lado, el suelo tipo A-4 presentó una deflexión de 0.81×10^{-2} mm y un agotamiento crítico de $\sigma_Z = 3.46$ TN/m². Se encontró que el 98.33% de los puntos estimados se desempeñaban con el radio de curvatura requerido, mientras que el 1.66% no lo hacía. El análisis de suelos y las pruebas de deflexión utilizando el ensayo de viga Benkelman indicaron que el 76% del comportamiento de la subrasante era bueno. La conclusión principal del estudio fue la importancia de realizar

estudios de suelos precisos para el diseño adecuado de pavimentos, considerando el índice de vehículos diarios como factor crucial en el diseño estructural.

Morales (2018) examina la viabilidad de integrar macrofibras de polipropileno como alternativa a la malla electrosoldada en la confección de hormigones destinados a pavimentos industriales. El estudio se centra en evaluar no solo las propiedades mecánicas y estructurales de los hormigones modificados, sino también los aspectos económicos derivados de esta sustitución. A través de una serie de experimentos y análisis comparativos, se busca determinar si la incorporación de estas fibras puede mejorar la durabilidad y resistencia del pavimento, al mismo tiempo que se optimizan costos. concluye que el uso de macrofibras representa una opción prometedora, ofreciendo beneficios significativos en términos de rendimiento y eficiencia económica, lo que podría transformar las prácticas actuales en la construcción de pavimentos industriales.

Rivera (2022) se centró en analizar y evaluar las características mecánicas de las placas prefabricadas de concreto reforzado con macrofibras de polipropileno. Las macrofibras de polipropileno son materiales estructurales sintéticos comúnmente utilizados en la construcción, aunque su aplicación en pavimentos y mezclas de concreto ha sido limitada. Las macrofibras se hallan diseñadas con el fin de proporcionar mayor fortaleza secundaria en concretos o morteros, todo con el objetivo de disminuir fisuras debido a la contracción plástica en estado fresco (Fibraplasconcrete). El estudio se enfocó en el análisis de las propiedades mecánicas del material mediante ensayos como el módulo de elasticidad, el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión. Se fabricaron plaquetas prefabricadas que contenían el refuerzo de polipropileno en la mezcla de concreto para evaluar su comportamiento mecánico. Los resultados obtenidos fueron comparados con los de un proyecto similar para obtener una comprensión más profunda del comportamiento mecánico de la mezcla.

Olivera (2022) investiga cómo la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado afecta las propiedades mecánicas del shotcrete, un material utilizado comúnmente en la estabilización de taludes. La investigación se centra en evaluar la resistencia y durabilidad del shotcrete modificado, realizando ensayos que comparan su desempeño con el de mezclas tradicionales. Se analizan aspectos como la adhesión, la tenacidad y la resistencia a la tracción, con el objetivo de determinar si estas fibras recicladas pueden mejorar el comportamiento del material bajo condiciones de carga. Los resultados sugieren que la incorporación de fibras recicladas no solo aumenta la resistencia del shotcrete, sino que también contribuye a prácticas más sostenibles en la construcción. Este enfoque innovador puede ofrecer soluciones efectivas para la estabilización de taludes, promoviendo una mayor seguridad y eficiencia en proyectos de ingeniería civil.

Salazar-López (2023) este análisis se centra en determinar cómo estos subproductos agrícolas pueden enhacer las propiedades mecánicas del concreto, tales como su resistencia a la compresión, durabilidad y facilidad de manejo. Mediante una serie de ensayos comparativos, se evalúan las mezclas convencionales frente a aquellas que incluyen estos aditivos, con el fin de identificar su efectividad en la mejora de la matriz del concreto.

Los resultados sugieren que la integración de ceniza de bagazo y panca de maíz no solo incrementa las características mecánicas del concreto, sino que también favorece prácticas más sostenibles en la construcción, al permitir la reutilización de residuos agrícolas y disminuir el impacto ambiental de los materiales utilizados. Este enfoque innovador podría ser fundamental para elevar la calidad del concreto en aplicaciones estructurales en la región de Abancay, promoviendo una construcción más ecológica y eficiente.

Quispe, y Rojas (2022) investiga el impacto de la ceniza de cáscara de arroz como aditivo en la formulación de un concreto destinado a pavimentos rígidos con una resistencia característica de 210 kg/cm². La investigación se enfoca en evaluar cómo la incorporación de

ceniza de cáscara de arroz puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto, tales como su resistencia a la compresión, durabilidad y trabajabilidad. A través de ensayos experimentales, se comparan las mezclas de concreto convencional con aquellas que contienen diferentes proporciones de ceniza, analizando su desempeño en condiciones de carga típicas de pavimentos. Los resultados preliminares indican que la adición de ceniza de cáscara de arroz no solo puede aumentar la resistencia del concreto, sino que también contribuye a la sostenibilidad del material al promover la reutilización de residuos agrícolas. Este enfoque innovador sugiere que el uso de ceniza de cáscara de arroz en la fabricación de concreto para pavimentos rígidos podría ofrecer soluciones efectivas y ecológicas en el ámbito de la construcción, mejorando la calidad y la eficiencia de los materiales utilizados.

Solano (2021), investiga cómo la incorporación de fibras de PET (polietileno tereftalato) afecta las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante con una resistencia característica de 280 kg/cm^2 . La investigación se centra en evaluar el impacto de diferentes proporciones de fibras PET en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, y durabilidad del concreto. A través de ensayos experimentales, se comparan las propiedades del concreto autocompactante convencional con aquellas de mezclas que contienen fibras PET, buscando identificar la dosis óptima que maximice el rendimiento mecánico del material. Los resultados indican que la adición de fibras PET no solo mejora la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto, sino que también contribuye a su tenacidad y ductilidad. Este enfoque sugiere que el uso de fibras recicladas en la formulación de concreto autocompactante puede ofrecer beneficios significativos en términos de sostenibilidad y rendimiento, promoviendo así prácticas más ecológicas en la construcción. La investigación resalta el potencial de las fibras PET como un aditivo valioso para mejorar la calidad y durabilidad del concreto en aplicaciones estructurales

Arboleda, (2018) en su título Investigación de la viabilidad técnica y económica de la

elaboración de hormigón mediante la sustitución de mallas electrosoldadas por fibras sintéticas, pretende ofrecer soluciones viables realizando un análisis técnico y económico de la producción de hormigón mediante la sustitución de mallas electrosoldadas por fibras sintéticas. En la producción de hormigón armado se obtuvieron resultados efectivos con el hormigón modificado con fibras sintéticas, logrando una resistencia significativamente mayor y una cierta viabilidad económica en comparación con el hormigón ordinario, lo que llevó al uso de esta tecnología, el costo del uso de fibras Los sintéticos pueden disminuir. reducirse hasta en un 28 % en comparación con el tamiz soldado.

Fajardo (2018) su estudio tuvo la finalidad de investigar la conducta automática del concreto fortalecido con fibras sintéticas gruesas o metálicas. Fibras Metálicas Fibra en metal en paneles industriales bajo condiciones de carga monótonas. Se Promueve el uso de fibras en el hormigón para resolver dificultades de grietas. No obstante, el concreto tiene determinadas propiedades de acuerdo a la clase de fibra utilizada. Primero, las microfibras son las encargadas de evitar que el hormigón se agriete en estado fresco, debido a que cuando se encuentra endurecido el concreto tiene mayor resistencia que la que las microfibras consiguen brindar, debido a esto se deja hacer su trabajo cuando el hormigón resistencia.

Antecedentes Internacionales

Mariano (2019) en su trabajo Balance de las resistencias a compresión y flexión del concreto agregado con las Cenizas de Bagazo de caña de azúcar con el concreto estándar $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ maneja para su estudio La Cantera Figueroa. Aseveración que nos apoya en el diseño de mezclado lo cual nos permite poseer mayor nivel de confianza en el bosquejo de mezcla que se efectuó.

Carraro et al. (2019) dice que, sustituyendo mallas electrosoldadas por fibras sintetizadas, intenta proponer una respuesta factible a través del análisis técnico y económico de la producción de concreto. La fibra sintética se utiliza en sustitución de las mallas

electrosoldadas en la producción de hormigón armado. En cotejo con el concreto tradicional, el hormigón modificado con fibras artificiales ha logrado resultados eficaces. En comparación con las fibras sintetizadas, los costes se pueden reducir hasta un 28%.

Carlos y Raphael (2018) escribió el artículo “Efecto del número de fibras de polipropileno y el volumen nominal máximo del adherido robusto sobre la rigidez del concreto”, cuya finalidad es valorar el efecto de las fibras de polipropileno sobre la calidad del concreto luego de su adición y su contracción en el lapso del secado y agrietado. Las respuestas del primer experimento piloto mostraron que f_c se puede aumentar en casi un 20% aumentando una proporción conveniente de fibras de polipropileno. La segunda clase de ensayo evaluó indirectamente el efecto de las inclusiones de fibras en la resquebrajadura de placas en círculo de 60,00 cm. Diámetro 18, 7,50 cm. Grueso. En resumen, las mejoras más significativas se lograron agregando de 400 a 600 kg/m³ de fibra al concreto para piedras de hasta 1/2 pulgada de volumen. Se logró una mayor rigidez que los paneles sin fibras, especialmente para los grados de carga más altos en este estudio. Cabe señalar que las placas se probaron cuando tenían 7 días de edad, entretanto que las experiencias de presión unilateral se realizaron a cuando tenía los 28 días de edad. Por lo tanto, un acrecentamiento del 20% aumentará aprox. 10% f_c , en otras palabras, la reducción de la desviación en un 10%. Los antecedentes anteriores ayudan a ahorrar la inversión del método por cada prueba realizada en cada muestra y lo que consigue ahorrar de cada prueba realizada.

Apaza (2018) resistencia del concreto a base de ceniza de bagazo (Cbca) y cemento Portland a agentes agresivos. El objetivo general es valorar y establecer la resistencia y resistencia mecánica del hormigón realizado a partir de CBCA y cemento Portland después de la interacción con agentes agresivos. Este es un estudio experimental. Considerando el diseño con diferentes proporciones de adiciones de ceniza de caña, se utilizaron 36 controles con $F_c'=210$ kg/cm² y las pruebas se realizaron a diferentes edades según las normas. Como se

puede observar en los resultados, no se detectaron cambios durante la prueba cualitativa, ni su peso cambió en comparación con el peso de las muestras iniciales y las pruebas realizadas. Se tuvo por conclusión que el concreto preparado con 5%, 10% y 15% CBCA no cambió en ningún caso respecto al concreto estándar. Esto significa que los cuatro tipos de mezclas pasaron las pruebas de resistencia contra el asalto apresurado de un agente agresivo (sulfato de magnesio en este estudio), demostrando la consistencia de las muestras sin merma de peso en una investigación cualitativa.

Prince (2020) finalizó la tesis llamada: “Uso de fibras de acero para optimizar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², en losas industriales en la zona Varochri-Lima” presentado a la Universidad Cesar Vallejo. lograr nuevas resistencias a la presión, arrastre y flexión en hormigón nuevo con la adición de fibras de acero. La base del estudio es que debido a la baja resistencia a la tracción del concreto tradicional, para contrastar su resistencia a la compresión y su resistencia a la flexión, la falta de esta última es la causa de un gran error de momento flector, este método utiliza deducción incierta y estadística, se ensayó el concreto con tubos cilíndricos y vigas prismáticas para recolectar desconocidos valores y elaborar tablas estadísticas para ver el incremento en los valores propuestos, se hizo la cantidad de fibra de acero para mostrar los valores progresivos en forma de tres. por ciento. Los resultados obtenidos por los investigadores en los ensayos realizados a los 28 días, así como al utilizar una mezcla al 5,2% se pierde trabajabilidad. En resumen, encontramos que en ambos casos un gran aumento en la resistencia a la flexión se asoció con una pérdida de resistencia a la compresión para un mayor porcentaje de la fibra. Se afirma que añadir más fibras de las especificadas en la ficha técnica hará que el hormigón pierda su trabajabilidad.

Chapoñan y Quispe (2017) realizaron una tesis correspondiente a la licenciatura en ingeniería civil llamada “Análisis del desempeño hidráulico del concreto para el diseño de pavimentos rígidos con adición de fibras de polipropileno AAHH” Villamaría – Nuevo

Chimbote de la Universidad Nacional de Santa Clara. Cuya finalidad es estudiar las propiedades del concreto en pavimentos duros con la adición de fibras de polipropileno AAHH Villa María, el método es de tipo experimental porque se manipulan las variables, es decir. La información se recopila a través de pruebas de laboratorio y luego podemos usar fórmulas y valoración de datos para llegar a soluciones que su población y muestra es el AAHH de Villa María. Se concluye que el ensayo se realizó de acuerdo con la norma CE.010, lo que demuestra que el cemento y los áridos son de buena calidad y aptos para la formulación de la mezcla. donde confirmo que la resistencia obtenida después de 7 a 28 días mostró una desviación promedio de 3,2 kg/cm². En este sentido, los límites de control del testigo se consideran datos muy buenos y confiables. Habiendo tomado en cuenta que las fibras están hechas de materiales hidrológicos que afectarán el rendimiento del procesamiento, se recomienda verificarlas cuando se tomen las muestras de prueba.

Abhishek (2017) realizó un estudio denominado: Hormigón reforzado con fibra de polipropileno para viajes de ferrocarril en EE.UU. Estados Unidos. con el objetivo de evaluar la aplicación de hormigón reforzado con fibra de polipropileno sintetizado. Se evalúa el desempeño de varias mezclas de hormigón reforzado con fibra realizando las pruebas requeridas para estudiar los componentes después de la falla. Su enfoque sugiere una mejor comprensión del potencial de las fibras crudas de polipropileno sintético para adaptarse mediante la auto consolidación. Posibles aplicaciones de aditivos para concreto en juntas de concreto, al tiempo que estimula la discusión sobre los beneficios potenciales de las secciones de concreto reforzadas con fibras sintéticas de polipropileno y concluye que las pruebas de diversas mezclas de concreto reforzado con fibras de polipropileno han demostrado que la adición de fibras consigue ser un método útil para extender la vida útil de los cruces ferroviarios, ya que se detecta una resistencia excedente significativa inmediatamente posterior al agrietamiento. Se localizó que la resistencia excedente promedio medida empleando ASTM

C1399 (2015) es una cuantificación rentable para representar el desempeño de un tipo específico de concreto fortalecido con fibra. Concorre el requerimiento de optimizar el estado presente de las obligaciones básicas para juntas de concreto, esto se puede lograr incluyendo requisitos mínimos para la resistencia excedente promedio.

Meza et al. (2017) publicó el artículo "Dispositivo para la producción de fibras rizadas para refuerzo de concreto" del Instituto Politécnico de Aguascalientes, México. El cual por finalidad general es el de utilizar alambres galvanizados y templados para crear fibras rizadas y luego utilizarlas y se agrega al concreto así mejorar la respuesta mecánica y así crear la resistencia excedente del concreto. El método utilizado fue experimental y descriptivo para que primero pudieran obtener las fibras para luego utilizarlas en experimentos con concreto, y luego de un período de refinamiento, fibras de concreto armado con alambre galvanizado y alambre recocido retiraron la muestra. Un instrumento de fibra. Las fibras resultantes se mezclan con hormigón para hormigón armado con dimensiones basadas en las normas ASTM para poder conseguir una resistencia excedente en cuanto a las clases de fibras usadas y conseguir su porcentaje.

Ramírez y Samaniego (2016) presentaron en su estudio comparativo de la resistencia a la flexión de la fibra de acero DRAMIX RC 65/35 NB y hormigón armado con fibra gruesa TUF-STRAND en dosis de 15, 20 y 25 kg/m³ Efecto de la resistencia sobre el SF dosis de polipropileno de 4, 6 y 8 kg/m³ en relación al hormigón estándar $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$. En las respuestas obtenidas vemos una flexión de 28 días, la resistencia a la tracción del concreto sin fibra es de 28.65 kg/cm², asimismo con la incorporación de fibra cruda de polipropileno se logró una resistencia máxima de 32.33 kg/cm² cuando la dosificación fue de 8kg/m³.

Moghimi (2016) completó su tesis de maestría en ingeniería en la Universidad del Mediterráneo Oriental del Norte de Chipre titulada Behaviour of Hybrid Steel-Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. Este artículo evalúa y compara objetivamente las propiedades,

mecanismos del hormigón entre materiales combinados de fibra híbrida y de fibra única. También analiza cuantificaciones que impactan a los patrimonios mecánicos y realiza estudios experimentales) y pruebas de impacto, las respuestas de este estudio sugieren el uso de fracciones volumétricas de fibra para producir concreto con alta durabilidad y altas propiedades de compresión y de impacto. Aunque la resistencia al impacto es una preocupación, se concluyó que, para la resistencia a la compresión, los mejores resultados se obtuvieron con un tipo de fibra que tenía suficiente apego al material para producir suficiente transferencia de tensión. Consecuentemente, un porcentaje de volumen alto de fibras afecta significativamente la resistencia a la compresión y es competitivo con un porcentaje de volumen bajo.

Carrillo et al. (2016) publicaron “Evaluación de las propiedades de compresión y tracción radial del concreto fortificado con fibras de acero ZP-306” en la Universidad de Colombia del Valle con la finalidad de indicar que el concreto reforzado con fibras es un agente efectivo. Material en la construcción de viviendas residenciales. Un material con gran potencial, ya que su resistencia a la tracción proporciona mayor resistencia a las paredes. Su enfoque fue experimental, utilizando pruebas en 52 sondas cilíndricas mientras se analizaba el modelo nulo, y se requirieron estudios para aceptar las respuestas alcanzadas utilizando informaciones medidas. En sus resultados, encontramos que la compresión radial y la desproporción unitaria siempre existieron, pero a la máxima resistencia a la tracción debido a la desproporción y compresión, la utilización de fibras aseguró una superior adhesión con el concreto, aumentando las propiedades de tracción y los desplazamientos en el concreto. La conclusión es la siguiente: el modelo propuesto no sólo incluye las propiedades de la fibra, sino que también menciona el 100% de resistencia máxima bajo compresión y tensión, pero al mismo tiempo, sus ecuaciones planteadas intentan apoyar a conseguir desiguales ajustes de cuantificaciones vinculadas con la resistencia y la desproporción para lograr exactitud y proporcionar su utilización en caso de ser necesario incluirlo en el rendimiento y dosificación

de la fibra. Sugirió que estos estudios deben ser fáciles de implementar porque se podría aumentar el uso de concreto con fibra, pero su trabajo se evaluó utilizando la resistencia a la tracción. Los estudios más altos posibles para establecer un récord de sostenibilidad deben considerar la construcción utilizando materiales locales y de superior presupuesto.

Ankit (2016) completó su trabajo de maestría en Ingeniería del Transporte de la Universidad Tecnológica de Gujarat, India, titulada "Estudio sobre el uso de fibras de polipropileno en pavimentos de cemento y hormigón". Este artículo nos permite ver que el uso de productos industriales como el polipropileno en revestimientos así que consiguen acrecentar la resistencia del hormigón y al mismo tiempo disminuir el consumo de cemento durante la construcción. Es experimental porque muestra el endurecimiento y acumulación de muestras de concreto realizando diversos ensayos sobre concreto fresco y concreto endurecido, de sus conclusiones logramos concluir que la resistencia aumenta a la compresión con el uso de fibra de polipropileno y cemento, el acrecentamiento es tan grande como cuando el 1,5% de polipropileno reemplaza al cemento. Se utiliza % de polipropileno para reemplazar el cemento, el acrecentamiento alcanza el 5,89%, la resistencia se puede aumentar a la dosis óptima del 1,5%, reduciendo en cierta medida la dosis de cemento.

Armas (2016) efecto del aumento de fibras de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecanismos del concreto hidráulico. Cuya finalidad fue el de determinar el efecto del aumento de las fibras de polipropileno (microfibras Chema) sobre las características plásticas y mecánicas del concreto hidráulico en la región Lambayeque. Se trata de un estudio cuantitativo cuasiexperimental. El objeto de este estudio es concreto con resistencia a la compresión $f'c$ 175, 210 y 280 kg/cm², fibras de polipropileno adicionadas al concreto en dosis de 0, 200, 300 y 400 gr/m³. El instrumental utilizado fue el formato de diseño híbrido estándar del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad de West Pansantos. Los resultados muestran que la adición de fibras de polipropileno al hormigón hidráulico produce un ligero

aumento de la resistencia a la compresión de hasta un 3% cuando la dosis de hormigón es de 400 gr/m³. No obstante, las estadísticas muestran que esta contribución no es significativa. Se concluyó que el establecimiento y el comprendido de aire se redujeron elocuentemente, entretanto que la temperatura del concreto y el peso unitario no cambiaron significativamente. En cuanto al potencial de agrietamiento, cuanto más grande sea la dosis de fibra, más grande será la abstención del agrietamiento por contracción plástica.

Sánchez (2016), en su investigación realizada del concreto utilizado y añadidos en la Cantera Sangal de la carretera Cajamarca - Combayo y Cantera km 14+00 ubicada en la carretera Cajamarca de Chilete donde se vio que para el concreto el $f'c=210$ kg/cm² usando de añadidos EUCO 37, EUCO WR – 91 y POLYHEED RI. cuya metodología es el análisis experimental y numérico y cuya finalidad fue la de analizar la optimización de la utilización del hormigón armado en variadas dosificaciones. Las fibras de acero y polipropileno se utilizan en paneles industriales para evaluar la interacción del suelo en varias presas y estudiar los beneficios automáticos y la rentabilidad. Esto significa un soporte cómodo para la carga, incluidas personas, carretillas elevadoras y objetos diversos. Debido a que esta utilización puede causar aberturas en el piso de concreto debido a tensiones de tracción que exceden la resistencia del concreto, además de fallas debido a cargas repetidas, se llama agotamiento y se revela como grietas y/o aberturas. Por ello, se llevó a cabo una investigación de optimización usando instrumentales y medidas numéricas y estadísticas que afectan la respuesta mecánica del hormigón reforzado con fibras. La optimización estuvo fundamentada en dos procesos: la primera se la que se encargó de la investigación de las propiedades de las fibras y su dosificación de resistencia en base a ensayos de flexión y compresión, la segunda de resistencia a componentes de interacción piso-suelo como dureza del suelo, espesor de losa, dosificación de fibras. estudiados, ubicación de carga y efectos de agrietamiento. Dependiendo de estas dosis la conducta mecánica es similar. Sin embargo, una investigación comparativa del coste

de losas de concreto fortificado con fibra y otras losas de concreto convencionales mediante cálculos numéricos mostró que el costo de la dosis de fibra de acero Dramix de 20 kg/m³ es equivalente al costo del refuerzo. La distancia es de 6x6 cm, pero el precio relativo es un 13% menor que usar varillas de 10 mm de diámetro con una distancia de 20 cm. Por el contrario, un pavimento con fibra sintética Euclid de 2,1 kg/m³ tiene un coste inferior al de todos los refuerzos anteriormente citados.

Según Sotil y Zegarra (2015) constantinesco procedió a registrar una patente en EE.UU. en el año 1954, usando fibras de tipo helicoidal y los de espiral con el fin de acrecentar la resistencia y evitar las fisuras en el concreto. Consecutivamente en el año 1970, en varios países de Europa, principalmente en España, se empezó a utilizar las fibras de acero en proyectos para pisos de tipo industrial, el revestimiento de túneles y para pavimentar los tableros de los puentes (p.40).

Montalvo (2015) tuvo como finalidad el de contrastar de forma teórica las características mecánicas del concreto sin refuerzo con el robustecido con fibras de acero, además de realizar la comparación de los precios unitarios en la realización de un proyecto real perfeccionando medios y realización. Por ello se llega a concluir que las fibras poseen ventaja con relación a losas de concreto sencillo, debido a que vienen a ser la que tienen más resistencia a cantidades de carga a través de su vida útil y en el aspecto económico el pavimento con fibra reforzado al poseer menos espesor que el pavimento tradicional origina que la cantidad de concreto a utilizar sea menos, pro esto se ahorra tiempo y dinero.

Manzano (2014), en su trabajo: cuya finalidad fue valorar el comportamiento los concretos adicionados y cómo estas concretos se llegan a utilizar con el fin de impedir fenómenos perjudiciales que reducen la resistencia de los instrumentos del concreto, también da a conocer qué fenómenos relacionados con la retracción del hormigón se pueden reducir. Los resultados muestran que una cantidad igual de mezcla de fibras de polipropileno de 2,4

kg/m³ a 2,8 kg/m³ puede reducir eficazmente las grietas por encogimiento plástico y reducir la zona afectada por las grietas por contracción plástica en un 80%. Mejores resultados que el hormigón realizado con armadura de malla electrosoldada.

Ortega y Rodríguez (2013) en su investigación asumió como objetivo comprender y confrontar la conducta de diferentes tipos de concreto fortalecido con fibras en estudios de flexibilidad, tensión y compresión, donde discurrieron concreto estándar y muestras de concreto con aumento de fibras. kg/m³ en relación al peso total del hormigón; y muestras de hormigón con fibra de polipropileno, ENDURO 600 Propex y SikaFiber M-48 a 5 y 4 kg/m³ en proporción al peso total del hormigón. En las respuestas de resistencia a flexión a 28 días, el concreto libre de fibras logró una resistencia a flexión de 48.54 kg/cm² /cm² con fibras RC-65/35-BN a una dosificación de 15 kg/m³, por su parte, Incorpora polipropileno ENDURO 600. fibra a una dosis de 4 kg/m³, la resistencia aumenta a 55,47 kg/cm².

Alvino (2012) estudio de tensiones residuales de pavimentos de hormigón duro reforzados con fibras metálicas y sintéticas. El objetivo final de este trabajo es comparar concreto simple y concreto modificado con fibras, considerando igual dosificación y el mismo diseño de mezcla, para obtener las tensiones residuales y así determinar las medidas de cotejo. Las tensiones residuales en mezclas de concreto que contienen fibras sintéticas y fibras de acero y su conducta post-agrietamiento se determinarán utilizando la prueba ASTM 1399. La utilización de estas fibras en pavimento duro consigue dar como resultado una estructura más duradera que requiere menos mantenimiento. Estos antecedentes contribuyen a nuestro trabajo: está claro que el aumento de los valores de tensión residual es un potencial, esto lleva a la conclusión de que el hormigón reforzado con fibra se comportará mejor que el hormigón con fibra de mayor tamaño, por lo que se utilizan en suelos industriales. Alta demanda y permanente. Hormigón no ferroso, que nos ayudará a solucionar los problemas de sostenimiento diario y habitual de los pavimentos de hormigón. Las fibras sintetizadas nos

apoyan a controlar mejor el agrietamiento bajo tensión. Las fibras metálicas se utilizan en mayor medida y pueden controlar el mismo fenómeno, pero se comportan mejor bajo cargas más elevadas, por lo que se utilizan en suelos industriales en donde hay alta tensión. y constante.

Garzón (2009) sobre la eficiencia de la transferencia de carga en uniones transversales de pavimentos rígidos reforzados con fibras metálicas. El estudio expone que: La ductilidad del concreto armado con fibras metálicas se evidencia en el módulo de rotura de las vigas. El material sigue resistiendo las cargas creadas por las fibras posteriormente de la primera fisura y no se deteriora como es habitual en el concreto común. Lo que pasó fue igual de repentino. La eficiencia de traspaso de carga acrecienta cuando la cantidad de fibra metálica agregada alcanza el valor óptimo.

Las pruebas realizadas para cantidades que van desde 0 kg/m³ a 50 kg/m³ mostraron que 42 kg/m³ era la más efectiva; cuanto mayor era la cantidad, menor era la eficiencia de transferencia de carga. Este estudio concluyó que 0,9 kg/m de fibras sintéticas pueden controlar el agrietamiento debido a la contracción por coagulación. Aumentar la cantidad de fibras sintéticas mejorando sus características mecánicas.

Quintero y Gonzales (2006) utilizaron fibras de coco para optimizar las características mecánicas del concreto obtenidas a partir de residuos de la industria alimentaria en el Valle del Cauca y realizaron una caracterización adecuada de sus características físicas, químicas y mecánicas, además una evaluación del desempeño físico y mecánico.

A través de su investigación concluyeron que las fibras de coco contribuyen significativamente a la matriz del concreto, creando un impacto o fenómeno denominado puenteo, el cual tiene la responsabilidad de impedir que se formen grietas en la sonda estableciendo el porcentaje óptimo de fibras. 0,5% volumen, longitud 5 cm.

De la Torre (1994) en su trabajo de investigación acerca de los materiales constructivos

en la Alhambra. Este trabajo examina los materiales constructivos de la Alhambra: ladrillo, hormigón, mortero y yeso. Asimismo, se analizan los estudios de pátina superficial de sales solubles y posibles materias primas usadas para fabricar los materiales. Las metodologías de investigación incluyen difracción de rayos X, microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido, microsondas electrónicas, porosimetría de intrusión de mercurio, análisis de agua, datación con carbono 14 y análisis de ICP, fluorescencia de rayos X, activación de neutrones y análisis de absorción atómica química. Las conclusiones están orientadas a determinar los métodos de producción de diversos materiales y su estado de mantenimiento. Asimismo, presenta las recomendaciones para materiales de reparación. Este artículo también proporciona nueva información sobre cuestiones históricas relacionadas con la fase de construcción de la Alhambra.

1.5. Justificación de la investigación

Justificación Práctica:

El estudio del comportamiento estructural de pavimentos rígidos incorporando macrofibras como reemplazo del acero de refuerzo convencional tiene una relevancia práctica significativa. En la industria de la construcción, especialmente en áreas críticas como vías de tráfico intenso o pavimentos industriales, la durabilidad y resistencia de las estructuras son fundamentales. La investigación busca ofrecer alternativas innovadoras y eficientes para optimizar estas características del concreto, reduciendo la vulnerabilidad a fallas y el mantenimiento a largo plazo. La implementación exitosa de esta tecnología puede significar un adelanto sustancial en la calidad de las infraestructuras viales y una reducción de costos asociados con reparaciones y mantenimiento.

Justificación Teórica:

Desde el punto de vista teórico, el estudio se basa en la necesidad de avanzar en el conocimiento y aplicación de materiales alternativos en la construcción de pavimentos rígidos.

La incorporación de macrofibras como sustituto del acero de refuerzo convencional representa un cambio significativo en la metodología de diseño y construcción de pavimentos, requiriendo un análisis exhaustivo de su comportamiento estructural y sus implicaciones en términos de resistencia, durabilidad y costos. Este enfoque teórico busca ayudar al desarrollo de prácticas constructivas más razonables y más eficaz, al tiempo que amplía el conocimiento en el campo de la ingeniería de materiales para la construcción.

Justificación Metodológica:

La metodología propuesta para este estudio se fundamenta en un enfoque experimental riguroso que incluye ensayos de rigidez, resistencia y análisis de costos. Este enfoque metodológico garantiza la obtención de información confiable y significativa para evaluar el desempeño de los pavimentos rígidos con incorporación de macrofibras. Además, el estudio se llevará a cabo en condiciones reales en el Fundo Oquendo Callao, lo que proporciona una validez y aplicabilidad práctica directa a los resultados obtenidos. Esta metodología permite una comprensión integral de los efectos de la macrofibra en el comportamiento estructural de los pavimentos, ofreciendo datos relevantes para la toma de decisiones en la industria de la construcción.

1.6. Limitaciones de la investigación

Siendo la medición del potencial de durabilidad del concreto en ejecución es imprescindible, se efectuaron ensayos de durabilidad en situaciones reales para comprobar las respuestas, y conseguir una dosis de fibra que ayude al logro de la meta, pero el poco tiempo que nos da este tipo de proyectos y, sobre todo la falta de condiciones y laboratorios para ello, es un limitante crucial para cumplir a cabalidad nuestro cometido.

Si bien, el reglamento ASTM C 94 se detalla que el tiempo y la celeridad del mezclado, sin embargo, existen pocas experiencias conocidas con Macrofibra para poder tomar las lecciones del caso, razón por la cual, esta investigación asumirá los resultados obtenidos como

primeras experiencias, con el conveniente control de calidad y con equipos necesarios para tal fin de no existir laboratorio calibrado.

1.7. Objetivos

-Objetivo general

Determinar cómo influye la Incorporación de Macrofibra en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos en el Fundo Oquendo Callao 2024.

-Objetivos específicos

Determinar las variaciones en los ensayos de rigidez del pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.

Establecer la resistencia conseguida en el pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.

Determinar las variaciones en el costo del concreto para pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

La incorporación de Macrofibra como reemplazo del refuerzo convencional influye positivamente en el comportamiento estructural de los pavimentos rígidos, Fundo Oquendo Callao 2024.

1.8.2. Hipótesis específicas

La incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el pavimento rígido del Fundo Oquendo Callao 2024 resultará en variaciones significativas en los ensayos de rigidez en comparación con el pavimento convencional

El pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024 mostrará una resistencia comparable o incluso superior a la del pavimento convencional en términos de resistencia a la compresión y a la tracción.

El uso de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el concreto para pavimento rígido en el Fundo Oquendo Callao 2024 implicará un aumento inicial en los costos de materiales debido al precio de las macrofibras.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *El concreto*

La normativa E-060 del (R. N. E.) establece las características y especificaciones del concreto utilizado en la construcción. Define el concreto como una mezcla de cemento, agregados (finos y gruesos), agua y, en algunos casos, aditivos. El concreto debe cumplir con ciertos estándares de resistencia, durabilidad y trabajabilidad para garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras. La cantidad absoluta del cemento está constituido en general de 7% al 15%, de agua entre el 15% al 22% y el añadido viene a ser alrededor del 60% al 75% de la cantidad general de éste.

Asimismo, Solís et al. (2012) señalan que el concreto, además conocido como hormigón en otros sitios, viene a ser un material utilizado en construcción para la realización de construcciones. Estos están compuestos primordialmente por tres productos: cemento, agua y añadidos (como arena, grava, otros). Al mezclar las unidades se combinan en cantidades específicas para crear una sustancia moldeable que puede ser vertida en moldes o encofrados para tomar la forma deseada y luego endurecerse con el tiempo.

2.1.2. *Cemento portland*

2.1.2.1. **Introducción del cemento en el Perú**

Este cemento ingreso al Perú ya en la década de 1860 y pasó por la aduana en 1864 bajo el nombre de "cemento romano", un nombre para la calidad hidráulica utilizada a principios del siglo XIX. En esa época, el Perú era importador de cemento, importando aproximadamente 4.500 toneladas de cemento en 1902. Por ello, durante muchos años se estudiaron e investigaron probables lugares de yacimientos de caliza, razón por la cual, en 1904, el ingeniero Michel Fort publicó su contribución al estudio de la caliza de Atocongo. yacimiento ubicado en el partido de Villa María del Triunfo, y fue considerado en su época porque es utilizado

como cantera de material para la producción de cemento Portland. En 1916, la empresa cementera nacional Portland SA Se fundó para obtener estas canteras, comenzando así la fabricación de cemento en el Perú, con el que luego se construyeron algunas edificaciones en Lima. Consecutivamente se fundaron compañías privadas como Cementos Andino, Cementos Pacasmayo y Cementos Yura. (Fernández y Tello, 2008)

2.1.2.2. Materiales que conforman el cemento Portland

El cemento Portland es cemento hidráulico ampliamente utilizado en la industria de la construcción para la fabricación de concreto y mortero. El cemento Portland se produce a partir de una mezcla de materias primas que incluyen principalmente piedra caliza, arcilla y otros materiales como la pizarra, la sílice y el óxido de hierro. Estos materiales se trituran y se combinan en cantidades determinadas para formar una composición cruda. Luego, la composición cruda se calcina a altas temperaturas en un horno rotatorio, lo que da como resultado el clínker de cemento (Taylor, 1997). El clínker de cemento se pulveriza para obtener el cemento Portland final, que es un polvo fino. Para su uso, se mezcla con agua y adheridos, como arena y grava, para crear el concreto. El cemento Portland es conocido por su propiedad hidráulica, lo que significa que es capaz de endurecerse cuando se combina con agua y, con el tiempo, adquiere una resistencia considerable (Taylor, 1997).

Existen varios tipos de cemento Portland, cada uno diseñado para aplicaciones específicas, como resistencia a sulfatos, resistencia inicial rápida, resistencia a altas temperaturas, etc. La elección de la clase de cemento Portland se elige en razón de los requerimientos del proyecto de construcción.

Los materiales primordiales que la componen vienen a ser:

- **Caliza:** Es una piedra nativa, abundante que posee propiedades de durabilidad, fundamentalmente se compone de por carbonato de calcio (CaCO_3), asimismo se conoce

que la molienda de caliza para cemento llega a conseguir los 75% a 80% del general. (IECA, s.f.)

- **Arcilla:** comprendida por un 16,26% de sílice y óxido de silicio (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O_3). La primordial fuente de álcali en el cemento es el ingrediente arcilloso. (IECA, San Francisco)

2.1.2.3. Proceso de fabricación del cemento

- **Minería y Extracción:** La primera fase de la producción de cemento comienza con la extracción de la materia prima, la cual se realiza a cielo abierto, donde el material obtenido mediante voladuras y cortes es transportado en camiones hasta el procedimiento de trituración. (Unión Andina de cementos [UNACEM], 2018)

- **Trituración trituradora primaria:** en primer lugar, se procesa en una chancadora primaria de cono de 1600 t/h, que consigue triturarla hasta un volumen máximo de 25 cm. (UNACEM, 2018)

- **Trituración secundaria:** En el procedimiento de pulverización secundaria, los materiales se trituran a un tamaño más pequeño de aprox. 7,5cm. Los materiales triturados se transportan sobre una cinta transportadora y se almacenan en el almacén de materias primas. (UNACEM, 2018)

- **Homogeneización preliminar.** En algunos casos, en esta etapa no se realiza el procedimiento de prehomogeneización con el fin de reducir la desviación estándar de la constitución química de la piedra caliza pulverizada. (UNACEM, 2018)

- **Molienda y homogeneización.** Este paso implica triturar usando un molino de bolas o una prensa de rodillos para producir un material muy fino. La elección de minerales calizos, sílices y hierro se realiza de acuerdo al proyecto de mezcla elaborada y planificada, todo con el objetivo de perfeccionar las materias primas y composición que ingresan al horno, teniendo en cuenta el cemento con excelentes características. Estos ingredientes molidos corresponden

homogeneizarse para garantizar la eficiencia del proceso de clinker con una calidad del material constante. Este proceso se realiza en tanques de homogeneización, donde el material resultante estará formado por un polvo muy fino y deberá tener una composición química constante. (UNACEM, 2018)

- **Producción de clinker:** las materias primas son alimentadas a través del sistema transportador y sometidas al proceso de intercambio térmico de manera adecuada, luego ingresan al moderno sistema de precalcinación parcial para luego ingresar al horno rotatorio donde se producen. Este cambio térmico se debe a la transferencia de calor y el rango de temperatura es de 950°C a 1100°C. (Unacem, 2018). Finalmente, el horno se medita el equipo básico para la producción de la unidad final de cemento. (Unacem, 2018).

- **Enfriamiento del clinker:** al producirse el clinker, se extrae o extrae a 120°C, luego se realiza un enfriamiento acelerado y posteriormente el material se transporta al lugar de acopio. (Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, 2018).

- **Molienda de Cemento:** Este material se muele a través de un molino especial con bolas de cadena cerrada. Este equipo depende del volumen de producción. Ambos pueden lograr un alto acabado superficial. (Unacem, 2018).

- **Embalaje y envío.** El cemento es transportado mediante cintas, almacenado en silos, listo para su transporte a granel o envasado en sacos de 42,5 kg. (Unacem, 2018).

- **Distribución:** Este cemento se distribuye y vende a más de 500 ferreterías Progresol y todos los distribuidores autorizados en toda la provincia. (Unacem, 2018).

- **Exportación:** Se utilizan correas tubulares para transportar cemento hasta el terminal de Conchán, a 8,2 km de distancia. Se envía al país de destino. (Unacem, 2018).

- **Control de Calidad:** Los controles de calidad del cemento producido se realizan a lo largo de todo el proceso de producción del mismo. (Unacem, 2018).

2.1.2.4. Composición química del cemento

-Análisis químico

En la Tabla 1 podemos ver la cantidad en porcentajes típicos que se involucran los agregados en el cemento y sus pertinentes abreviaturas con las que son conocidas o designadas:

Tabla 1

Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.

	Oxido componente	Porcentaje típico	abreviatura
Cal combinada	CaO	62.5%	C
Sílice	SiO ₂	21%	S
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.5%	A
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.5%	F
Cal libre	CaO	0%	
Azufre	SO ₃	2%	
Magnesio	MgO	2%	
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.5%	
Perdida al fuego	PF	2%	
Residuo insoluble	RI	1%	

Fuente: (Polanco Madrazo y Setien Marquinez, NP)

De esta Tabla los primeros 4 elementos no se hallan de forma libre en el cemento, éstos consienten los mecanismos potenciales, determinados como agregados Bogue que se exhiben en la Tabla 1.

Tabla 2

Los componentes Bogue, sus fórmulas químicas y abreviaturas simbólicas.

Nombre	Composición de oxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaO-SiO ₂	C3S
Silicato dicalcico	2CaO-SiO ₂	C2S
Aluminio tricálcico	3CaO-Al ₂ O ₃	C3A
Ferroaluminio tetracalcico	4CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃	C4AF

Fuente:(Polaco y Setien, NP)

Los componentes químicos o fase como además se les conoce son calculadas y

encontradas a través de fórmulas que se hallan escritas en la normativa ASTM C150, asimismo se indica en qué fase no vienen a ser componentes verdaderos en un sentido químico, pero no obstante brindan unos datos muy valiosos para el pronóstico de las propiedades del cemento.

-Efectos de los componentes

La conducta del cemento y su impacto se deben primordialmente a los 4 compuestos del cemento portland, con un pequeño aporte de compuestos, estos impactos se observan cuando el cemento tiene variaciones de un estado plástico a un estado endurecido posterior a la hidratación.

Comprender cómo se comportan estos elementos a través del proceso de hidratación nos consciente ajustar la cantidad y volúmenes de cada compuesto durante el proceso de fabricación, permitiéndonos fabricar cemento con características óptimas. El silicato tricálcico, C₃S, es el primordial elemento activo y constituye del 50% al 70% del clinker. Este elemento incide directamente en la alta resistencia inicial del cemento Portland desde el estado inicial de endurecimiento hasta el estado final, que también se mide en horas. Cuando el agua reacciona, se libera un mayor volumen de la cantidad de calor, denominada calor de hidratación.

Esto está directamente relacionado con el calor de hidratación, es decir, cuanto mayor sea el porcentaje de C₃S, mayor será la resistencia. (Vásquez, 2018, p. 8)

Silicato de calcio bivalente, **C₂S**, **este compuesto constituye del 15% al 30% del clinker y es responsable de la fortaleza de la masa cementosa. La permanencia aumenta después de 7 días o más.** (Vásquez, 2018, p. 9)

Aluminato de calcio trivalente, C₃A, consta de aproximadamente un 5% a 10% de clinker hidratado, inicia el endurecimiento inmediato del cemento Portland, libera calor de hidratación y es químicamente susceptible a la acción de los sulfatos. (Vásquez, 2018, p. 14)

Aluminato férrico tetracálcico, C₄AF, este producto o compuesto consta de aprox. Constituye entre un 5 % y un 15 % de clinker y actúa como un agregado prácticamente sin

corrientes de aire, similar al C3A, debido a su rápida humectación y baja resistencia. Elemento. (Vásquez, 2018, p.19)

2.1.2.5. Tipos de cemento que cumplen norma peruana

Hay diversos, ellos se clasifican de la sucesiva forma:

-Cemento Portland

Estos productos se obtienen triturando clinker y yeso según (NTP) 334.009 y la norma técnica americana ASTM C150. (Indecopi, 2005)

- Tipo I es un cemento de construcción general utilizado en proyectos que no requieren propiedades especiales. (Avalo, p. 17).
- Tipo II Adecuado para grandes estructuras de uso general, especialmente donde se requiere una resistencia moderada a la acción de los sulfatos.
- El tipo II (MH) se usa comúnmente, pero es particularmente adecuado para humidificación con calor moderado.
- El Tipo III proporciona alta resistencia en poco tiempo, tiene menor dosificación, es más delgado que el Tipo I, libera más calor de hidratación y se utiliza para la producción industrial de componentes estructurales.
- El tipo IV tiene un bajo calor de hidratación y el contenido de elementos que originan un mayor calor de hidratación es limitado, pero su resistencia mecánica se ve afectada. Esta situación sólo aplica para proyectos hidráulicos como cortinas de presas.
- El tipo V tiene una alta resistencia a los sulfatos y regulariza los sulfatos mezclados en el agua para hacerla más dura a este agente agresivo.

-Cemento Portland Adicionados

Hay variados tipos de cementos en nuestro país, desarrollaremos los considerados de acuerdo a la NTP 334030 y la norma técnica americana ASTM C 595, estos bienes son obtenidos de la molienda de Clinker, yeso y adición mineral. (INDECOPI, 2001)

2.1.3. Agua para concreto

En términos generales, su función es proporcionar la correspondencia agua/cemento necesario para la trabajabilidad y resistencia, aunque es obvio que, al limpiar agregados, preparar mezclas o usarlos para endurecer el concreto en el proceso, no es solo la cantidad lo que importa, pero además sus propiedades químicas y físicas. (Alvarado, 2010)

Los materiales minerales deben limpiarse con agua potable o agua libre de materia orgánica, sal y sólidos suspendidos. El agua utilizada para la elaboración y curado del concreto debe ser preferentemente agua potable o en su defecto agua limpia que no contenga volúmenes nocivos de aceites, ácidos, bases, sales, materia orgánica y otras sustancias que consigan ser nocivas para el concreto. (Tsimas y Zervaki, 2011).

Es el mecanismo preciso para la absorción del cemento y el progreso de sus propiedades. Se especifica algunas propiedades:

- Reacciona con el cemento para hidratarlo.
- Actúa como lubricante para ayudar a la trabajabilidad del ligado.
- Gestionar la distribución de vacíos requeridos en la mezcla para que la elaboración en la hidratación y posean el lugar para desenvolverse.

El agua para el concreto puede provenir de distintas maneras y entre ella tenemos:

- Agua de la tanda (propia del diseño)
- Hielo
- Agua adicionada por el operador.
- Humedad que proviene de los agregados
- Agua de mezcla

2.1.4. Agregados

Conjunto de aditivos inorgánicos naturales o artificiales cuyas dimensiones se encuentran dentro de los fines especificados en la norma NTP 400.011. El agregado es el

período discontinuo del concreto. Estos son los materiales encajados en la pasta y constituyen del 62 al 78 por ciento de las unidades cúbicas de hormigón. (Gutiérrez, 2000)

Según la norma E.060 de la RNE (2014), el volumen nominal máximo del árido grueso no excederá ninguno de los siguientes:

- 1/5 del trayecto pequeño entre los dos lados del encofrado.
- 1/3 de la elevación de la mesa (si concierne)
- 3/4 de la holgura mínima entre barras o alambres individuales, tendones, tendones propios, tendones o tubos.

De acuerdo al Reglamento E.060 de la RNE (2014), el árido grueso utilizado en el armado del hormigón consigue ser grava natural o pulverizada. Las partículas deben ser limpias, preferiblemente de contornos angulosos o semiangulares, duras, densas, firmes y de textura preferiblemente plegada, no deben contener partículas protegidas, materia orgánica u otras sustancias nocivas.

Antes de utilizar masillas se debemos considerar los subsiguientes métodos de ensayo físico-químicos: Muestra total asignado, Valor del tamaño de partículas, Transmisión de malla 200, Humedad, Cohesión agregada y tasa de absorción, Peso unitario, • Equivalente de arena, Depreciación, Partículas de luz, Muestreo de agua, Partículas planas y alargadas, Partículas frágiles y terrones de arcilla, Ventas generales de adheridos solubles en agua., Cloruros solubles en agua de adheridos, Sulfatos solubles en agua de rellenos, Impurezas orgánicas en agregados finos, Residuos sólidos en el agua, Sulfatos solubles en agua, Cloruros solubles en agua, valor de pH del agua, Alcalinidad del agua, Partículas contaminantes, Azul de metileno y Estabilidad del sulfato de magnesio.

Entre las pruebas anteriores, se deben considerar las siguientes pruebas:

Sales solubles totales en agua de agregados, esta prueba ayuda a establecer el contenido de sales solubles totales en agua de adheridos finos y gruesos. El contenido total de

sales solubles permite determinar la presencia de diversas sales en la composición del árido, entre las cuales los cloruros y sulfatos son nocivos para el hormigón, con límites permisibles de hasta 1300 ppm.

Cloruro de Agregados Solubles en Agua, el propósito de esta prueba es establecer el volumen de iones de cloruro solubles que pueden contener los agregados en la producción de concreto. El cloruro no tiene un efecto nocivo directo sobre el hormigón, pero participa en el dispositivo de corrosión de los metales incrustados en el hormigón, formando agregados de hierro que, al expandirse, destruirán la estructura de la lechada y el árido. El límite máximo permitido es el cloruro. La cantidad total es de 600 ppm.

Sulfato hidrosoluble de agregados, el propósito de esta prueba es determinar la cantidad de iones sulfato (SO_4^{2-}) que los adheridos pueden aportar a la producción de concreto. Los altos niveles de sulfatos en los agregados son dañinos porque reaccionan en el concreto para formar yeso y luego sulfoaluminio. Este último se expandirá y puede provocar un desgarro. El límite máximo permitido para los sulfatos totales es de 1000 ppm.

Impurezas Orgánicas En el caso de áridos finos, el objetivo de esta prueba es determinar aproximadamente, mediante un colorímetro, si los áridos finos contienen impurezas orgánicas. Las impurezas orgánicas consiguen interceptar con la hidratación del cemento durante el fraguado, provocando retardo y consecuente pérdida de resistencia y durabilidad, lo cual se explica mejor en la NTP 400.024. Los límites aceptables establecidos que el valor medido debe estar entre 0 y 3, lo que significa que está libre de impurezas orgánicas, mientras que 4 y 5 significa que el agregado fino puede contener impurezas orgánicas.

2.1.4.1. Clasificación de los agregados

Esta clasificación del concreto, en general se efectúa tomando en cuenta su origen, volumen y densidad. No obstante, además correspondería clasificarse de acuerdo a su forma y textura. (Alvarado, 2010)

-Clasificación según su procedencia

Según Lezama (1996) los aditivos se clasifican según su procedencia en:

-Aditivos naturales: derivados de rocas sedimentarias.

-Aditivos triturados: provenientes de rocas intactas y obtenidos mediante pulverización.

-Aditivos industriales: resultantes de residuos de la industria, utilizados en concretos ligeros.

-Aditivos especiales: de origen natural o artificial, con mayor densidad que los comunes, aplicados en concretos para radiaciones atómicas.

-Clasificación según su tamaño.

Los aditivos, según su dimensión, poseen la siguiente clasificación para concreto: se dividen en aditivos finos y gruesos. Sin embargo, frecuentemente los limos y arcillas se encuentran adheridos a ellos (Rivva, 2000). El Instituto del Concreto clasifica los aditivos naturales conforme a su volumen, como se indica en la tabla correspondiente.

El contenido de arcilla y limo en la mezcla de concreto es un factor que debe limitarse, ya que cuando son excesivamente grandes, incrementan el requerimiento de agua y disminuyen la cohesión entre el agregado grueso y la pasta de cemento (Instituto del Concreto, 1997).

-Clasificación según su Densidad

Los adheridos naturales como los artificiales se consiguen catalogar y dividir en tres categorías diferentes: agregados livianos, agregados comunes y agregados pesados.

La estructura de la superficie depende de las propiedades de la roca madre, la dureza, el tamaño de las partículas, la porosidad y el efecto sobre el agregado. Se puede decir que la textura de la superficie de los escombros es rugosa, mientras que la superficie de los guijarros en ríos, cañones u océanos es lisa. (Alvarado, 2010)

Los agregados pueden clasificarse en redondeados y convexos, frecuentemente derivados de ríos donde la abrasión ha suavizado sus salientes. Se distinguen también los

aciculares, que presentan una dimensión predominante. La morfología de los agregados impacta las propiedades del concreto, afectando su consistencia y resistencia. La textura del material es crucial, ya que determina la adherencia entre el árido y la pasta de cemento. Los agregados redondeados suelen tener una textura suave, mientras que los angulares son rugosos, lo que influye en la compactación y densidad del hormigón.

2.1.4.2. Propiedades de los agregados

- Propiedades Químicas de los Agregados

Los requerimientos químicos que se tienen que realizar en los añadidos con el fin de impedir su renuencia en la mezcla del concreto, son las de impedir sustancias actuales de tipo agresivo y elementos geológicos o mineralógicos agresivos, aquí hallamos los más habituales como parece ser la sílice activa. (Instituto del Concreto 1997)

-Epitaxia.

La insuperable reacción química providencial conocida hasta ahora de los añadidos. Da una gran añadidura de ciertos componentes de tipo calizos y la mezcla de cemento, a través del lapso de tiempo que acontece en el tiempo. (Instituto del Concreto 1997)

-Reacción álcali-agregado.

La sílice activa, presente en ciertos aditivos, reacciona con los álcalis del cemento, provocando expansiones, pérdida de masa y disminución de las características tenaces (Instituto del Concreto, 1997).

2.1.4.3. Propiedades Físicas de los Agregados

Entre las propiedades mecánicas de las mezclas de concreto, las propiedades físicas más importantes son: tamaño de partícula, porosidad, unidades de masa, forma y textura de las partículas. (Instituto del Concreto, 1997)

- **Densidad:** Está determinada por la roca original de la cual proviene y se define por la relación entre la masa y el volumen de la misma (Instituto del Hormigón, 1997).

- **Forma y textura:** Tienen un impacto considerable en las propiedades del hormigón en su estado fresco (trabajabilidad y consistencia) y en su estado endurecido (resistencia mecánica) (Instituto del Hormigón, 1997).
- **Determinación del tamaño de partícula:** es la composición (expresada como porcentaje) de agregados de diferentes tamaños en una muestra. La relación generalmente se expresa del tamaño más grande al más pequeño con un número que representa el porcentaje en masa de cada fracción de tamaño que pasa a través o es retenida en los diversos tamices diseñados para tales mediciones (Concrete Institute 1997). Los límites de tamaño de partículas para minerales finos y gruesos se dan en las tablas, respectivamente.
- **Unidad de masa:** La relación entre la masa de un material contenido en un recipiente específico y su volumen se denomina unidad de masa. La masa unitaria compacta es otro indicador relevante de la calidad del agregado, ya que a medida que el tamaño de las partículas es más fino, mayor es el valor numérico de la masa. Las partículas con forma casi cúbica o esférica resultan en masas unitarias más elevadas (Instituto del Concreto, 1997).
- **Porosidad y absorción de agua:** cuanto mayor sea la porosidad del árido, menor será su resistencia mecánica, menor será la absorción de agua, más denso será el árido y mejor será su calidad. (Instituto de Investigación del Concreto, 1997)

2.1.4.4. Propiedades Mecánicas de los Agregados

De acuerdo al Instituto del concreto (1997) las características mecánicas de los añadidos vienen a ser:

Dureza: Esta propiedad se ve influenciada por la **composición mineral**, la **estructura** y el **origen** de los áridos. En la elaboración de concreto expuesto a altos niveles de desgaste por fricción o abrasión, la dureza del agregado grueso es crucial para la selección del material (Instituto del Concreto, 1997).

Resistencia: El agregado grueso tiene una mayor correlación con la resistencia del concreto que el fino, ya que impacta el tamaño de las partículas en la mezcla. La distribución de la masa se puede lograr mediante la masilla, y es vital asegurar que el agregado no falle antes de que el mortero de cemento endurezca. Los defectos en el agregado grueso pueden surgir de una mala estructura entre las partículas o de imperfecciones generadas durante su extracción, especialmente con chorro de arena (Instituto del Concreto, 1997).

Rigidez o resistencia al daño por impacto: Esta propiedad depende de la roca madre y es relevante en el manejo de los áridos, ya que aquellos con menor capacidad de respuesta a cargas de impacto pueden ver afectado su tamaño de grano (Instituto del Concreto, 1997).

Adhesión: Se refiere a la interacción en la zona de contacto entre el árido y el mortero, resultado de fuerzas físico-químicas. Una mayor adherencia entre la pasta de cemento endurecida y el árido se traduce en una mayor resistencia del hormigón. Esta depende de la calidad de la pasta de cemento y de características como el tamaño de las partículas, la forma, la rigidez y la textura de los agregados. Aunque no hay un método conocido para medir la adherencia, se sabe que aumenta con la rugosidad de la superficie de las partículas (Instituto del Concreto, 1997).

2.1.4.5. Funciones del agregado en el concreto

Según Rivva (2000), las tres funciones principales de los aditivos en el concreto son:

- Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo su contenido por unidad de volumen y, por ende, disminuyendo el costo de la unidad cúbica del concreto.
- Ofrecer una masa de partículas capaz de resistir esfuerzos mecánicos, desgaste o condiciones climáticas adversas que puedan afectar al concreto.
- Minimizar las variaciones en las proporciones debido al proceso de fraguado y endurecimiento, así como por el humedecimiento y secado, o por el calentamiento de la mezcla.

2.1.5. Aditivos para concreto

Una sustancia que se añade a los componentes esenciales del concreto para alterar algunas de sus propiedades. Según la norma ASTM C-123, se definen como materiales distintos del agua, los áridos y el cemento utilizados como elementos del hormigón o mortero. Los aditivos se utilizan en dosis que corresponden a la fracción en peso del cemento, excepto en casos donde sea preferible dosificarlos en una proporción específica en relación con el agua de mezcla. Los aditivos líquidos generalmente se incorporan a las mezclas de concreto junto con el agua de mezcla, mientras que los aditivos en polvo se integran con el cemento o el agregado fino.

Conforme al Comité ACI 116 (26), los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, elementos hidráulicos y fibras de refuerzo empleados como ingredientes en mortero u hormigón, y se añaden a la mezcla justo antes o durante el proceso de mezcla. Esta definición sugiere que un material se considera aditivo únicamente si se incorpora al hormigón de forma separada, lo que permite regular su dosis.

2.1.5.1. Clasificación de los Aditivos

De acuerdo a la comisión 212 del ACI

Esto se clasifica de acuerdo a los tipos de materias de componentes o a los impactos particulares en su utilización:

- a) Añadidos acelerantes.
- b) Añadidos con reducción de agua y que vigilan el fraguado.
- c) Añadidos para inyecciones.
- d) Añadidos con incorporación de aire.
- e) Añadidos con extractor de aire.
- f) Añadidos de formación de gas.
- g) Añadidos con producción expansivos.

- h) Añadidos de minerales finos y molidos.
- i) Añadidos impenetrables y con reducción de la porosidad.
- j) Añadidos glutinosos (denominados además epóxicos).
- k) Añadidos químicos con el fin de disminuir la expansión a razón de la resistencia entre los añadidos y los alcalices del cemento.
- l) Añadidos con inhibición de corrosión.
- m) Añadidos de tipo fungicida, germicida o insecticida.
- n) Añadidos floculadores.
- o) Añadidos con colorantes.

Las Reglamentación del Perú y las de Norte América del ASTM que les valen como antecedentes, y sistematizan los añadidos conforme a las funciones que desempeñan en el concreto. El CEN (Comunidad Europea las normas) se encarga de reglamentar los añadidos químicos conforme se encuentren aplicados a mezclas de cemento, morteros, concretos y concreto con proyección.

A. De acuerdo a la recomendación ACI 212 y en correspondencia con las reglas ASTM C-494 o C-1017 y Normas NTP.

Esta se clasificaría de acuerdo a los añadidos consecutivos de acuerdo a los sucesivos conjuntos; conforme a las reglas;

Aceleradores. El objetivo es aumentar elocuentemente el progreso de la resistencia a la compresión inicial y/o disminuir el caso de curado. Debe efectuar con los requerimientos de las normativas ASTM C 494 o C 1017 o las reglas NTP 339.086 o 339.087.

Medios de eliminación de aire. La finalidad es optimizar la conducta del concreto frente a los procedimientos de hielo-deshielo que se originan en los poros capilares cuando se hallan saturados y a temperaturas mínimas a 0° C. Estos añadidos deben cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.086 o norma ASTM C 260.

Reductores y acondicionadores de agua. El objetivo es reducir el requerimiento de agua de la mezcla o cambiar sus condiciones de fraguado, o ambas cosas. Deberán practicar con las obligaciones de las Reglas NTP 339.086 o 339.087 o Norma ASTM C 494 o C 1017.

Impermeable. Su propósito es ayudar a intervenir las fugas por grietas y comprimir el ingreso de agua al concreto insaturado desde el lado húmedo al lado seco.

Reductores de permeabilidad. Su propósito es reducir la velocidad a la que circula el agua a través de elementos de concreto saturados manteniendo un gradiente hidráulico externo.

Superplastificante o superfluidizante. También conocidos como aditivos reductores de agua de alta eficacia, su finalidad es reducir significativamente el contenido de agua del hormigón manteniendo una determinada consistencia y sin afectar negativamente al curado. También se pueden utilizar para aumentar el asentamiento sin aumentar el contenido de agua de la mezcla.

Aditivos retardantes de fuego. Su propósito es aumentar el tiempo normal de fraguado del concreto para lograr una mayor plasticidad y así beneficiar el proceso constructivo. Su sucesivo uso primordial se justifica en los casos:

a) Piezas complejas y/o grandes donde la secuencia de concreto dará lugar a juntas frías si se utiliza una mezcla de curado normal.

b) Cuando se vierte en climas cálidos, aumente la velocidad de fraguado de las mezclas convencionales.

c) Bombear hormigón a largas distancias para evitar obstrucciones.

d) Conservar el concreto plástico en contextos de emergencia que requieran una interrupción temporal del colado, como falla del equipo o retraso en la entrega del concreto.

B. Razones de Empleo de un Aditivo

La conducta y rendimiento del hormigón hidráulico en estado fresco y endurecido suelen verse influenciados y transformados por varios componentes. La utilización de aditivos

se considera una medida complementaria y no un sustituto de otras primarias como cemento adecuado, mezclas de hormigón bien diseñadas o métodos de medidas satisfactorias. Según el Comité ACI 212(76), (77), (78), los añadidos se utilizan a menudo en la producción de hormigón, mortero o lechada no sólo para cambiar sus propiedades en estado fresco y fortificado, sino además para ser económicos, ya que el uso de añadidos consigue ser en varios casos el único medio posible para conseguir las respuestas deseadas, como la defensa contra la congelación y descongelación, retardando o apresurando el lapso de fraguado.

En hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad sin agrandar el comprendido de humedad.
- Reduzca el contenido de agua sin alterar su trabajabilidad.
- Comprimir o prevenir la deposición de compuestos.
- Ampliarlo un poco.
- Cambiar la tasa y/o cantidad de fuga.
- Disminuir el aislamiento.
- Bombeo más fácil.
- Reducir la tasa de pérdida de liquidación.

En hormigón endurecido:

- Reducir el calor de hidratación.
- Progreso inicial de tenacidad.
- Aumentar la resistencia mecánica del hormigón.
- Perfeccionamiento la resistencia del hormigón.
- Reducir el flujo de agua capilar.
- Reducir la permeabilidad a los fluidos.
- Mejorar la unión entre el hormigón y las barras de acero.
- Resistencia al efecto y resistencia al desgaste mejoradas.

C. Normas

Estándares nacionales: Actualmente, el Instituto Nacional de Competencia y Protección a la Propiedad Intelectual INDECOPI, fundado por la Ley N° 18 de noviembre de 1992, es el responsable de la normalización. 25 868. El secretario del INDECOPI (llamado Comité de Regulación Técnica y Comercial) es responsable de la elaboración de las normas). El primer organismo de regulación fue el Organismo Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación (INANTIC), establecido mediante la Ley de Promoción Industrial (31-11-59 N° 13270), que certificó diversas reglas acerca del cemento. Esta entidad fue posteriormente sustituida por el Instituto de Investigaciones Técnicas Industriales y Normas Técnicas, IINTEC, incorporado en la Ley General Industrial DL: 18350 del 27 de agosto de 2070, que actualizó las reglas presentes y desarrolló otras nuevas.

Tabla 3

Reglas Sistemáticas en Perú

NTP334.084:1998	CEMENTOS. Añadidos eficaces a utilizarse en la fabricación de cementos Portland
NTP334.085:1998	CEMENTOS. Añadidos de procedimiento de utilización en la fabricación de cementos Portland
NTP334.087:1999	CEMENTOS. Añadidos minerales en pastas, morteros y concretos: micro sílice; detalles.
NTP334.088:1999	CEMENTOS. Añadidos químicos en mezclas, morteros y hormigón(concreto); detalles
NTP334.089:1999	CEMENTOS. Añadidos vinculados de aire en mezclas, morteros y hormigón (concreto); detalles.

- **Reglamentos Internacionales**

Para iniciar las reglas tomadas por la industria fueron las de American Society for Testing and Materials (ASTM). Estos añadidos tienen que seguir además los requerimientos de las reglas escogidas y los detalles de la obra, teniendo que prestar una especial atención a las recomendaciones brindadas del fabricante y/o encargado de distribuir el añadido o aditivo. Las sucesivas reglas ASTM siguen las clases de añadidos de utilización estándar

Tabla 4

American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM C260	Añadidos con incorporación de aire
ASTM C494	Añadidos con reducción del agua y controlador de fragua.
ASTM D98	Cloruro de calcio.
ASTM 1017	Añadidos a ser utilizados en la fabricación de concreto muy sueltos.

Fuente: NTP 339.034

2.1.6. Propiedades primordiales del concreto fresco

De acuerdo a Rivva (2000), las características del concreto en estado fresco contienen la estabilidad, trabajabilidad, cohesividad, comprendido de aire, apartamiento, exudación, lapso de fraguado, calor de hidratación y peso por unidad. En el caso de impacto de este estudio se da más énfasis a la consistencia y trabajabilidad.

2.1.6.1. Consistencia

Propiedad que determina el contenido de humedad de una mezcla utilizando su grado de fluidez, el cual se entiende como que mientras más húmeda esté la mezcla, más fácil será para el fluido concreto durante su colocación. (Rivva 2000). Es la capacidad que tienen el mortero y el hormigón frescos de fluir, es decir, de alcanzar la forma de los moldes que lo contienen. (Instituto del Concreto 1997). El método de medición utilizado es el cono de Abrams o prueba de asentamiento (NTP 339.035 y ASTM C 143), que determina la firmeza de la

mezcla en términos de asentamiento (en otras palabras, si es más húmeda la mezcla, hay más asentamiento), con medida en pulgadas o centímetros. Resulta que el asentamiento es una medida de la discrepancia de altura entre el encofrado metálico patrón y la masa de hormigón posterior de que se ha quitado el encofrado que cubre el encofrado metálico estándar.

Los cambios en el contenido de humedad de la mezcla cambian significativamente la consistencia. En el concreto bien proporcionado, la cantidad de agua necesaria para producir un determinado revenimiento depende de varios factores, siendo una textura más gruesa que requiere más agua, mientras que su contenido disminuye a medida que aumenta el tamaño máximo del árido. (Estrada y Páez, 2014)

2.1.6.2. Trabajabilidad

Es esta propiedad del concreto la que establece su capacidad para manipular, transportar, colocar y consolidar con el mínimo esfuerzo y la máxima uniformidad, y hacerlo sin separación. Dependiendo de la configuración de la mezcla, se puede dividir en baja, media y alta. (Guevara 2008)

2.1.7. *Propiedades del concreto endurecido*

Para Rivva (2000), los patrimonios de gran trascendencia en el concreto en estado fortificado contienen las firmezas mecánicas, tiempo de duración, sus características de elasticidad, cambios de tamaño, impermeabilización, entereza al deterioro, resistencia a la cavitación, con características térmicas, acústicas y aspecto.

2.1.7.1. Resistencia

La resistencia del concreto fortificado es la propiedad más trascendental que cumple los requisitos de construcción, debido a esto muchas veces se considera la propiedad más inestimable del concreto, pero no hay que dejar de lado que en muchos casos otras propiedades, como la resistencia y la permeabilidad, cobran mayor importancia. (Estrada y Páez, 2014)

El concreto es un material que puede resistir tensiones de tensión, tracción y flexión, su resistencia a la presión es la más alta de todas, aproximadamente diez veces la resistencia a la tracción, y dado que atrae la mayor atención en la mayoría de las aplicaciones de hormigón. Por otro lado, la resistencia a la compresión es muy fácil de establecer con muchos otros indicadores con la misma magnitud de desempeño. Normalmente, los detalles del concreto requieren la determinación de la resistencia a la compresión después de 28 días, lo que se puede lograr simplemente realizando una prueba de compresión. (Estrada y Páez, 2014)

2.1.7.2. Durabilidad

El término durabilidad del hormigón está relacionado con su capacidad para seguir utilizándose dentro de su estructura. Hubo un tiempo en que se pensaba que el hormigón tenía una alta resistencia, pero hoy se ha descubierto que esta resistencia está restringida por razones ambientales (heladas, ataque de sulfatos del suelo) o internas (reacción de agregados alcalinos). (Estrada y Páez, 2014)

El concreto duradero es un concreto que resiste satisfactoriamente los impactos de la situación de la utilización. (Guevara 2008)

Investigamos concreto de gran resistencia Según ACI, el concreto de alta resistencia es el concreto que consigue una resistencia de 420 kg/cm^2 o más después de 28 días de cemento, que está diseñado para alcanzar una alta resistencia. demostrado que el tipo de concreto generalmente es de alta resistencia, además también tiene otras propiedades como una adecuada trabajabilidad al instante de colarlo, y para lograrlo muchas veces en nuestro estudio se requiere de un aditivo; Fue fibra cruda PS60, motivo de este estudio. Por tanto, el concreto fortificado con fibras (CRF) se precisa como un concreto que contiene fibras cortas, discretas y distribuidas aleatoriamente. Según la definición del ACI – American Concrete Institute, el hormigón reforzado con fibras es un hormigón elaborado a partir de cemento hidráulico que contiene áridos finos y gruesos y fibras individuales discontinuas. Concepto derivado del texto:

El Hormigón Reforzado con Fibras (CRF) está formado especialmente por cemento hidráulico, áridos y fibras de refuerzo intermitentes. Las fibras convenientes para el armado del concreto están hechas de acero, vidrio y polímeros orgánicos (fibras sintéticas) (Comité ACI 544, 2002, p. 1). Por lo tanto, buscamos utilizar Macrofibra PS60 en usos de estructura para obtener los beneficios agregados de menor mano de obra, mayor resistencia y la disminución o eliminación del socorro tradicional. Las fibras de polipropileno son las fibras sintéticas más populares y son químicamente inertes, hidrófobas y ligeras (Kosmatka et al., 2004, p. 157).

Partiendo del concepto más general, conseguimos decir que nuestro concreto es un material formado por una composición de cemento, agua, áridos y fibras gruesas PS60 en determinadas proporciones, que para iniciar se forma una distribución plástica y maleable, que luego adquiere una consistencia rígida. Propiedades aislantes y duraderas, lo que lo convierte en un material de construcción ideal. La fibra gruesa PS60 también se utiliza cuando se buscan beneficios agregados de mano de obra reducida, resistencia mejorada y disminución o eliminación de la ayuda habitual. Básicamente, el tipo y tipo de fibra determina la eficiencia de ganancia y la eficiencia de transmisión. Actualmente se tiene que usar fibra cruda PS60. Por lo tanto, el contenido de fibra es la cantidad de fibras por unidad de cantidad de la matriz del concreto (Comité ACI 544, 2002, p. 5), mientras que la maleabilidad es la capacidad del material para resistir la imperfección sin agrietarse (Comité ACI 544, 2002, p.5). Las fibras gruesas son compatibles con todos los aditivos para concreto y productos químicos que mejoran el rendimiento, pero no requieren aditivos mezclados para ser efectivos.

Las referencias son las siguientes:

- Especificación estándar ASTM C 94/C 94M para concreto premezclado.
- Especificación Estándar ASTM C III6/C III6M para concreto Reforzado con Fibra.
- Método de prueba estándar ASTM C 1399 para la resistencia excedente media del concreto reforzado con fibras.

- ASTM C 1436 Detalle de materiales estándar para hormigón proyectado.
- Método de prueba estándar ASTM C 1609 /C 1609M para las propiedades de flexión del concreto fortificado con fibra (utilizando vigas cargadas en tres puntos).
- Reemplazar según ASTM C 1018.
- Manual ACI 304 para Medir, Mezclar, Transportar y Partir Concreto.
- ACI 506 Manual de shotcrete para concreto.
- Informe de evaluación NER-414 del Consejo Internacional del Código (ICC).

2.1.8. Descripción de la fibra a utilizar

La macrofibra sintetizada de forma estructural PS60, esta trazada y utilizada como ayuda al concreto. Su textura específica consiente conseguir una adecuada ligadura con el concreto y impedir la merma enorme cuando se proyecta. La PS60 está trazada con el fin de poseer más unión interfacial y eficiencia del aguate en la flexión, absorber la energía y disminuir las grietas. Cumplimiento con las reglas ASTM C 1116/ C 1116 M, concreto Tipo III fortificado con fibra y con la reglamentación de Europa EN- 14889-2 como tipo II.

2.1.8.1. Ventajas

- No tiene magnetismo
- No se corroe
- A prueba de álcali
- No demanda una cubierta minúscula de concreto
- Se añade de acuerdo a la reglamentación establecida
- Fácil en su utilización y seguro.
- Evita molestias y ayuda en el ahorro del tiempo

2.1.8.2. Beneficios

- No hay corrosión
- No perturba la fluidez (slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.

- Reduce la propensión a las grietas al encontrarse fresco como en el fortificado del concreto.
- Menos coste de mano de obra vs la utilización del acero.
- Tiene gran resistencia a asaltos químicos y a los álcalis.
- Ayuda a la resistencia a la presión y flexión del concreto.

2.1.8.3. Aplicaciones principales

- De aplicación a todas las clases de concreto, que demostraría el requerimiento de ser ser resistentes a grietas intrínsecas y poseer una mayor impenetrabilidad al agua.
- Se consiguen instalar en las sucesivas estructuras:
 - Losas en el suelo
 - Estuco
 - Pavimentado de pendientes
 - Veredas
 - Rebordes
 - Adheridos arriesgados
 - Ingresos para autos
 - Capas colocadas y coberturas

- Propiedades físicas y químicas

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| • Impregnación | Cero |
| • Gravedad determinada | 0.91 |
| • Largo de la fibra* | Graduación |
| • Conductividad de la electricidad | Baja |
| • Entereza a la sal y a los ácidos | Alta |
| • Lugar de fundición | 324°F (162°C) |
| • Sitio de encendido | 1100°F (>593°C) |

- Conductividad térmica Baja
- Resistencia a los álcalis A prueba de álcalis

2.1.9. Incorporación de Macrofibra de Polipropileno

La cantidad de mezcla de fibra cruda de polipropileno se describe a la adición de fibra cruda de polipropileno a la mezcla de concreto usado para crear el pavimento rígido. Las macrofibras de polipropileno son fibras sintetizadas especialmente diseñadas para perfeccionar las características mecánicas del concreto y fortificar su estructura. Estas fibras por lo general están realizadas de polipropileno virgen de alta calidad, este nos da a conocer que hay una alta resistencia a la tracción y al impacto, además una buena adherencia al concreto ASTM (2015).

La adición de fibras gruesas de polipropileno al hormigón puede sustituir total o parcialmente la utilización tradicional de barras de acero, aportando así varias ventajas. Estos contienen la reducción de la corrosión del acero (porque el polipropileno no se oxida) y mejorar la durabilidad del pavimento al advertir la difusión de grietas. Asimismo, las fibras gruesas de polipropileno llegan a optimizar la resistencia al agotamiento del concreto y disminuir los costes de sostenimiento a largo plazo ASTM (2015).

Las dimensiones de la variable son las sucesivas (ASTM, 2015).:

- **Placas embebidas de fibras gruesas:** incorporan las propiedades determinadas de las losas rígidas fortalecidas mediante el agregue de fibras gruesas de polipropileno a la mezcla de hormigón. Estas propiedades consiguen incluir asuntos tales como la clase de fibras gruesas utilizadas (longitud, diámetro, forma), la cantidad de fibras gruesas en la mezcla de concreto (indicada como peso por unidad de cantidad de concreto) y la distribución y ubicación de las fibras. gruesas.
- **Láminas Rígidas Convencionales:** Se refiere a las propiedades de las láminas rígidas fortalecidas por sistemáticas convencionales como barras de acero corrugadas. Estas particularidades consiguen encerrar específicamente el tipo, volumen y ubicación de las

barras de acero en la losa de concreto, además la densidad y colocación de las barras de acero en toda la losa.

2.1.10. Comportamiento Estructural de Pavimentos Rígidos

Rodezno y Kaloush (2010) plantearon que la conducta estructural de los pavimentos rígidos hace referencia al análisis del ejercicio y características estructurales de los pavimentos rigurosos que utilizan fibras gruesas de polipropileno en lugar de barras de acero tradicionales. El análisis cubre todos los aspectos de la resistencia a la carga del pavimento, la capacidad de carga, la resistencia al agotamiento, la duración y desproporción bajo variadas cargas y situaciones del ambiente. El estudio de la conducta de estructura de los pavimentos rigurosos es principalmente para resguardar su correcto desempeño y duración.

La adición de fibras gruesas de polipropileno consigue modificar algunas de las características mecánicas del concreto, debido a esto es trascendental valorar cómo estos cambios afectan el comportamiento estructural de los pavimentos. Propiedades estructurales capacitivas de pavimentos duros fabricados con refuerzo de acero convencional. (Rodezno y Kaloush, 2010).

Los espacios de esta variable son las sucesivas (Rodezno y Kaloush, 2010):

- **Absorción de Energía:** Esta dimensión se describe a la capacidad del pavimento rígido para absorber energía cuando está sometido a cargas o impactos, como el paso de vehículos o la acción de fuerzas externas. Cuanto mayor sea la capacidad de absorción de energía del pavimento, mayor será su capacidad para resistir el desgaste y la deformación bajo cargas repetidas, lo que puede influir en su durabilidad y vida útil.
- **Resistencia:** Esta dimensión se describe la capacidad del pavimento rígido para hacer frente las fuerzas aplicadas sobre él, ya sea debido al tráfico vehicular, las condiciones climáticas u otros factores externos. La resistencia del pavimento está relacionada con su

capacidad para resistir cargas sin soportar perjuicios de estructura significativos, como agrietamiento, deformación permanente o pérdida de integridad estructural.

- **Costo:** Esta dimensión se refiere al costo asociado con el diseño, construcción, mantenimiento y reparación del pavimento rígido. Envuelve los costes de materiales, mano de obra, equipo y otros recursos requeridos para la instalación y el mantenimiento del pavimento a lo largo de su vida útil. El costo del pavimento puede variar según el tipo de diseño, los materiales utilizados, las técnicas de construcción empleadas y las condiciones específicas del sitio de construcción. Evaluar el costo del pavimento es crucial para tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales y métodos de construcción que optimicen el rendimiento del pavimento y minimicen los gastos asociados con su instalación y mantenimiento.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Se procedió a implementar un enfoque cuantitativo debido a que recoge las respuestas de resistencia a flexión y compresión del concreto fortificado con fibra sintética fibermesh 150, de igual manera, datos de estudios a nivel nacional como internacional, a los cuales se les aplicó un análisis cualitativo cuasi experimental con el objetivo de describir la conducta de la resistencia a flexión del concreto y de esta manera demostrar las hipótesis determinadas anticipadamente.

Además, los métodos del estudio fueron cualitativos y se construyen dentro de un paradigma científico naturalista e de interpretación, que, como indica Barrantes (2014), se concentra en la investigación del comportamiento humano y el significado de la vida social (p. 82). Del mismo modo, Bernal et al. llegar (2013) señalaron que, a pesar de sus discrepancias, la información cualitativa posee una valía epistemológica análogo a las informaciones de datos cuantitativos y se obtienen utilizando sistemáticas difíciles (p. 10). En relación a esto, Hernández, (2010) plantea que la recolección de datos no inicia con herramientas creadas previamente, sino que el investigador comienza a aprender observando y describiendo a los participantes, así como desarrollar métodos de registro de datos como métodos. se está aclarando mientras continúa el estudio. (Parte 11)

Este estudio se aplica ya que la finalidad es avanzar en el conocimiento, así crear respuestas o tecnologías que beneficien a la sociedad en el futuro cercano. Este estudio es fundamental para conseguir beneficios socioeconómicos a largo plazo. De acuerdo Hernández, RH (2010) el estudio básico se precisa como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos aplicados al estudio de los fenómenos. (p. 10)

Nuestro estudio analiza el efecto del agrugue de la fibra sintética Fibermesh 150 sobre

la resistencia a la flexión del hormigón convencional con el fin de crear una base de datos comparativos organizados para mejorar el conocimiento del uso de esta fibra.

Nivel de investigación

El nivel es **Explicativo**, porque se basa en determinar la correspondencia causa-efecto de las dos variables, así determinar la variación en la cantidad de fibra (causa), y los efectos que ocasiona en las características del concreto (resistencia a la compresión, durabilidad y permeabilidad), determina las causas de los fenómenos y tiene control de las variables (Experimental). Tiene el siguiente esquema: Como influye X (Cantidad de fibra) en Y (características del concreto) al hablar del caso Z (ante ataques de sulfatos y cloruros).

El nivel de estudio es **descriptivo**, debido a que se buscó realizar la descripción de la conducta frente a la resistencia a la compresión, flexión y duración del concreto fortificado con Macrofibra PS60 en sus diferentes dosificaciones.

Diseño de Investigación

Fue de tipo **experimental, descriptivo**. Fue experimental ya que el estudio se efectuó manipulando de forma intencional ambas variables.

Asimismo, **transeccional o transversal** ya que se recogieron la información del estudio en un momento establecido. El estudio se efectuó en el año 2022, y no se tomó en cuenta las variaciones que pudieran ocurrir posteriormente.

Finalmente **Explicativo** ya que se centró en realizar la descripción de la conducta frente a la resistencia del concreto fortificado con Macrofibra sintética.

Fue de tipo Explicativo ya que residió en narrar la motivación y compromiso académico en el abandono estudiantil en la Carrera Técnica de Contabilidad IESTP Argentina de los años 2021-2023.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Son los elementos, objetos del estudio, pueden ser finitos o infinitos, tienen particularidades generales y están se hallarán con extensión a las conclusiones del estado. La población está limitada por el problema y por los fines de la investigación.

En la actual tesis la población considerada específicamente es el concreto con añadidos de Macrofibra PS60 al utilizarlos en pavimentos rigurosos.

Finalizando se realizará la toma de encuesta a 54 declarantes y un general de 18 cubos de concreto.

3.2.2. Muestra

Es un subconjunto limitado característico extraído de la población disponible. Existen varias fórmulas para establecerlo, pero en nuestro caso la muestra está formada por muestras de hormigón cilíndricas y prismáticas $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, 9 de cada una de hormigón estándar (sin dosificación de fibras) y de composición.

Se utilizaron los siguientes métodos de prueba para la recopilación de datos: Método de prueba estandarizado ASTM C39 para resistencia a la compresión de especímenes de concreto cilíndricos y ASTM C78 (carga en el tercer punto) que reside en especímenes de prueba con una sección transversal prismática de 15 cm. x 15cm. x 50 cm, colóquelo sobre dos soportes de marcado separados 45 cm. Y aplique la carga a un tercio del vano libre (15 cm). Una vez que se encuentra el volumen más adecuado de fibra, se realiza la falla por flexión. En los dos casos se realizarán pruebas en diferentes edades los días 7, 14 y 28 respectivamente.

3.3. Operacionalización de variables

Variable Independiente

X. Variable Independiente: Macrofibra sintética PS60.

Mecanismo de aditamento al concreto utilizado para la construcción de pavimentos rígidos en estudio.

Tabla 5

Variable Independiente: Macrofibra sintética PS60

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala/niveles de dimensión
Independiente X. Incorporación de Macrofibra de Polipropileno	Macrofibra de Polipropileno. Son filamentos sintéticos de Polipropileno, los cuales se mezclan con el concreto convirtiéndolo en un material dúctil y tenaz =CRF Concreto Reforzado con Fibras. Zamorano (2018	Se diseñará una mezcla base que servirá de patrón para realizar los comparativos de los beneficios que se presentará al ir incrementando las proporciones en cantidades de Macrofibra y los beneficios que esta pueda brindar	Losas con incorporación de Macrofibras	Diseño de losa de concreto $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, con adición de Macrofibra en porcentajes de Adición desde 2, 2.5 y 3 kg/m^3	ASTM C-94	Ordinal
			Losas con refuerzo convencional	Diseño de losa de concreto $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con refuerzo convencional	ASTM C-94	Nominal

Variable Dependiente

Y. Variable Dependiente. Comportamiento estructural de pavimentos rígidos

Resultado obtenido al adicionar la Macrofibra sintética PS60 al concreto para la edificación de pavimentos rigurosos en estudio.

Tabla 6

Variable Dependiente. Comportamiento estructural de pavimentos rígidos

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala/ niveles de dimensión
Dependiente Y. Comportamiento estructural de pavimentos rígidos	Los pavimentos de concreto, son diseñados de tal manera, que solucionan los requerimientos técnicos de empresas, por lo que se debe estudiar el uso que tendrá el pavimento; también se debe conocer las características ambientales en las que se realizará el ensayo. Una de las características es que tienen un mayor refuerzo y durabilidad para el cumplimiento de las especificaciones.	Mediante la aplicación de la Macrofibra, se determinará la concentración adecuada de Macrofibra que ayudará a reemplazar el acero de refuerzo convencional en el pavimento de concreto que se aplicará en el Fundo Oquendo	Absorción de Energía	(Kg/cm ²)	Ensayo de paneles (ASTM C1550) Ensayo de paneles (EN 14488- 5)	Escala de razón
			Resistencia	Resistencia (Kg/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión (ASTM C39) • Ensayo de tracción del concreto (ASTM C496) • Ensayo de vigas (ASTM C1609) 	Escala de razón
			Costo	Soles por m ³	Costo de materiales (global) <ul style="list-style-type: none"> • Costo Directo (global) 	Escala de razón

3.4. Instrumentos

Los Instrumentos que se recopilarán en fundamento a los ensayos efectuados en el laboratorio en donde se efectuó las variadas y estas se describen enseguida:

Ensayos

- ✓ ASTM C-94 (Fabricación y elaboración de concreto)
- ✓ ASTM 231 (Establecimiento del contenido de aire)
- ✓ ASTM C138 (Establecimiento del Peso Unitario)
- ✓ ASTM C 143 (Establecimiento del Revenimiento)
- ✓ ASTM C1064 (determinación de la temperatura)
- ✓ ASTM C39 (Establecimiento de la resistencia a compresión)
- ✓ ASTM C 78 (Establecimiento de la Resistencia a la Flexión)
- ✓ ASTM C1550 (Determinación de la absorción de energía)

3.5. Procedimientos

El recojo de información del estudio es sencillo, en una primera etapa se utilizan muestras que enseguida se transportan al laboratorio, y en una segunda etapa se desarrollan y prueban, documentadas en sus respectivos formatos de acuerdo con los las operaciones técnicas y reglamentarios establecidos, el calendario fijado para la fecha en que se obtendrán las sondas y las prismáticas cilíndricas y las fechas en que se realizarán los ensayos.

Se realizarán ensayos de resistencia de materiales para establecer la constancia de muestras de concreto con y sin fibras gruesas, según las cuales se considera una mezcla de concreto estándar, y muestras estructurales de concreto que contienen 2, 2,5 y 3 kg de fibras por unidad de área de metros cúbicos de fibra bruta.

Fases

Primera Fase: Se utilizará materiales seleccionados de 02 Canteras, las canteras a utilizar son **Cantera Yerbabuena**, ubicada en la carretera que va a Canta y **Cantera**

Agrecom, ubicada a orillas del río Rímac, junto a la Base Naval en el Callao. El agregado para el concreto, será de origen natural o artificial, ya que consiguen ser presentadas o fabricadas y cuyas cantidades vienen percibidas entre los términos establecidos por las reglas ASTM C33 y NTP 400.037, además Se realizaron ensayos según se indica en el cuadro;

Tabla 7

Ensayos primera fase

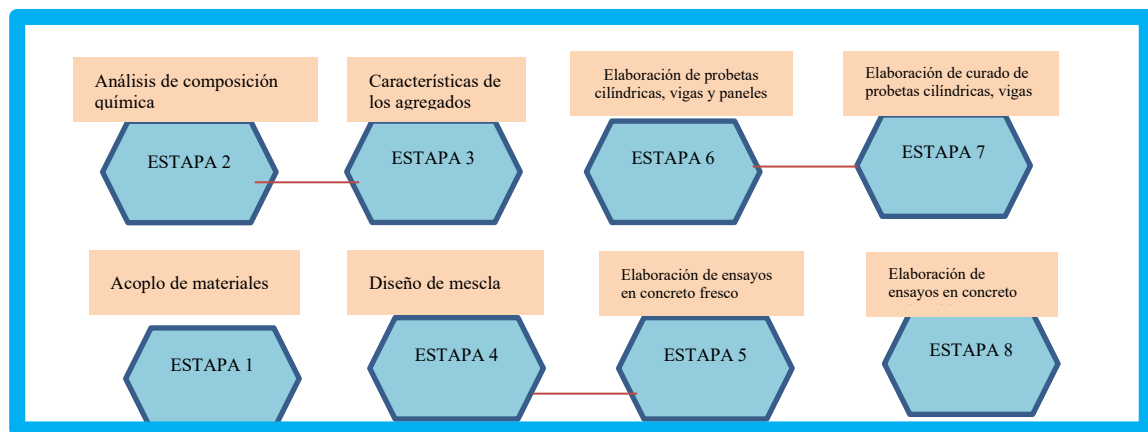
ENSAYO	NORMA	RESULTADOS			
		Ag. Fino	Ag. Grueso	Ag. Fino	Ag. Grueso
Granulometria	ASTM C136, C33	Buena	Buena	Regular	Regular
Gravedad Especificas Seca	ASTM C128, C128	2.36	2.23	2.58	2.44
Gravedad Especificas saturada con superficie seca	ASTM C128, C128	2.45	2.32	2.63	2.48
Gravedad especifica aparente	ASTM C128, C128	2.59	2.46	2.72	2.55
Porcentaje de Absorción (%)	ASTM C128, C128	3.81	4.07	2.04	1.71
Peso unitario suelto (kg/m ³)	ASTM C29	1456	1288	1620	1426
Peso unitario compacto (kg/m ³)	ASTM C29	1678	1327	1734	1566
Material fino que pasa el tamiz 200	ASTM, C33	10.73	-	2.09	-
Contenido orgánico	ASTM, C40	ok	-	Ok	-
Equivalente de arena (%)		80.63	-	97.3	-
Humedad natural (%)		6.69	0.5	5.09	0.57
Durabilidad al sulfato de sodio (%)	ASTM 088	1087	8.59	11.95	7.27
Abrasión del agregado Grueso (%)	ASTM C131	25.38	-	28.38	-

Segunda Fase: Se realizará dentro de los procedimientos la elaboración del concreto y el muestreo de los especímenes ya sean probetas, vigas y paneles, para que sean ensayadas a las fechas mencionadas y se observará el comportamiento del concreto para ver sus reacciones en su comparación con la mezcla sin Macrofibra y con refuerzo de acero con la cual se compararan los ensayos.

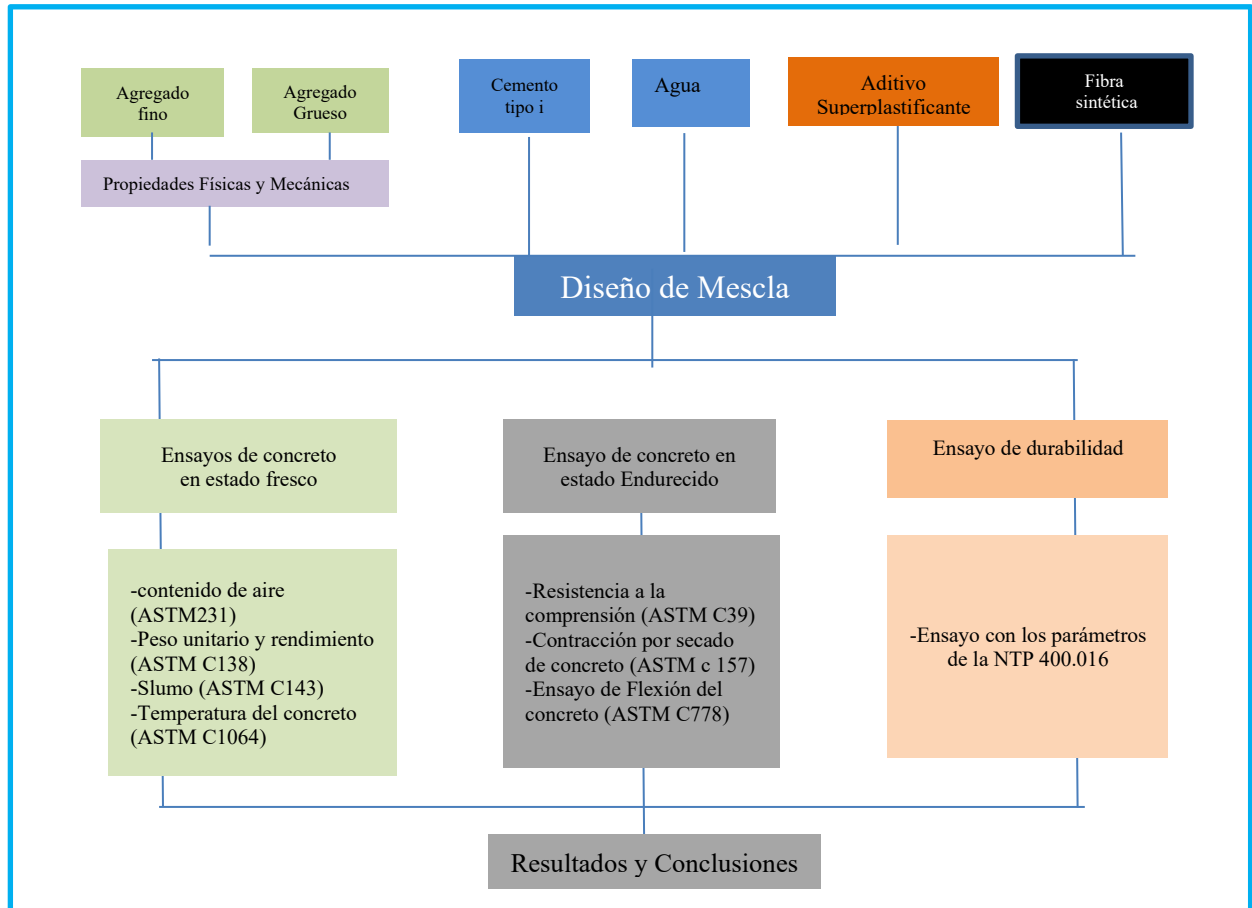
Se detalla el diagrama del procedimiento a realizar.

Figura 1

Procedimiento de segunda fase



Tercera Fase: elaboración de las muestras para los ensayos respectivos.

Figura 2*Procedimiento de la tercera fase*

Para la producción de muestras en los ensayos se realizarán un diseño con la variación de 3 cantidades diferentes de Macrofibra que variarán según lo indicado en capítulos anteriores, se considerarán las recomendaciones que se pueden apreciar en las normativas existentes teniendo cuidado con cumplir lo indicado.

3.6. Análisis de datos

En la realización del procesamiento y valoración de la información se usaron los instrumentales de laboratorio, apps de ingeniería, aplicaciones estadísticas como Design-Expert® v. 8.0.6 (StatEase), hoja de Excel, asimismo se toma en cuenta que las informaciones que se obtuvieron de las dos variables son cuantitativas y cualitativas.

Las variables de resultado se valoraron de forma estadística a través la aplicación del estudio de varianza (ANOVA) para un grado de significancia de $\alpha=0.05$ (5%), y un momento de confianza $(1-\alpha)=0.95$ (95%) a través del software del Design-Expert®.

Para el análisis se tomaron las pruebas de presión de las muestras de concreto sin adición de Macrofibra con 250 probetas, de los cuales se van a hacer la estimación por intervalos y prueba de hipótesis.

3.6. Consideraciones éticas

Se analizó el efecto de la adición de fibras de polipropileno sobre la plasticidad y propiedades mecánicas del hormigón. Las pruebas pertinentes se realizan únicamente en los laboratorios de pruebas de Unión de Concreteras (específicamente en la planta de Collique) y la recolección de datos se realiza utilizando formatos estándar de laboratorio que cumplen con los requisitos de las normas técnicas peruanas y las internacionales ASTM y se realiza bajo supervisión. Con su aprobación, el ingeniero de planta revisó la calidad de los datos recopilados y aprobó la prueba realizada. El procesamiento de datos se realizará bajo la supervisión de ingenieros consultores que evalúan y aceptan la consistencia de los datos procesados obtenidos. A partir de los resultados obtenidos se dan discusiones, conclusiones y recomendaciones sobre el tema investigado. Los comentarios y observaciones del consultor se tienen en cuenta en diversas etapas del proceso de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados descriptivos

En este capítulo se presentan las respuestas obtenidas de los ensayos realizados para evaluar el comportamiento estructural del concreto reforzado con macrofibras PS60 como sustituto del refuerzo convencional en pavimentos rígidos. Se analizaron los datos recolectados por medio de pruebas específicas, tales como resistencia a la compresión, flexión, absorción de energía y costo, considerando diferentes proporciones de macrofibras. Este análisis indaga establecer si es viable técnicamente y económicamente del uso de macrofibras en cotejo con el acero fortificado convencional.

4.2. Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado

El análisis de las características mecánicas del concreto fortificado con macrofibras PS60 se realizó mediante pruebas normalizadas para evaluar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la capacidad de absorción de energía.

A continuación, se detalla la conducta del concreto fortificado bajo diferentes proporciones de macrofibras (2 kg/m³, 2.5 kg/m³ y 3 kg/m³), comparándolo con la mezcla patrón sin fibras.

4.2.1. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del concreto es uno de los parámetros más trascendentales, ya que determina su capacidad para resistir cargas verticales. Se realizaron pruebas siguiendo el estándar **ASTM C39** en especímenes cúbicos de 150 mm x 150 mm x 150 mm a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 8*Resultados derivados:*

Días de curado	Patrón (MPa)	2 kg/m ³ (MPa)	2.5 kg/m ³ (MPa)	3 kg/m ³ (MPa)
7	20.5	21.1 (+2.9%)	21.8 (+6.3%)	20.0 (-2.4%)
14	28.0	29.1 (+3.9%)	29.9 (+6.8%)	27.5 (-1.8%)
28	35.2	36.9 (+5.0%)	37.9 (+7.5%)	34.5 (-2.0%)

Análisis:

- La mezcla con **2.5 kg/m³** de macrofibras presentó más aumento en resistencia a la compresión, logrando un aumento sostenido a lo largo de los días de curado.
- En mezclas con **3 kg/m³**, la resistencia a compresión disminuyó ligeramente, probablemente debido a una mayor dificultad en la compactación del concreto causada por el exceso de macrofibras.

4.2.2. Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión del concreto reforzado se midió a través del método de carga en los tercios, conforme al estándar **ASTM C78**, utilizando especímenes prismáticos de 150 mm x 150 mm x 500 mm.

Tabla 9*Resultados obtenidos:*

Proporción de macrofibras	Resistencia (MPa)	Incremento respecto al patrón (%)
Sin fibras (Patrón)	4.5	-
2 kg/m ³	4.8	+7%
2.5 kg/m ³	5.2	+15%
3 kg/m ³	5.0	+10%

Análisis:

- La resistencia a la flexión experimentó un incremento significativo con la añadidura de macrofibras.
- La proporción de **2.5 kg/m³** mostró el mejor desempeño, lo que sugiere una óptima integración de las macrofibras en la matriz del concreto, permitiendo una distribución eficiente de las tensiones.
- Cantidades superiores a 2.5 kg/m³ generaron un leve descenso en el rendimiento, probablemente por la formación de aglomerados de fibras que actúan como puntos débiles.

4.2.3. Absorción de Energía

La capacidad del concreto para absorber energía bajo cargas dinámicas se evaluó mediante el método **ASTM C1550**, utilizando discos de concreto sometidos a cargas en los bordes hasta la ruptura.

Tabla 10*Resultados obtenidos*

Proporción de macrofibras	Energía absorbida (kJ)	Incremento respecto al patrón (%)
Sin fibras (Patrón)	7.0	-
2 kg/m³	8.1	+15%
2.5 kg/m³	8.8	+25%
3 kg/m³	8.4	+20%

Análisis:

- La mezcla con **2.5 kg/m³ de macrofibras** alcanzó la mayor capacidad de impregnación de energía, superando significativamente a las otras proporciones.
- Las macrofibras mejoraron la resistencia de grietas bajo cargas de impacto y aumentaron la constancia del concreto, haciéndolo más adecuado para aplicaciones en pavimentos rígidos sometidos a tráfico pesado.

4.2.4. Evaluación de la Microestructura

Se realizó un análisis microestructural mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) para estar a la mira de la interacción entre las macrofibras y la matriz del concreto.

Observaciones:

- Las macrofibras en proporciones de **2.5 kg/m³** mostraron una excelente adhesión a la pasta de cemento, contribuyendo a una transferencia eficiente de tensiones.
- En proporciones de **3 kg/m³**, se observaron acumulaciones locales de fibras, lo que generó vacíos en ciertas áreas y afectó negativamente las propiedades mecánicas del concreto.

Fotografías SEM:

- Imagen 1: Distribución uniforme de macrofibras en la mezcla con 2.5 kg/m³.
- Imagen 2: Formación de conglomerados en la mezcla con 3 kg/m³.

Conclusiones del Análisis Mecánico

1. La proporción de **2.5 kg/m³** de macrofibras se identificó como óptima, maximizando la resistencia a la compresión, flexión y la capacidad de permeabilidad de energía.
2. Cantidades mayores a 2.5 kg/m³ generan efectos contraproducentes, como una reducción en la resistencia a compresión debido a la formación de vacíos y conglomerados de fibras.
3. La interacción microestructural entre las fibras y la matriz de cemento es crucial para el ejercicio del concreto fortalecido, resaltando la importancia de una adecuada dosificación y mezclado.

Este análisis refuerza la viabilidad del uso de macrofibras PS60 en pavimentos rígidos como una solución sostenible y eficiente.

Análisis de Costos

El análisis de costos es una parte fundamental para evaluar la viabilidad económica del uso de macrofibras PS60 en el concreto reforzado. En esta sección, se presenta una evaluación exhaustiva de los costos vinculados a los materiales, mano de obra, transporte y ejecución de

la mezcla, considerando las diferentes proporciones de macrofibras utilizadas.

4.3.1. Costos Directos

Los costes directos circunscriben materiales principales como cemento, agregados, agua, aditivos y macrofibras.

Tabla 11

Coste unitario por metro cúbico de concreto para cada mezcla:

Concepto		Concreto Convencional (S/.)	2 kg/m ³ (S/.)	2.5 kg/m ³ (S/.)	3 kg/m ³ (S/.)
Cemento	Portland	270.00	270.00	270.00	270.00
	(kg)				
Agregados	(arena y grava)	150.00	150.00	150.00	150.00
Agua		5.00	5.00	5.00	5.00
Aditivos		20.00	20.00	20.00	20.00
Macrofibras PS60		0.00	28.00	35.00	42.00
Total		445.00	473.00	480.00	487.00

Interpretación:

- El costo del concreto aumenta con la adición de macrofibras. La mezcla con **2 kg/m³** presenta un incremento de aproximadamente **6.3%** en cotejo con el concreto convencional, mientras que la mezcla con **3 kg/m³** alcanza un aumento del **9.4%**.
- Este incremento en costos debe evaluarse en relación con las mejoras en propiedades mecánicas y beneficios a largo plazo, como la reducción de mantenimiento y mayor vida útil.

4.3.2. Costos Indirectos

Los costos indirectos incluyen el transporte de materiales, almacenamiento y mano de obra adicional requerida para la mezcla.

Tabla 12*Los costos indirectos*

Concepto	Concreto Convencional (S/.)	Concreto Reforzado (S/.)
Transporte	50.00	50.00
Almacenamiento de fibras	0.00	10.00
Mano de obra adicional	0.00	15.00
Total, indirectos	50.00	75.00

Impacto en el costo total:

Los costos indirectos representan un incremento adicional del **5% al 8%** sobre el costo directo dependiendo de la proporción de macrofibras utilizada.

4.3.3. Evaluación Costo-Beneficio

La valoración costo-beneficio considera el costo inicial versus los beneficios derivados de las mejoras en resistencia, durabilidad y reducción de costos de mantenimiento.

Tabla 13*Valoración costo-beneficio*

Parámetro Evaluado	Convencional	2 kg/m³	2.5 kg/m³	3 kg/m³
Vida útil estimada (años)	20	25	28	27
Mantenimiento anual (S/.)	10,000	8,000	6,500	7,000
Costo acumulado a 30 años (S/.)	745,000	694,000	677,000	685,000

Conclusión del análisis de costos:

- Aunque el costo inicial del concreto reforzado con macrofibras es mayor, los ahorros en mantenimiento y la mayor vida útil lo convierten en una alternativa más rentable a largo plazo, especialmente en aplicaciones de alta exigencia como pavimentos rígidos y elementos estructurales críticos.

- La proporción de **2.5 kg/m³** se identifica como la opción más costo-efectiva, con el mejor balance entre incremento de costos y beneficios obtenidos.

4.4. Comparativa General entre Concreto Convencional y Concreto Reforzado con Macrofibras

Para comprender de manera integral las diferencias entre el concreto convencional y el concreto reforzado con macrofibras, se presenta una tabla comparativa basada en los resultados obtenidos:

Tabla 14

Diferencias del concreto convencional y el concreto reforzado con macrofibras

Aspecto Evaluado	Convencional	Reforzado (2 kg/m ³)	Reforzado (2.5 kg/m ³)	Reforzado (3 kg/m ³)
Resistencia a compresión (MPa)	35.2	36.9	37.9	34.5
Resistencia a flexión (MPa)	4.5	4.8	5.2	5.0
Absorción de energía (kJ)	7.0	8.1	8.8	8.4
Incremento en costo inicial (%)	0%	+6.3%	+7.9%	+9.4%
Vida útil estimada (años)	20	25	28	27
Mantenimiento anual (S/.)	10,000	8,000	6,500	7,000

Ventajas del Concreto Reforzado con Macrofibras

1. Mayor resistencia mecánica:

Incrementos en resistencia a compresión y flexión, especialmente con proporciones de 2.5 kg/m³, lo que permite soportar mayores cargas en aplicaciones estructurales y pavimentos.

2. Mejor desempeño en absorción de energía:

Las macrofibras aumentan significativamente la tenacidad del concreto, haciéndolo

ideal para aplicaciones sometidas a cargas dinámicas o impactos.

3. Mayor durabilidad:

Reducción del agrietamiento por retracción y mejor distribución de tensiones, lo que prolonga la vida útil de las estructuras.

4. Reducción de costos de mantenimiento:

Menor frecuencia y costo de reparaciones debido a una mejor conducta a largo plazo.

Limitaciones del Concreto Reforzado con Macrofibras

1. Incremento en el costo inicial:

Aunque los beneficios a largo plazo justifican el costo, la inversión inicial puede ser una barrera para proyectos con presupuestos ajustados.

2. Dificultades en la mezcla y colocación:

Cantidades elevadas de macrofibras pueden generar aglomeraciones, afectando la homogeneidad de la mezcla y complicando el proceso constructivo.

3. Optimización necesaria:

Es fundamental determinar la proporción óptima de fibras para cada aplicación específica, ya que cantidades excesivas pueden reducir ciertas propiedades mecánicas.

Conclusión de la comparativa:

El concreto reforzado con macrofibras, especialmente en proporciones de **2.5 kg/m³**, se posiciona como una alternativa superior al concreto convencional en términos de resistencia, durabilidad y costos a largo plazo. Sin embargo, su implementación requiere una evaluación técnica y económica detallada para maximizar sus beneficios y garantizar su viabilidad en proyectos específicos.

4.5. Conclusión de los Resultados

Los resultados confirman que el uso de macrofibras PS60 como sustituto del refuerzo convencional mejora significativamente el comportamiento estructural de los pavimentos rígidos, especialmente en procesos de resistencia a la flexión y absorción de energía. Además, aunque el costo inicial es mayor, el análisis costo-beneficio demuestra su viabilidad económica a largo plazo, posicionando las macrofibras como una alternativa eficiente y sostenible para proyectos de infraestructura.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se estudian las respuestas recogidas en las pruebas realizadas al concreto reforzado con macrofibras PS60, contrastándolos con los antecedentes y la literatura revisada. Este análisis permitirá identificar las implicancias prácticas de los hallazgos y su contribución al desarrollo de tecnologías avanzadas en el campo de la ingeniería civil, especialmente en el diseño de mezclas de concreto con propiedades mejoradas.

Resistencia a la compresión

Los resultados mostraron que la inclusión de macrofibras PS60 influyó significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en las dosificaciones de 2 kg/m³ y 2.5 kg/m³, presentando incrementos del 2.9% y 6.8% a los 28 días, respectivamente, en balance con la mezcla estándar. Sin embargo, la dosificación de 3 kg/m³ mostró una ligera disminución del 1.8%.

Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Prince (2018), quien observó que el uso excesivo de fibras puede disminuir la trabajabilidad y afectar la resistencia a la compresión. En este sentido, la dosificación de 2.5 kg/m³ parece ser óptima, logrando un balance entre trabajabilidad y resistencia, similar a lo señalado por Bazán (2018), quien destacó que una proporción adecuada de fibras maximiza las propiedades mecánicas del concreto.

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del concreto reforzado con macrofibras PS60 presentó incrementos significativos, especialmente con la dosificación de 2.5 kg/m³, alcanzando un aumento del 15% en cotejo con el concreto estándar. Este resultado refuerza lo señalado por Ramírez y Samaniego (2016), quienes encontraron mejoras significativas en la resistencia a la flexión al incorporar macrofibras, aunque destacaron que la eficiencia depende del tipo y dosificación de la fibra.

No obstante, las respuestas recogidas además coinciden con los de Abhishek (2017), quien indicó que las macrofibras contribuyen a optimizar la resistencia residual tras la fisuración, incrementando la duración y la capacidad de absorber la energía del concreto.

Absorción de energía

En cuanto a la capacidad de absorber la energía, las respuestas mostraron que las dosificaciones de 2.5 kg/m³ y 3 kg/m³ lograron incrementos significativos, evidenciando la capacidad de las macrofibras PS60 para mejorar la tenacidad del concreto. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Meza, et al., (2017), quienes destacaron que la inclusión de fibras rizadas progresa la resistencia residual y la tenacidad del concreto.

Es importante destacar que la dosificación de 3 kg/m³, aunque mejora la capacidad de absorción de energía, puede comprometer la trabajabilidad, lo cual debe ser considerado en aplicaciones prácticas. Este aspecto fue abordado por Chapoñan y Quispe (2017), quienes enfatizaron la necesidad de controles estrictos al emplear fibras en mezclas de concreto.

Comparación con investigaciones previas

Los resultados derivados en este estudio reafirman la importancia de optimizar las dosificaciones de macrofibras para maximizar las propiedades mecánicas del concreto. Por ejemplo:

Mariano (2019) demostró que el uso de materiales alternativos, como cenizas, puede mejorar propiedades específicas del concreto; de manera similar, este estudio confirma que las macrofibras PS60 son una alternativa viable para incrementar la resistencia y durabilidad.

Bazán (2018) encontró que la añadidura de fibras de polipropileno aumenta la resistencia en un 20% bajo condiciones óptimas. Aunque las macrofibras PS60 no alcanzaron incrementos tan altos, los resultados son comparables en técnicas de resistencia a la flexión.

Prince (2018) observó pérdidas de trabajabilidad con mayores dosificaciones de fibras, lo cual también fue evidenciado en este estudio con la dosificación de 3 kg/m³.

Implicaciones prácticas y teóricas

Los resultados de esta investigación tienen importantes implicancias para la industria de la construcción. En términos prácticos, la dosificación de 2.5 kg/m³ de macrofibras PS60 puede ser recomendada para usos en que se requiera optimizar la resistencia a la flexión y la capacidad de absorber la energía del concreto, sin comprometer significativamente su trabajabilidad.

Desde una perspectiva teórica, este estudio contribuye al entendimiento de los mecanismos mediante los cuales las macrofibras mejoran las propiedades mecánicas del concreto, abriendo nuevas líneas de investigación para explorar su comportamiento en diferentes condiciones ambientales y de carga.

Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones se encuentran:

- i. **Número de probetas:** Aunque el número de probetas fue suficiente para el análisis estadístico, un mayor número podría aumentar la precisión de los resultados.
- ii. **Condiciones ambientales controladas:** Los ensayos se efectuaron en un contexto registrado; sin embargo, sería útil evaluar el comportamiento del concreto reforzado en condiciones reales.
- iii. **Enfoque en una fibra específica:** Este estudio se centró exclusivamente en las macrofibras PS60; futuras investigaciones podrían comparar diferentes tipos de fibras para determinar su eficacia relativa.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. La incorporación de macrofibras en el concreto como sustituto del refuerzo convencional ha demostrado tener un impacto positivo en la conducta estructural de los pavimentos rígidos en el Fundo Oquendo Callao. Los resultados obtenidos muestran que las macrofibras mejoran aspectos clave como la resistencia a la flexión y la durabilidad del pavimento. Sin embargo, es fundamental considerar que el comportamiento estructural depende de una dosificación adecuada de las fibras, ya que un exceso puede afectar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del concreto. En general, el uso de macrofibras contribuye a la mejora de la integridad estructural de los pavimentos, ofreciendo una alternativa viable para reemplazar el refuerzo convencional en ciertas aplicaciones.
- 6.2. Los ensayos de rigidez efectuados a los pavimentos rígidos con el agregue de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional revelaron una mejora en la capacidad de resistencia a las cargas aplicadas, con incrementos notables en la rigidez, especialmente en las mezclas con dosificaciones adecuadas de macrofibra. Este comportamiento es consistente con estudios previos que indican que las fibras mejoran la distribución de esfuerzos en el concreto, lo que contribuye a una mayor estabilidad estructural. Sin embargo, el aumento de rigidez se ve influenciado por la dosificación de las fibras, lo que sugiere la necesidad de optimizar las proporciones para maximizar los beneficios sin afectar la trabajabilidad del concreto.
- 6.3. La incorporación de macrofibras en el concreto de los pavimentos rígidos ha resultado en un aumento significativo en la resistencia a la flexión y compresión en cotejo con las mezclas sin fibras o con refuerzo convencional. Los resultados mostraron un incremento notable en la capacidad del pavimento para resistir esfuerzos de carga sin sufrir fisuración, lo que se traduce en una mayor durabilidad y eficiencia estructural. Las propiedades

mecánicas mejoradas, especialmente en las mezclas con macrofibras, validan la viabilidad de esta técnica como sustituto del refuerzo convencional en pavimentos rígidos, abriendo un camino para su implementación en proyectos de infraestructura en áreas urbanas.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Recomendar la continuación de la investigación sobre el uso de macrofibras en la industria de pavimentos rígidos, especialmente en aplicaciones que demandan alta durabilidad y resistencia. Para optimizar los resultados, es fundamental realizar más pruebas con distintas dosificaciones de macrofibra, ajustando las proporciones según las condiciones del sitio y las cargas esperadas en el pavimento. Esto garantizará una implementación más eficiente y rentable, maximizando los beneficios del uso de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional.
- 7.2. Es recomendable implementar la utilización de macrofibras en proyectos de pavimentos rigurosos donde se requiera una alta resistencia y durabilidad, como en áreas de alto tráfico o condiciones climáticas severas. Se sugiere también realizar estudios de larga duración para observar el comportamiento del pavimento en el tiempo y verificar la sostenibilidad de las propiedades mecánicas obtenidas, garantizando que la incorporación de macrofibras continúe brindando beneficios en términos de resistencia.
- 7.3. Se recomienda evaluar la utilización de macrofibras como una opción viable en proyectos donde el costo a largo plazo sea un factor determinante, dado que la reducción de mantenimiento y la mayor durabilidad pueden justificar el incremento inicial en el costo del concreto. Es esencial realizar un análisis de costo-beneficio detallado, teniendo en cuenta la reducción de los costos de refuerzo convencional, los beneficios de mayor resistencia y las posibles reducciones en los gastos de sostenimiento a través del tiempo de vida útil del pavimento.

VIII. REFERENCIAS

- Ankit. (2016). *Estudio sobre el uso de fibras de polipropileno en pavimentos de cemento y hormigón* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Gujarat].
- Apaza D. (2018) *Durabilidad Del Concreto Elaborado En Base a la Ceniza del Bagazo de Caña De Azúcar (Cbca) con cemento Portland, ante Agentes Agresivos*
- Armas, C. (2016). *Efectos de la Adición de Fibra de Polipropileno en las Propiedades Plásticas y Mecánicas del Concreto Hidráulico*. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/2712>
- Alvarado Ortega, L. M. (2010). *Efecto de la fibra de acero sobre la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agua del rio Huallaga en el centro poblado de Yanag, Pillco Marca, Huánuco–2022*. [Tesis de titulación, Universidad de Huánuco].
<file:///C:/Users/USER/Downloads/Alvarado%20Ortega,%20Luis%20Miguel.pdf>
- Alvarado, NJ. 2010. *Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20cm*. [Tesis ingeniería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Alvino Mendoza, C. I. y Carrion Rodriguez, E. (2012) *influencia de la sustitución del cemento por fibras de acero reciclado en propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2022*. [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_8d968daa5686612ffe787ff37cb64e1f
- Arboleda Gómez, A. M., y Ariza Barbosa, A. (2018). *Modelo para elaboración de propuestas económicas para proyectos de gestión documental*.
- Abhishek1, B. S. Keerthi Gowda, D. C. Naveen, K. Naresh4, R. Sundarakannan, V. Arumugaprabu, Amogha Varsha (2017) *Prediction of Compressive Strength of Corncob Ash Concrete for Environmental Sustainability Using an Artificial Neural Network: A*

- Soft Computing Techniques*. Journal of Soft Computing in civil Engineering 7-2, 115-137. https://www.jssoftcivil.com/article_168920.html
- ASTM C1602. (2012). *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete*. West Conshohocken
- ASTM C94. (2012). *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete*. West Conshohocken
- Barrantes Castillo, G., Barrantes Sotela, O., y Núñez Roman, O. (2014). Efectividad de la metodología Mora-Vahrson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/CR_619ac5ee7c83bd3fe6c1aa782cccea_2
- Bazán, H. J. V. (2018) *Resistencia a la compresión del concreto al incorporar fibra de yute y aditivo Chema Plast para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Cajamarca-2022*. [Tesis de maestría, Universidad Privada Del Norte]. <file:///C:/Users/USER/Downloads/Pachamango%20Moreno%20Jhaneth%20Anali.pdf>
- Bernal, A., Abarca, A., Barrachina, T., Miró, R. y Verdú, G. (2013). *Metodología para la resolución de la ecuación de transporte ordenado código TORT discreto en el reactor IPEN/MB-01*; Metodología para resolver la ecuación del transporte con el código de Ordenadas Discretas TORT en el reactor IPEN/MB-01. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22210699>
- Carraro, P. M., Raviolo, S., Amiune, N., Sapag, M. K., Eimer, G. A., y Oliva, M. I. (2019). Síntesis y caracterización de materiales mesoporosos ordenados MMO de carbón CMK-3 modificado con níquel para ánodos de batería de litio. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/139518>
- Chapoñan Cueva J., y Quispe Cirilo, J., (2017) *Análisis del desempeño hidráulico del concreto para el diseño de pavimentos rígidos con adición de fibras de polipropileno AAHH*

- Villamaría – Nuevo Chimbote*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Santa].
<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2724/42998.pdf?sequence=1>
- Carlos, C., y Raphael, W. (2018) *Efecto de la fibra de polipropileno para concretos de resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y 280kg/cm², elaborados con agregados de la cantera de Cochamarca-Pasco*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/332>
- Carrillo, J., Barrera-Peñaloza, A. P., y Acosta, D. A. (2014). Evaluación del desempeño a tensión por compresión diametral del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306. *Ingeniería y competitividad*, 16(1), 261-272.
https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/3730
- Condori, M. (2022). *Evaluación funcional y comportamiento estructural de los pavimentos rígidos con losas cortas y losas convencionales de la ciudad de El Alto con metodología PCI y PASER* [Tesis, Universidad San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31198>
- De la Torre López María José (1994) *Estudio de los materiales de construcción en la Alhambra*. [Doctoral dissertation, Universidad de Granada].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=121280>
- Estrada, CG; Páez, R. (2014) *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. [Tesis Ing. Civil, Universidad Veracruzana].
- Falle, S. A. E. G., y Komissarov, S. S. (1996). An upwind numerical scheme for relativistic hydrodynamics with a general equation of state. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 278(2), 586-602.
<https://academic.oup.com/mnras/article/278/2/586/951980>

- Fajardo Romero, C. (2018). *Determinación de la capacidad de carga residual al agrietamiento en concreto reforzado con fibras macro sintéticas o fibras metálicas, para losas industriales*. [Trabajo de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/43281.pdf>
- Flores, L. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021* [Tesis de titulación, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12536>
- Fernández Correa, J. S., y Tello Gonzales, O. (2008). *Resistencia a la Compresión del Concreto Utilizado en Losas Aligeradas de las Construcciones Informales en la Ciudad de Jaén*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Jaén]. <https://repositorio.unj.edu.pe/items/cb8b1d08-63ca-4b3b-8f11-c00dfbb20a99>
- Garzón Vergara, D. O. (2009). *Eficiencia en la transferencia de cargas en juntas transversales de pavimento rígido reforzado con fibras metálicas*. [Tesis doctoral, Universidad de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/items/850f8edc-0434-47f7-bb33-4afc0fd773c5>
- Guevara Huarcaya, J. (2008) *Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand*. [Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a540fef9-2539-4777-abfe-fe6f5b65bfde/content>
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad nacional de Colombia. (2da Ed.) Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. <https://repositorio.unal.edu.co/items/95fb1661-7765-42e1-a332-72d1e47737f4>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010) *Metodología de la investigación*. (6ta Ed.)

Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., y Bringas, M. S. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. (1ra Ed.) Portland Cement Association.

Lezama Leiva, J. (1996). *Tecnología del concreto*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Manzano Valbuena, J. L. (2014). *Evaluación del efecto en la contracción del concreto con fibras estructurales de polipropileno*. [Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Javeriana]. [<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15064>

Mariano Corne, K. (2019). *Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal $f' c = 210 \text{kg/cm}^2$* . [Tesis de maestría, Universidad Nacional Emilio Valdizan] [<https://hdl.handle.net/20.500.13080/4338>

Meza-de Luna, A., Moreno-Virgen, R., Herrera-Montoya, L. I., Alvarado-Laguna, A., Gallegos-Sánchez, D., y de Jesús Esquivel-López, J. (2018). Dispositivo para Producir Fibras rizadas para reforzar el Concreto. *Conciencia Tecnológica*, (56). [<https://www.redalyc.org/journal/944/94457671006/94457671006.pdf>

Moghimi (2016) Behavior of Steel-Polypropylene Hybrid Fiber Reinforced Concrete. [Tesis de Maestria, Institute of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the Degree of]. [<https://i-rep.emu.edu.tr/server/api/core/bitstreams/c6eb9075-83cc-47b0-9996-b8b6b0c0cfb4/content>

Montalvo Guevara M. (2015) *Pavimientos rígidos reforzados con fibra de acero versus pavimientos tradicionales*. [Tesis de titulación, Universidad Pontificia Universidad

católica del Perú]. <https://es.scribd.com/document/426268375/MONTALVO-MARCO-PAVIMENTOS-FIBRAS-docx>

- Morales, C. A. Z. (2018). *Análisis técnico económico de la incorporación de macrofibras de polipropileno en reemplazo de malla electrosoldada en hormigones para pavimentos industriales*. [Tesis doctoral, Universidad Andrés Bello]. https://files01.core.ac.uk/download/pdf/288900428.pdf?__cf_chl_tk=UXcbHuounVYF1CLUg9PECxmaJNFuaj9ItUDLROGH0rQ-1770314563-1.0.1.1-WA8JkGxJbyrCNWLbVGdfe2zB0Wem6Xsil7ZTXdQtkSE
- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). *Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*. 2da Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.079.2012 CONCRETO. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo*. 3ra Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.084.2012 CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. 3ra Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 HORMIGÓN (CONCRETO). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. 2da Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. 2da Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado*. 2da Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. *Extracción y preparación de muestras*. 3ra Ed. R.
- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. 2da Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. 3ra Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso unitario) y los vacíos en los agregados*. 3ra Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI. 126
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (N° 200)*. 3a. Ed. R. 2013-CRTINDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. 2a. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. 3a. Ed. R. 2013-CRTINDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. 3a. Ed. R. 2013-CRTINDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. *Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)*. 2a. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- Olivera Carrero, B. S. (2022). Influencia de la incorporación de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes.
- Ortega, A. S., León, J. A., Rodríguez, M. R., Gutiérrez, E. R., y López, M. M. (2013) *diseño para el desarrollo sustentable y la habitabilidad segura e incluyente*. (1ra Ed.) Universidad Autónoma del estado de México.

- Prince Cruz, J. (2020). *Uso de fibras de acero en concreto $f'c$ 210 kg/cm² para losas aligeradas en edificaciones*, Lima, 2020. [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/61295>
- Quintero S. y González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, 4(20), 134-150.
- Quispe Taipe, danie R., Rojas Vidaurre, V. A, (2022) *Adición de ceniza de cáscara de arroz al concreto e influencia en el comportamiento estructural de una edificación aporricada*, Lambayeque 2024.[Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_2ffdf70ed35fecb52c8c9854b8ac7f65
- Ramírez Tapia, F. X., y Samaniego Pactong, J. A. (2016). *Estudio comparativo de los efectos sobre la resistencia a la flexión del Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) usando macro fibras de acero DRAMIX RC-6535-BN y de polipropileno/polietileno TUF-STRAND SF*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15636>
- Rivera, A. (2022). *Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas en plaqueta prefabricada de concreto con refuerzo en macrofibras de polipropileno* [Tesis de. Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33835/2021anarivera.pdf>
- Rivera-Ardila, A. (2020). *Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas en plaqueta prefabricada de concreto con refuerzo en macrofibras de polipropileno*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33835>.
- Rodezno, MC, Kaloush, KE y Corrigan, MR (2010). Desarrollo de un modelo predictivo del número de flujo. *Transportation Research Record*, 2181 (1), 79-87.

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2181-09>

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. (1ra Ed.) Aci Perú.

https://www.academia.edu/43750881/Naturaleza_y_materiales_del_concreto_Enrique_Rivva_L%C3%B3pez

Salazar-López, N. J., Enríquez-Valencia, S. A., Zuñiga Martínez, B. S., y González-Aguilar, G.

A. (2023). Residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y compuestos fenólicos. *Epistemus (Sonora)*, 17(34), 60-69. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-81962023000100060&script=sci_arttext

Sanchez Chavez, H. N. (2016). *Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando los aditivos Sika superplastificante Viscoflow 50 y Chema Plast con canteras de cerro y río-Cajamarca 2020*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/item/4c2b1f5a-af3c-40af-b213-df7c989da63c>

Sotil Levy A. y Zegarra Riveros J. (2015) *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*. [Tesis de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

<file:///C:/Users/USER/Downloads/Tesis%20original.pdf>

Solano, B. C. R. (2024). *Influencia de la adición de fibras pet y caucho reciclado en la resistencia a la compresión del concreto-2024*. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte].

file:///C:/Users/USER/Downloads/D-1-oscar.sono@u-B5E6C8E2F6_PDF_TOTAL.pdf

Solís, R. G., Moreno, E., y Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revistaalconpat*, 2(1), 21-28.

<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/23>

Taylor, HFW (1997) *Química del cemento*. (2da Ed.) Thomas Telford Publishing.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1184849>

Tsimas, S. y Zervaki, M. (2011). Reutilización de aguas residuales de plantas de hormigón premezclado. *Gestión de la Calidad Ambiental: Revista Internacional*, 22 (1), 7-17.

<https://www.emerald.com/meq/article-abstract/22/1/7/281512/Reuse-of-waste-water-from-ready-mixed-concrete?redirectedFrom=fulltext>

Vásquez Cordero, B. S., y Cornejo Martínez, M. H. (2018). *Comparación del desempeño entre morteros de geopolímeros, cemento Portland y cemento híbrido: Resistencia a la carbonatación ya la inmersión en soluciones acidadas*. [Tesis doctoral, Escuela Superior

Politécnica del Litoral].

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/65854>

IX. ANEXOS

Anexo A Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo influye la Incorporación de Macrofibra en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, Callao 2024?	OBJETIVO GENERAL Determinar cómo influye la Incorporación de Macrofibra en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, Callao 2024	HIPÓTESIS GENERAL La incorporación de Macrofibra como reemplazo del refuerzo convencional influye positivamente en el comportamiento estructural de los pavimentos rígidos, Fundo Oquendo Callao 2024.	V. INDEPENDIENTE Incorporación de Macrofibra de Polipropileno	Losas con incorporación de Macrofibras	Diseño de losa de concreto $F'c = 350$ kg/cm ² , con adición de Macrofibra en porcentajes de Adición desde 2, 2.5 y 3 kg/m ³	Diseño de Mezcla (ASTM C-94)	Ordinal	Por Enfoque: Tipo de Investigación Cuantitativa
				Losas con refuerzo convencional	Diseño de losa de concreto $F'c = 350$ kg/cm ² con refuerzo convencional			Diseño de Mezcla (ASTM C-94)

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS						Investigación
¿Qué resistencia se conseguirá en el pavimento rígido con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional, Fundo Oquendo Callao 2024	Determinar las variaciones en los ensayos de rigidez del pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.	La incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el pavimento rígido del Fundo Oquendo Callao 2024 resultará en variaciones significativas en los ensayos de rigidez en comparación con el pavimento convencional	V. DEPENDIENTE Comportamiento estructural de pavimentos rígidos	Absorción de Energía	(Kg/cm ²)	Ensayo de paneles (ASTM C1550) Ensayo de paneles (EN 14488-5)	Escala de Razón	Investigación Cuasiexperimental Población: Conjunto de Testigos cilíndricos, Vigas, paneles Muestra: Método no probabilístico Instrumentos: Fichas Técnicas de los ensayos realizados
¿Qué resistencia se conseguirá en el pavimento rígido con incorporación de macrofibras	Establecer la resistencia conseguida en el pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como	El pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao		Resistencia	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (ASTM C39) Ensayo de	Escala de Razón	Análisis de Datos: Estadísticos,

como reemplazo del refuerzo convencional, Fundo Oquendo Callao 2024	reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.	2024 mostrará una resistencia comparable o incluso superior a la del pavimento convencional en términos de resistencia a la compresión y a la tracción.				tracción del concreto (ASTM C496) Ensayo de vigas (ASTM C1609)		análisis de varianza (ANOVA)
¿Qué variaciones existe en el costo en el concreto para pavimento rígido con incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional, Fundo Oquendo Callao 2024?	Determinar las variaciones en el costo del concreto para pavimento rígido con la incorporación de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el Fundo Oquendo Callao 2024.	El uso de macrofibras como reemplazo del refuerzo convencional en el concreto para pavimento rígido en el Fundo Oquendo Callao 2024 implicará un aumento inicial en los costos de materiales debido al precio de las macrofibras.		Costo	Soles por m3	- Costo de materiales (global) -Costo Directo (global)	Escala de Razón	

Anexo D. Ficha técnica para concreto en estado fresco

Propiedades del Concreto en Estado Fresco y Verificación de Rendimiento						
Peticionario: J.P. Ing. J. SANCHEZ		Fecha: Cliente :		Guía:		
		Obra:		Camion:		
				Volumen: m ³		
				Técnico:		
Planta :			Diseño:			
Verificación de Rendimiento						
INSUMOS	Peso Parcial Cargado en planta	Peso total Cargado	Volumen Cargado	Peso Unitario Teorico	Peso Unitario Real	Rendimiento
Arena Seca Yerbabuena						
Piedra # 5 Combinada						
Piedra # 67 Combinada						
Cemento Sol T-I						
Filler HCR						
Agua						
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso Unitario				Slump		
Wolla =		Kg				
Vol olla=		m3				
Tara		Kg		% de Aire		
Tara + Concreto		Kg				
Neto Concreto		Kg				
PU =	Neto Concreto			Temperatura		
	Volumen					
PU=	0.0000					
	0					
PU=		Kg/m ³				
Hora de Medición						
Temperatura Ambiente						

Página 1

Anexo G. Ficha técnica para costos

Costo Unitario para Concreto Normal				
Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	Kg			
Ag. Fino	Kg			
Ag. Grueso	Kg			
Agua	Lt			
Aditivo	Lt			
Costo Unitario para 1 m3				

Costo Unitario para Concreto						
Materiales	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	Aditivo	Macrofibra
Unidad	Kg	Kg	Kg	Lt	Lt	Kg
M - 1						
M - 2						
M - 3						
M - 4						
Costo Unitario para 1 m3						