



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

**“Propuesta de mejoramiento de pavimento rígido usando fibras
de acero en la Avenida Circunvalación-Distrito veintiséis de
octubre - Piura, 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORA:

Molina Guerrero, Noemi Aracely (ORCID: 0000-0002-8186-661X)

ASESOR:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo (ORCID: 0000-0001-5207-4421)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

PIURA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi corazón a mis padres, a ti papá que confías en mi a pesar de todo y me das tu amor y apoyo incondicional, a ti mamá por los consejos y el apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme terminar con bien mis estudios universitarios, gracias a mis padres por brindarme su apoyo y orientación en todo momento, gracias a cada maestro que ha sido parte de mi formación profesional.

Finalmente agradezco a toda persona que ha sido parte de este proceso con el fin de lograr uno de mis objetivos con la obtención de mi título profesional.

Índice de contenidos

Carátula	i
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2 Variables y Operacionalización	24
3.3 Población, muestra y muestreo	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5 Procedimientos.....	28
3.6 Método de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos Éticos.....	29
IV. RESULTADOS.....	30
V. DISCUSIÓN	67
VI. CONCLUSIONES	71
VII. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	77

Índice de tablas

Tabla 1: Síntesis del proceso de diseño de mezclas.....	31
Tabla 2: Proporciones de fibras de acero en el concreto 40 kg/m ³	32
Tabla 3: Cantidades y proporciones de los materiales requeridos para la fabricación del concreto 40 kg/m ³	33
Tabla 4: Cantidades de fibras de acero y otros materiales para fibras de acero con el contenido 60 kg/m ³	33
Tabla 5: Contenidos de fibra de acero de los grupos estudiados.....	34
Tabla 6: Probetas elaboradas por cada ensayo.....	34
Tabla 7: Características de las probetas cilíndricas.....	35
Tabla 8: Características de las vigas prismáticas elaboradas.....	35
Tabla 9: Propiedades de los especímenes cilíndricos con el contenido (40kg/m ³).....	36
Tabla 10: Especímenes de los concretos reforzados con fibras de acero con un contenido de (40 kg/m ³).....	36
Tabla 11: Geometría de los especímenes desarrollados con el contenido de las fibras de acero especificadas (60 kg/m ³).....	37
Tabla 12: Vigas de concreto reforzadas con fibras de acero (60 kg/m ³).....	37
Tabla 13: Probetas cilíndricas de concreto reforzadas con fibras de acero (80 kg/m ³).....	37
Tabla 14: Vigas de concreto reforzado con fibras de acero (80 kg/m ³).....	38
Tabla 15: Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas con 2.5% de fibras a la edad de 7 días.....	38
Tabla 16: Resistencia a la compresión de cilindros con 2.5% de fibras a los 14 días.....	38

Tabla 17: Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas con 2.5% de fibras a los 28 días.....	39
Tabla 18: Compresión de probetas de concreto reforzado con 4% de fibras, a los 7 días.....	39
Tabla 19: Compresión de probetas cilíndricas reforzadas con 4% de fibras, a los 14 días.....	39
Tabla 20: Compresión de probetas cilíndricas reforzadas con 4% de fibras, a los 28 días.....	40
Tabla 21: Resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas con 5.2% de fibras a los 7 días.....	40
Tabla 22: Compresión de las probetas cilíndricas con 5.2% de fibras a los 14 días.....	40
Tabla 23: Compresión de las probetas cilíndricas con 5.2% de fibras a los 28 días.....	41
Tabla 24: Ensayo a flexión de vigas de concreto con 2.5% de fibras a los 7 días.....	42
Tabla 25: Ensayo a flexión de vigas de concreto con 2.5% de fibras a los 14 días de edad.....	42
Tabla 26: Ensayo a flexión de vigas de concreto con 2.5% de fibras a los 28 días de edad.....	42
Tabla 27: Ensayo de flexión del concreto reforzado con 4% de fibras, a los 7 días.....	43
Tabla 1: Ensayo de flexión del concreto reforzado con 4% de fibras a los 14 días.....	43
Tabla 29: Ensayo de flexión del concreto reforzado con 4% de fibras a los 28 días.....	43
Tabla 30: Ensayo de flexión del concreto reforzado 5.2% de fibras, a los 7 días.....	43
Tabla 31: Resultados del ensayo de flexión del concreto reforzado 5.2% de fibras, a los 14 días.....	44
Tabla 32: Ensayo de flexión del concreto reforzado 5.2% de fibras, a los 28 días.....	44
Tabla 33: Costos de fabricación de concreto reforzados con fibras de acero contra los costos de fabricación de concretos convencionales.....	66

Índice de figuras

Figura 1: Ejemplo de agregado fino típico, usado en la preparación de mezclas de concreto, tomado de Design and Concrete Mixtures, Portland Cement Association.	11
Figura 3: Muestra típica de cemento portland, tomado de Design and Concrete Mixtures, Portland Cement Association.....	13
Figura 4: Características típicas de un concreto con alta y baja trabajabilidad, tomado de "Design and Control of concrete mixtures", Hosmatka y Wilson 2015.....	15
Figura 5: Tipos de fibras más comunes empleadas en la fabricación de concreto. Tomado de "Fibras como elemento estructural para el refuerzo del concreto", Maccaferri 2015.....	16
Figura 6: Fibras sintéticas más comunes disponibles comercialmente, Tomado de "Fibras como elemento estructural para el refuerzo del concreto", Maccaferri 2015.	17
Figura 7: Fibras de acero típicas usadas en la fabricación de mezclas de concreto, tomado de Design and Control of Concrete Mixtures, Hosmatka y Wilson (2015).	17
Figura 8: Características geométricas de los diferentes tipos de fibras de acero, tomado de "Fibras como elemento estructural para el refuerzo del concreto", Maccaferri 2015.....	18
Figura 9: Características geométricas de los diferentes tipos de fibras de acero, tomado de "Fibras como elemento estructural para el refuerzo del concreto", Maccaferri 2015.....	19
Figura 10: Fibras de acero Wirand, usadas en la fabricación de concreto. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 11: Preparación del agregado grueso y fino. Fuente: Elaboración propia....	35
Figura 12: Preparación del cemento y el agua. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 13: Efecto de la temperatura en la resistencia a la compresión.	46

Figura 14: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 15: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 16: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 17: Proceso de diseño de pavimentos rígidos recomendado por la AASHTO. Montejo Fonseca, Alfonso (2006).....	49
Figura 18: Cargas transmitidas por un camión al pavimento. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Sánchez Sabogal, Fernando (2006).	51
Figura 19: Tipos de ejes existentes, simple, tándem y tridem. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Sánchez Sabogal, Fernando (2006).Figura 20	51
Figura 21: Clasificación de vehículos típicos. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Montejo Fonseca, Alfonso (2006).....	52
Figura 22: Estudio del impacto vehicular en las cargas transmitidas al pavimento rígido. Fuente:	53
Figura 23: Carta de diseño de pavimentos rígidos, de acuerdo con el método de la AASHTO. Tomado de Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso (2006).	59
Figura 24: Carta de diseño de pavimentos rígidos, de acuerdo al método de la AASHTO. Tomado de Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso (2006).	60
Figura 25: Variación en el valor de la línea objetivo, en función del módulo de rotura. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 26: Determinación del espesor requerido del pavimento rígido, en función del módulo de rotura del pavimento. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 27: Espesor del pavimento rígido de concreto en función del módulo de rotura.....	65

RESUMEN

De acuerdo con el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), en la actualidad, en el Perú existe un gran déficit de vías pavimentadas, y las que están pavimentadas exhiben un mal comportamiento mecánico produciendo deterioro y falla prematura, como es el caso de la avenida circunvalación. Ante esta situación, el presente trabajo de investigación se plantea como objetivo principal la realización de una propuesta que mejore del comportamiento mecánico de pavimento rígido existente en la avenida circunvalación del distrito de Piura, usando concretos mejorados con fibras de acero. El diseño de investigación planteado para este objetivo fue no experimental. Dentro de la metodología planteada se ha identificado que la investigación es de tipo aplicada y la población elegida para el estudio consistió de toda la av. circunvalación. La población de estudio consistió de un segmento de 500 m de longitud ubicando específicamente las zonas donde se encuentran la mayor cantidad de daños. Los resultados encontrados en muestras de concreto reforzadas con fibras de acero muestran que la aplicación de las fibras logro incrementar de manera sustancial la resistencia a la compresión y tracción. Adicionalmente se encontrado que es posible el uso de concretos mejorados con fibras de acero para la mejora sustancial de comportamiento estructural de pavimentos rígidos.

Palabras clave: Concreto, pavimentos, fibras de acero.

ABSTRACT

According to the Ministry of Transportation and Communications (MTC), currently in Peru there is a large deficit of paved roads, and those that are paved exhibit poor mechanical behavior causing deterioration and premature failure, as is the case of the Av. Circunvalación. Given this situation, the main goal of this research is to carry out a proposal that improves the mechanical behavior of the existing rigid pavement in the ring road in the Piura district, using concrete improved with steel fibers. The research design proposed for this objective was non-experimental. Within the proposed methodology, it has been identified that the research is of an applied type and the population chosen for the study consisted of the entire av bypass. The study population consisted of a 500 m long segment specifically locating the areas where the greatest amount of damage is found. The results found in concrete samples reinforced with steel fibers show that the application of the fibers managed to substantially increase the resistance to compression and traction. Additionally, it was found that it is possible to use concretes improved with steel fibers for the substantial improvement of structural performance of rigid pavements.

Keywords: Concrete, pavements, steel fibers.

I. INTRODUCCIÓN

Los caminos y carreteras son medios de comunicación físicos que permiten el traslado de bienes y servicios de un punto a otro, por lo que su existencia y calidad redundan en la mejora económica de una región, así como también incrementa la calidad de vida de esta. En contraste, la carencia o el mal estado de conservación de las vías provoca el incremento de los costos asociados al transporte de bienes y servicios, incluso, imposibilita el acceso a un medio de transporte digno.

En el Perú, numerosas vías de distintas ciudades se encuentran pavimentadas; sin embargo, de acuerdo con datos recientes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), solo en la ciudad de Lima, el 80% de las vías urbanas pavimentadas se encuentran deterioradas de manera severa. La realidad mencionada no difiere considerablemente en otras regiones del Perú, como en el departamento de Piura.

En el caso del departamento de Piura la situación resulta aún más alarmante, ya que de acuerdo con el Índice de Competitividad Regional (INCORE, 2019) apenas del 20.7% de la red vial vecinal esta pavimentada o al menos afirmada, y de esta por lo menos el 60% se encuentra en mal estado o parcialmente destruida.

Un ejemplo claro de las estadísticas presentadas se puede apreciar en el caso de la Av. Circunvalación intersección con la av. Chulucanas. Esta es una vía de gran importancia para la ciudad de Piura, por lo que representa una vía de paso obligada para muchas actividades de la población.

Se encuentran zonas de daño focalizado donde el pavimento ha quedado dañado localmente. Este tipo de fallas en el pavimento provoca dificultad en el manejo y daño en los vehículos, dificultando el tránsito; y sin medidas adecuadas, el daño continuará incrementándose hasta tener una destrucción parcial del pavimento. Las causas que dan lugar al deterioro prematuro del pavimento y la consiguiente destrucción de este implican pérdidas cuantiosas, no sólo por la pérdida de la inversión hecha, sino por las consecuencias de esta que afecta la vivencia de los usuarios.

El presente trabajo de investigación propone el uso de pavimentos rígidos mejorados que empleen un concreto reforzado con aditivos como las fibras de acero, ya que trabajos como los de Sotil (2015) y Levi (2019) han demostrado que la resistencia a la tracción del concreto con fibras es hasta un 50% más elevado que el convencional, haciéndolo mucho más duradero y resistente.

De acuerdo con la realidad problemática presentada, se plantea la siguiente pregunta general. ¿Qué mejoras en el pavimento rígido se puede lograr usando concreto reforzado con fibras de acero en la Avenida Circunvalación- ¿Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?

El desarrollo completo del problema general puede ser abordado mediante el planteamiento de las siguientes preguntas específicas: ¿Qué efecto tiene el uso de concretos mejorados con fibras de acero en el incremento de la resistencia del pavimento rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?, ¿ Que impacto tiene el concreto reforzado con fibras de acero en la disminución del agrietamiento del pavimento rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?, ¿ Qué efecto tiene el uso de concretos mejorados con fibras de acero en la reducción del espesor del pavimento rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?, ¿Cuáles son las diferencias entre los costos de fabricación de concretos reforzados con fibras de acero y con concreto convencional?

La presente investigación se justifica por su relevancia, tanto social como técnica. La investigación propuesta es relevante, desde el punto de vista técnico, ya que permitirá la mejora del concreto existente, así como la mejora del comportamiento mecánico del pavimento rígido. En cuestión social, esta investigación permitirá obtener pavimentos con mejores resistencias y por tanto más duraderas, lo que beneficiará a la población circundante ya que podrán brindar un mejor servicio. La investigación orientada a la mejora de los materiales existentes permitirá incrementar las posibilidades de aplicación de estos. Esto redonda evidentemente, en la mejora técnica ya que podremos construir estructuras más esbeltas y más económicas por tener materiales más resistentes. En el punto económico tener pavimentos rígidos más resistentes implicaría menores costos de mantenimiento y definitivamente reducir de manera considerable Los costos de reposición. La

aplicación de concretos con fibras permitirá en el caso del pavimento rígido obtener diseños más eficientes ya que es posible reducir los espesores del pavimento requeridos para ciertos niveles de tráfico.

El proyecto tiene como objetivo general: Establecer las mejoras en el comportamiento del pavimento rígido usando concretos reforzados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2020.

Asimismo, se plantean los siguientes objetivos específicos: Determinar el Incremento de la resistencia del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021; Definir los niveles de agrietamiento del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021. Determinar la reducción del espesor del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021. Cuantificar los costos de la fabricación del concreto reforzado con fibras y compararlas con los costos de producir concretos convencionales en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021.

El proyecto de investigación presenta la siguiente hipótesis general: El uso de fibras de acero mejora la calidad del pavimento rígido de la Avenida Circunvalación- Distrito 26 de octubre – Piura, 2021.

Finalmente, se tienen las hipótesis específicas siguientes: La aplicación de concretos mejorados con fibras de acero permitirá incrementar la resistencia del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2020, La aplicación de concretos mejorados con fibras de acero permitirá resistencia al desgaste del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021, La aplicación de concretos mejorados con fibras de acero permitirá reducir el espesor del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021. Debido a la incorporación de fibras de acero en el desarrollo del concreto, se prevé que el costo de fabricación de los concreto reforzados con fibras es mayor a lo pavimentos tradicionales.

II. MARCO TEÓRICO

En el proceso de búsqueda de recolección de información con respecto a trabajos previos a nivel internacional, he encontrado los siguientes:

ROMAN, Jorge (2015), en la tesis de grado titulada “Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y microfibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado” Universidad Nacional Autónoma de México, estudia los concretos reforzados con fibras de acero y polipropileno. El objetivo principal de esta investigación fue establecer la comparación de los efectos que tienen, tanto la fibra de acero, y la fibra de polipropileno. Para ello la metodología seguida de esta investigación consistió en la elaboración de grupos de control de mezclas de concreto simple y concretos reforzados. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y transversal. La conclusión de este trabajo indica que las fibras de acero logran incrementar la resistencia a la tensión, incrementan la resistencia al agrietamiento, al igual que en el caso de las fibras de polipropileno.

VALENCIA, Plinio y QUINTANA, Cristian (2015), en la tesis de grado titulada “Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%” Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo principal de este trabajo fue comparar los efectos que tienen las fibras de acero en proporciones del 12% y 14%. La metodología que se usó para el desarrollo de este trabajo consistió en la elaboración de grupos de control de mezclas de concreto simple y concretos reforzados. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y transversal. En conclusión, se obtuvo como resultado que a medida que se incrementan las fibras de acero en el concreto se obtienen mejores resistencias de tracción y mejores valores de tenacidad.

ONUAGULUCHI, Obinna y otros (2017), en el trabajo titulado “Scrap tire steel fiber as a substitute for commercial steel fiber in cement mortar: engineering properties and cost-benefit analyses” Universidad de Pavía, Italia. Estos investigadores estudiaron las mezclas de concreto reforzadas con fibras obtenidas de neumáticos de reciclaje. El objetivo fundamental de este trabajo de investigación fue evaluar el

impacto que tienen las fibras de acero en el funcionamiento del concreto. En este trabajo se realizaron estudios específicamente de la resistencia mecánica del concreto, la porosidad total de la mezcla y la oxidación en las fibras de acero en la mezcla. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo experimental y transversal. En conclusión, los resultados de esta investigación mostraron que en términos generales la incorporación de las fibras mejoró de manera notable la resistencia a la compresión y la capacidad de deformación.

DOMSK, Jacek y KATZER, Jacek (2017), en su investigación titulada “Quality and mechanical properties of engineered steel fibres used as reinforcement for concrete” realizada en el Imperial College of London del reino unido. La investigación tuvo como objetivo general percibir las características mecánicas de las fibras de acero obtenidas mediante el reciclado de neumáticos en desuso. En esta investigación además se realizó la comparación de los efectos y propiedades medidas de este concreto con respecto al concreto reforzado con fibras de uso común. En la investigación se aplicó un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y transversal. En conclusión, se encontró que las fibras de acero obtenidas del reciclado de neumáticos poseen propiedades similares y en algunos casos superiores a las características de las fibras de acero ingenieril de uso común, obteniendo esto como una clara evidencia en favor del uso de fibras de acero recicladas, asimismo se obtiene una ventaja adicional por el hecho de reciclar este tipo de materiales.

MEDINA, César; WENZHONG, Zhu y TORSTEN, Howind (2017), en la investigación titulada “Influence of mixed recycled aggregate on the physical mechanical properties of recycled concrete” School of Engineering, Department of Construction, UEX-CSIC Partnering Unit, University of Extremadura. La investigación tuvo como objetivo el estudio de mezclas de concreto reforzadas con fibras de acero recicladas de neumáticos desechos, en el proceso de este trabajo se realizaron estudios del concreto, en específico se realizaron estudios o ensayos de flexión, compresión e impacto, además de estos datos obtenidos se procedió a la investigación de los principales parámetros del concreto, tales como módulo de elasticidad, tenacidad, índice de absorción de la energía. Esta investigación es de tipo experimental, transversal y presenta un enfoque cuantitativo. Finalmente, los

investigadores llegaron a la conclusión de que en general la incorporación de las fibras de acero obtenidas mediante el reciclado mejora notablemente las propiedades mecánicas de la mezcla.

A nivel nacional, la cantidad de publicaciones sobre el tema disminuye; sin embargo, en el proceso de búsqueda de recolección, se ha encontrado lo siguiente:

DE LA CRUZ, Wilder (2015), en su tesis de grado titulada “Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas” Universidad Nacional de Huancavelica. La investigación tuvo como objetivo general obtener una opción diferente de diseño racional de concretos reforzados en el que se suministre también fibras de acero. Para ello la investigación se basó tanto en realizar estudios teóricos como prácticos. En conclusión, se obtuvo que al añadir fibras de acero en el concreto, en términos globales esto mejora la resistencia a la tracción del concreto.

CÓRDOVA, Claudia; CUELLAR, Lizet y GUIZADO, Mayra (2015), en su tesis de grado titulada “Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las fibras producidas en Perú”, presentada ante la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación presentó como objetivo general conocer el efecto que presenta el comportamiento del concreto cuando se le incorpora las fibras de acero, en esencia se realizó la comparación de las fibras de acero producidas en Perú con respecto a las que se fabrican en Italia (Wirand). Entonces como conclusión se obtuvo que en términos generales el concreto mejora sustancialmente la resistencia en flexión.

SOTIL, Alfredo y ZEGARRA, Jorge (2017), en su tesis de grado titulada “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 pavimentos rígido”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo general de este trabajo fue comparar concretos sin fibras y reforzados mediante el empleo de fibras de acero, para ser más específicos fibras FF3 y FF4, hallando que la incorporación de fibras en el concreto le proporciona mejoras tanto en resistencia a la tensión, tenacidad y ductilidad en tensión. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo experimental y

transversal. En conclusión, se consideró que este trabajo muestra que el uso de fibras de acero ingenieriles logra mejorar de manera considerable la tensión del concreto. Además, debido a que la investigación fue realizada en el Perú, específicamente en la ciudad de Lima, se tiene data confiable para la aplicación de este tipo de concretos en la realidad nacional.

A nivel local, se mencionan los siguientes estudios previos:

SANCHEZ, Elvis y TAKAHASHI, Víctor (2018), en su tesis de grado titulada “Influencia de la adición de tierra de diatomeas en el potencial de corrosión del acero ASTM A 615 dentro del concreto reforzado elaborado con cemento portland Tipo I y cemento Tipo ICO en el distrito de Máncora – Piura”. Universidad Privada del Norte. En este trabajo de investigación los autores intentan evaluar la influencia que tiene la adición de tierra diatomea en el potencial de corrosión de acero reforzados elaborados con cemento por tipo. El objetivo principal de esta investigación es obtener la relación entre la adición de tierra diatomea y la corrosión del acero de refuerzo de elementos de concreto armado. La metodología procedió en realizar una serie de ensayos de laboratorio de diferentes muestras. Tales muestras fueron contaminadas con porcentajes variables diatomea. Enfoque de la investigación esencialmente dativo como un diseño experimental y transversal. En conclusión, los resultados muestran que tierra diatomea puede provocar la corrosión de varillas de acero inmersos en el concreto.

JAIME y PORTOCARRERO (2018), en su tesis de grado titulada “Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Piura 2018. Universidad Privada del Norte. Evalúa el efecto que tiene la aplicación cascarilla de arroz en la resistencia la compresión de los concretos. El objetivo de este trabajo es el aumento de la resistencia a la compresión de concretos con aditivos naturales, tales como cascarilla de arroz. El desarrollo de esta investigación consistió en el estudio 100 probetas de concreto con cantidades crecientes de cascarilla de arroz. El diseño de la investigación pre experimental como enfoque cuantitativo transversal. En conclusión, se obtuvo que la resistencia a la compresión incrementa su valor ligeramente con proporciones de cascarilla de arroz del 8%, sin embargo, también se observó que la aplicación de

esta sustancia disminuye considerablemente la trabajabilidad de las muestras, esto se atribuye a que las cascarillas de arroz absorben gran parte del agua circundante en la mezcla. Una consecuencia adicional de esto podrían ser reducciones de resistencia a la compresión con proporciones mayores.

En esta sección se desarrollan una serie de teorías relacionados con la variable dependiente o segunda variable. Empezamos definiendo el concepto de pavimento. Rondón y Reyes (2015), dice que el pavimento es una estructura construida con la finalidad sostener el tránsito de vehículos. Distribuye de manera uniforme las cargas que estos provocan sobre el terreno de fundación. Además de transmitir las cargas mencionadas esta tiene como función proteger la vía de las inclemencias externas del clima como el viento entre otros. En la ingeniería civil se emplean diferentes tipos de pavimentos, típicamente los pavimentos se clasifican en dos tipos pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Aunque es usual encontrar un tercer tipo de pavimento, intermedio entre estos dos, llamado usualmente pavimento semirígido (p. 65).

Existen tres tipos de pavimentos denominados, pavimento rígido, flexible e intermedio, nos dicen que los pavimentos rígidos son estructuras construidas de concreto. En algunas ocasiones estas son construidas sin refuerzo, en otras ocasiones se construyen con refuerzo. El refuerzo típicamente es de acero estructural. El pavimento rígido tiene una larga duración si está bien diseñado

Los pavimentos flexibles son estructuras orientadas a transmitir la carga vehicular sobre el suelo de fundación y son construidos mediante el uso de materiales bituminosos tales como asfaltos. El asfalto usualmente se mezcla con materiales pétreos o áridos para obtener una masa consistente de cierta rigidez y de propiedades impermeables.

Silva Santisteban (2015) comenta que los pavimentos son susceptibles a la radiación solar pues se deterioran debilitándose al ser sometidos frecuentemente a grandes cantidades de radiación solar. Encontrándose también que la exposición a elevadas temperaturas, ocasionadas típicamente por la radiación solar provocan la pérdida de rigidez, logrando un comportamiento plástico tal que las cargas

puntuales deforman el material más allá del límite elástico del material, provocando deformaciones permanentes en la estructura.

A menudo, esto da origen a una serie de fallas en el pavimento flexible, como baches, piel de cocodrilo, entre otros. Estas dificultades no las experimentan los pavimentos rígidos que por ser construido de concreto tienen un comportamiento mucho más estable ante la radiación solar y los elevados niveles de temperatura. Aunque es de esperarse que cambios frecuentes de temperatura provoquen esfuerzos internos que conlleven al agrietamiento de los elementos de concreto armado

Montejo (2015), manifiesta que los pavimentos semirígidos son estructuras de transmisión de cargas vehiculares hacia la fundación que tienen características intermedias entre pavimento rígido y pavimento flexible (p. 51).

Usualmente están contruidos mediante materiales intermedios, típicamente combinaciones de mezclas asfálticas. Evidentemente la rigidez de este tipo de estructuras resulta más elevada que en el caso de pavimentos flexibles mientras que dicha rigidez resulta menor al caso de los pavimentos rígidos. Algunas de las propiedades más importantes de estos pavimentos también resultan intermedios entre un pavimento rígido y un pavimento flexible.

Aielo et. al (2015) comenta que los pavimentos tanto rígidos como flexibles tienen una estructura característica que las definen. Al igual que una estructura convencional el pavimento, para poder funcionar adecuadamente, tiene una estructura que le da sostén, que le permite transmitir los esfuerzos generados al suelo de fundación.

La típica estructura de un pavimento está basada en fundación o cimentación base o sub base y carpeta asfáltica. A continuación, se detallan cada una de estas.

Lao (2015), comenta que la fundación o cimentación es la parte de la estructura de soporte al pavimento. En otras palabras, puede entenderse la cimentación o fundación donde las cargas del tráfico pueden descansar y aterrizar sin generar daño circundante. Es fácil hacer una analogía, una cimentación de pavimento y una estructura. En una estructura, la cimentación es la encargada de soportar la

estructura. En el caso de un pavimento, esta brinda soporte continuo y permanente largo de la vida útil de esta estructura (p. 26).

Aunque existen paralelos entre una edificación y un pavimento, es realmente importante ver que el fallo de una estructura puede afectar a un grupo de personas, sin embargo, el fallo de pavimento tiene efecto en decenas de miles de personas por lo que el mantenimiento de estas estructuras siempre debe darse.

Mendoza (2015), sostiene que la carpeta asfáltica es parte de la estructura del pavimento. Esta brinda soporte directo a los neumáticos de los vehículos que transitan por esta. Por tanto, además de ser resistente y transmitir las cargas adecuadamente, esta parte del pavimento debe tolerar las acciones externas, no sólo del tráfico, sino también las inclemencias del clima. Tales inclemencias son la lluvia, el viento, y en especial la radiación solar (p. 23).

Resulta evidente que la falla de la carpeta asfáltica provocará que los componentes restantes sean vulnerables a las acciones externas, previamente mencionadas. De hecho, en la práctica de la ingeniería se ha observado que la mayor parte de los daños en pavimentos se deben al deterioro prematuro de la carpeta asfáltica.

Ahora se hablará de uno de los principales materiales de construcción dentro de la ingeniería, el concreto.

Sotil (2015), dice que el concreto es un material esencial en la construcción, el cual es elaborado con cemento, árida, agua y aditivos en distintas proporciones. Tales proporciones dependen por supuesto de las aplicaciones que se desee darles. Existen aplicaciones en las que los concretos deben tener resistencias a la compresión mínimas especificadas en otros casos, los concretos no requieren de resistencias mínimas por lo que las proporciones creadas en su fabricación pueden ser arbitrarias (p. 98).

En el caso de concreto estructural la norma de diseño en concreto armado exige que se tengan resistencias a la compresión simple ve al menos 210 kilos por centímetro cuadrado. En este caso las proporciones usuales van desde 9 a 10

bolsas de cemento por metro cúbico mientras que las proporciones de agregado grueso y fino varían desde 0.6 a 0.4 metros cúbicos respectivamente.

Otro de los componentes típicos del concreto son los áridos.

Cánovas (2015), manifiesta que estos son materiales de construcción conformados por rocas de variada granulometría. Los áridos son materiales típicamente usados en la fabricación de concretos variados., son por tanto, uno de los ingredientes fundamentales del concreto. De hecho, su integración con la pasta de cemento genera una masa pétreo de alta resistencia a la compresión.



Figura 1: Agregado fino usado para la mezcla de concreto tomado de Design and Concrete Mixtures, PCA.

Los áridos se clasifican de acuerdo con su granulometría, justamente este es el parámetro que nos permite clasificarlo de acuerdo con sus usos y aplicaciones para la elaboración de concretos Existen agregados llamados finos y gruesos.

Marmol (2015), sostiene que la frontera entre unos y otros se da mediante tamices estandarizados. La frontera entre agregado grueso y fino la define la malla número 4. En este sentido todo agregado que pase a través de la malla número 4 se clasifica como agregado fino mientras que, los que son retenidos en esta malla son clasificados como agregado grueso. (p.78).

Es importante aclarar que el agregado grueso tiene un límite superior y este es la malla de 3 pulgadas. Todo agregado retenido en la malla de 3 pulgadas denominado bolonería.



Figura 2: Agregado grueso: grava angular (Derecho) y grava redondeada de río (izquierda). Tomado de Design and Concrete Mixtures, PCA.

De la Cruz, et. al (2015), dice que el agua es otro componente fundamental de la fabricación de concretos. Este componente permite la lubricación entre las partículas existentes tanto del agregado como el cemento lo que le brinda a la mezcla resultante una trabajabilidad adecuada (p. 45).

El agua no sólo cumple una función lubricadora, sino que cumple una función química. De acuerdo con numerosos estudios, el agua reacciona con el cemento para formar una serie de cristales especialmente silicatos que logran dar una resistencia asombrosa

Es por esto que una vez colocado el concreto fresco y endurecido se requiere de un procedimiento adicional denominado curado del concreto.

Guo (2015), comenta que este proceso consiste en suministrar agua a la mezcla resultante de tal forma que se permita la generación de las reacciones químicas. Es por ello que agua cumple un papel fundamental en la fabricación de concretos, tanto concreto estructural como no estructural (p.36).

En la preparación de mezclas de concreto el agua es un componente fundamental, ya que se requiere para la consolidación de las reacciones químicas que generan cristales dentro de la mezcla generada; sin embargo, de acuerdo con el estado del arte del conocimiento se ha observado que el exceso de agua puede provocar una pérdida de resistencia a la compresión.

Jian-He et. al (2015), el cemento es otro componente importante en la construcción y tiene como característica principal el endurecimiento, el incremento de rigidez y resistencia cuando se mezcla con el agua. Esta característica la hace muy útil para la construcción de edificaciones de todo tipo pues además de endurecer con el agua, éste mantiene un estado fluido antes de endurecer lo que la hace útil para darles forma a los elementos deseados (p. 12).

Al estado mencionado se le denomina, usualmente, estado fresco del concreto. Aunque existen numerosos tipos de cemento usado, en la industria de la construcción peruana es el cemento Portland. Este cemento característico se obtiene a partir de la pulverización de clinker de cemento. Este material está formado por silicato de calcio y concentraciones de sulfato de calcio en menores proporciones.

Zamanzadeh et. al (2015), expone que el cemento está conformado por numerosos minerales los más importantes son, calcio proveniente de la piedra caliza natural, el silicio y el aluminio.

Aunque también se pueden encontrar otras sustancias en menor proporción (p.10).



Figura 3: Muestra típica de cemento portland, tomado de Design and Concrete Mixtures, Portland Cement Association.

Jafarifar et. al (2015), afirma que además de los áridos y el cemento, existen otros componentes que dotan al concreto de ciertas características, estos son llamados

aditivos. Los aditivos son sustancias químicas que se añaden a las mezclas de concreto fresco con el fin de mejorar una de sus propiedades (p. 15).

En la ingeniería del concreto existe una serie de aditivos que mejoran una gran variedad de características del mismo. Algunas de las propiedades que se mejoran pueden ser trabajabilidad, resistencia, calor de hidratación, permeabilidad, entre otras.

Ahmadi et. al (2017), tales propiedades son usualmente la resistencia de compresión, trabajabilidad del concreto en estado fresco, porosidad del concreto, entre otras magnitudes de interés (p.57).

En el mercado peruano hay numerosos aditivos orientados a mejorar algunas de las propiedades antes mencionadas.

Ahora toca hablar de las propiedades del concreto, en este punto es importante aclarar que el concreto tiene características importantes tanto en estado fresco como endurecido. Empezamos hablando de las propiedades en estado fresco.

Flores et. al (2017), manifiesta que la trabajabilidad es la propiedad más importante del concreto en su estado fresco. Esta propiedad calcula el grado de fluidez de las mezclas de concreto. Esta propiedad nos indica si un concreto en estado fresco puede fluir dentro del encofrado (p. 13).

Existen concretos con muy poca fluidez que no podrían fluir adecuadamente dentro de encofrados con poco espacio, por lo que se generarían zonas e intersticios cuando la mezcla endurezca. Resulta evidente pues que este es un comportamiento indeseable en la fabricación de elementos estructurales.

Sengul (2016), la trabajabilidad es una propiedad que se mide ante el uso del cono de Abraham. Esto permite medir la fluidez de manera directa tomando como referencia la altura del citado cono (p.13).

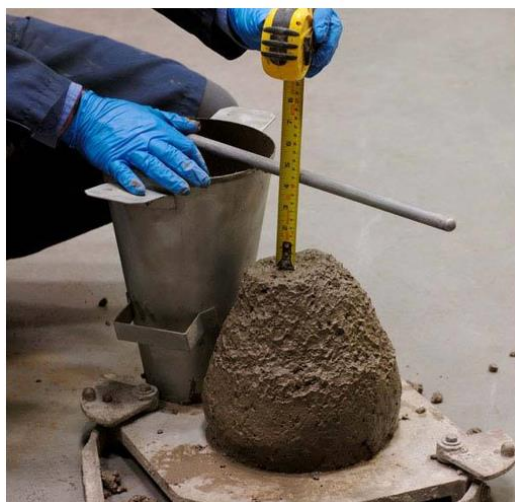


Figura 4: Características típicas de un concreto con alta y baja trabajabilidad, tomado de "Design and Control of concrete mixtures", Hostmatka y Wilson 2015.

Con respecto a la variable independiente se han podido obtener información de publicaciones hechas en revistas indexadas, tesis, boletines técnicos entre otros. A continuación, se presentan los resultados de estas investigaciones

Domski (2017), las fibras de acero son materiales de construcción filamentosos hechos de acero que tienen un parecido con Hilos de longitud variable en algunos casos tiene un aspecto parecido al alambre número 18 o número 16 aunque las longitudes varían desde 3 mm hasta 20 milímetros dependiendo de las aplicaciones que se les den. (p. 5).

Este material es generalmente empleado en la fabricación de concretos reforzados con fibras. Su objetivo fundamental es dar mayor resistencia a la tensión a los concretos y evitar la propagación de fisuras

Ziaaddin, Lucio y Joaquim (2015) comentan que en el mercado existen numerosos tipos de fibras de acero dependiendo de las aplicaciones que se requieran darle a este tipo de materiales. (p. 22).

De hecho, en la literatura técnica se tienen noticias fibras con extremos deformados para dotar mayor adherencia a las fibras y el concreto. Algunos otros estudios muestran que es posible usar fibras de acero reciclados y neumáticos en desuso.

Se ha encontrado que tales materiales tienen comportamientos parecidos a las fibras comerciales.

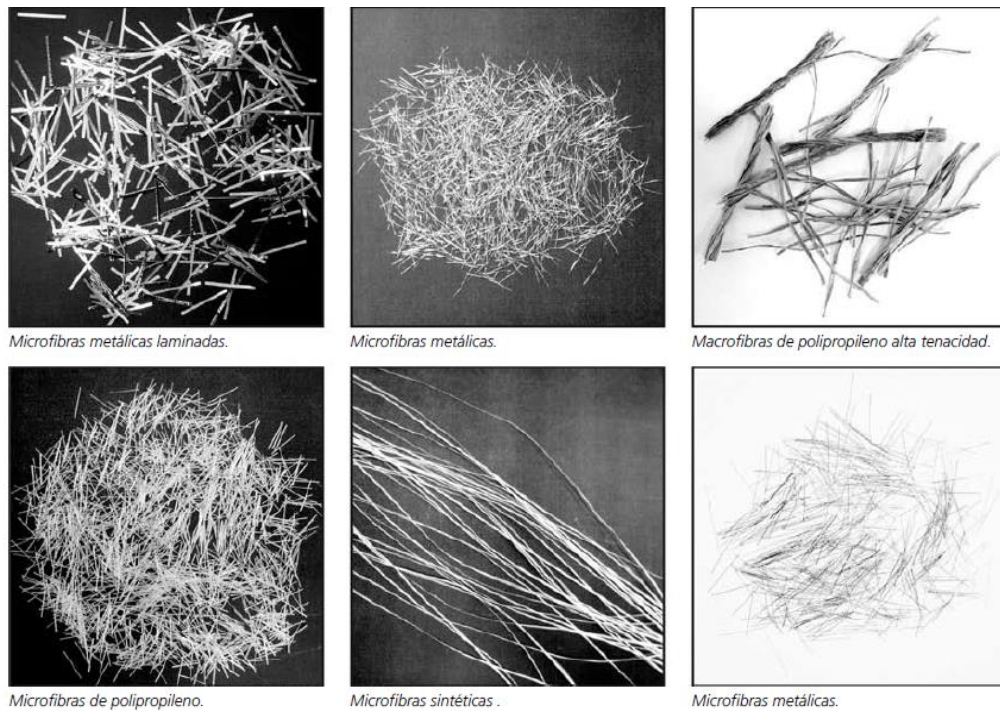


Figura 5: Tipos de fibras más comunes empleadas en la fabricación de concreto.
Tomado de “Fibras como material estructural para el refuerzo del concreto”,
Maccaferri (2015).

Las fibras sintéticas de uso común en la práctica constructiva son el polipropileno, el vinilo, el Modacrylic, y el Nylon, en la siguiente figura se muestran las propiedades de este tipo de fibras.

Polipropileno	Fibras compuestas por macromoléculas lineales que poseen en su cadena entre 50 a 80% en peso de acrilonitrilo.	Polipropileno $\left[\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{H}}{\underset{\text{CH}_2}{\text{C}}}\text{---} \right]_n$
Vinilio	Fibras compuestas por macromoléculas polivinil alcohol con diferentes niveles de acetato.	Poli acetatos (vinilalcohol) $\left[\left(\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}\text{---} \right)_m \left(\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{H}}{\underset{\text{O---R}}{\text{C}}}\text{---} \right)_n \right]_p$ Donde n>0
Modacrylic	Fibras compuestas por macromoléculas lineales que poseen en su cadena entre 50 a 80% en peso de acrilonitrilo.	Copolimeros acrílicos $\left[\left(\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{H}}{\underset{\text{CN}}{\text{C}}}\text{---} \right)_m \left(\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{X}}{\underset{\text{Y}}{\text{C}}}\text{---} \right)_n \right]_p$ Si X=H y Y=CL: Poli (acrilonitril o clorado vinil) Si X = Y = CL: Poli (acrilonitril o clorado vinil)

Figura 6: Fibras sintéticas más comunes disponibles comercialmente, Tomado de “Fibras como elemento de apoyo en la mezcla del concreto del concreto”, Maccaferlkhri 2015.

Medina (2017), manifiesta que las fibras inorgánicas se presentan de diferentes maneras para su uso en el diseño de mezclas de concreto, estas varían tanto es su sección transversal como longitudinal (p. 12).



Figura 7: Diferente tipos de fibras de acero usadas en las mezclas de concreto, tomado de Design and Control of Concrete Mixtures, Hosmatka y Wilson (2015). Como se puede observar, las fibras de acero son materiales de construcción en los que una dimensión predomina sobre las otras, por tanto, tienen la forma de filamentos o hilos de poca longitud. Una descripción menos rigurosa, pero más gráfica, describiría a estos elementos como cabellos de longitud variable.

Papakonstantinou et. al (2015), las fibras de acero tienen formas variadas, no solo son hilos, sino que en muchas ocasiones tienen ganchos en los extremos. Estas se

suministran a las fibras con la finalidad de que una vez embebidas en el concreto su adherencia sea máxima (p.10).

Las fibras de acero deben proporcionar una línea de resistencia adicional en la tensión que el concreto por sí misma no puede lograr. Esta línea de resistencia únicamente puede ser proveída si las fibras logran anclarse en el concreto, y como es evidente, esto solo puede lograrse si la adherencia por parte del concreto y las fibras de acero es lo ideal.

Abdul et. al (2016), afirma que también existen fibras con formas parecidas a un helicoide, esto, nuevamente, ayuda a que las fibras de acero logren en el concreto una mejor adherencia. Esto es realmente importante cuando se da inicio a la figuración de los elementos de concreto, ya que las fibras de acero evitan la propagación de las grietas (p.12).

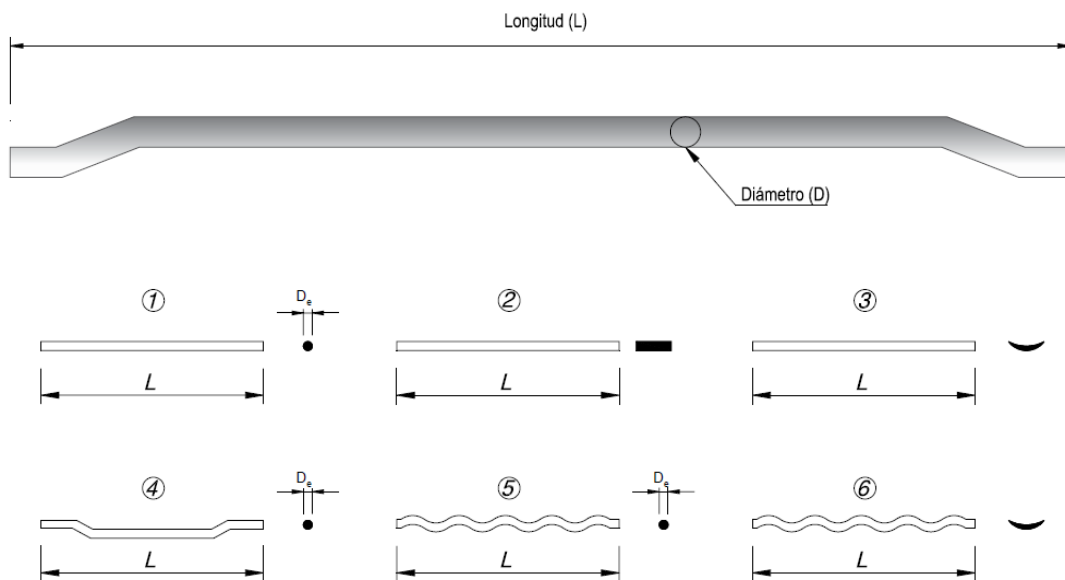


Figura 8: Diferentes tipos de fibras de acero y sus características geométricas.
Tomado de “Fibras como elemento estructural para la fabricación concreto”,
Maccaferri 2015.

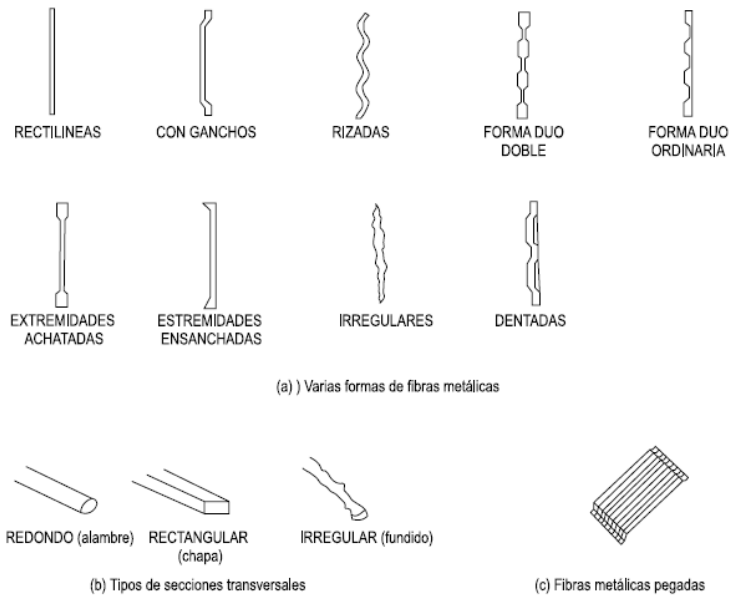


Figura 9: Las fibras de acero y sus características geométricas.

tomado de “Fibras como elemento estructural para el refuerzo del concreto”,
Maccaferri 2015.

Caggiano et. al (2016), los pavimentos rígidos son en general estructuras muy duraderas y muy resistentes a la acción de cargas vehiculares y acciones externas como el clima. Sin embargo, estas son susceptibles de fallas por la baja resistencia a tensión del concreto (p. 16).

Por ello, mediante este trabajo de investigación se pretende aportar con una nueva forma de fabricación de estos pavimentos, mediante el uso de fibras de acero. El trabajo pretende pavimentos rígidos con un módulo de rotura considerablemente mayor a los tradicionales. Esto redundará, evidentemente, en pavimentos rígidos más resistentes.

De acuerdo con García (2015), existen evidencias prácticas de que el uso de concretos reforzados con fibras pueden mejorar considerablemente el comportamiento de pavimentos rígidos. (p.22).

Esto se explica por el hecho de que cuando las cargas son aplicadas al concreto, la formación de grietas se ve interrumpida por las fibras que esta encuentra en su camino, logrando un performance superior al concreto convencional.

Corcino (2016) brinda información adicional en esta dirección, pues comenta que el suministro de fibras de acero en el concreto tendría su analogía cuando se le agregan paja al adobe con la finalidad de incrementar su resistencia. (p.11).

Es un hecho histórico que la preparación de adobe sin el uso de paja termina provocando que este se agriete de sobremanera provocando daño severo en estas unidades.

Otro punto en favor de esto es lo comentado por Graeff (2015), quien considera que el uso de fibras de acero mejora considerablemente su comportamiento estructural de las losas reforzadas con fibras de acero. (p. 23).

Sobre es importante aclarar que el uso de fibras de acero evita fenómenos como el agrietamiento por secada prematuro.

Gallo-Arciniegas (2016) considera que la aplicación de fibras de acero en el concreto además permitirá mayor ductilidad a la mezcla resultante, logrando de esta manera mejores propiedades en el concreto.

Se ha observado experimentalmente que la aplicación de fibras de acero provoca mejoras en la capacidad de deformación de las mezclas de concreto, en especial en su comportamiento en tensión.

Ramírez (2016) y el manual de Sika (2015) señala que la aplicación de fibras de acero en pavimentos rígidos logra mejorar notablemente el comportamiento de pavimentos rígidos, obteniendo mayor durabilidad y resistencia frente a las cargas vehiculares. (p.15).

Esto también se puede apreciar en numerosas experiencias realizadas en México, y EEUU. Los resultados encontrados muestran que efectivamente, as fibras de acero pueden mejorar notablemente el funcionamiento mecánico de pavimentos rígidos.

De acuerdo con Centonze, G, Leone, M. y Aiello, M. (2015) al tener pavimentos más duraderos y más resistentes las actividades comerciales entre los habitantes de una región se dinamizarán. (p. 46).

Esto se da pues al tener vías bien conservadas los precios del transporte siempre podrán mantenerse bajos, además esta actividad resultará atractiva para nuevos empresarios, por lo que, de nuevo, tenemos ventajas sociales y económicas.

Azevedo (2015) indica que tener pavimentos en buen estado facilita la concretización de actividades comerciales, por lo que el impacto de esta en la economía siempre es positivo. (p.21).

Esto se ha observado en la realidad a menudo. Una muestra clara de lo anterior es el caso en el que los costos de transporte a zonas en las que las vías están asfaltadas son mucho menores al caso en el que las vías no están asfaltadas.

MARCO CONCEPTUAL:

1. **ADITIVOS:** Sustancias químicas que dotan de características diversas a las mezclas de concreto.
2. **AGREGADOS:** Partículas de origen mineral de variada gradación disponible de forma natural en yacimientos diversos.
3. **AGREGADO ANGULAR:** Estos materiales poseen bordes bien definidos que se han formado por la intersección de caras planas rugosas.
4. **AGREGADO BIEN GRADUADO:** Se le llama así porque su graduación va desde el tamaño máximo hasta hasta el de un relleno mineral y se encuentra centrado a una curva granulométrica.
5. **AGREGADO DE GRADACIÓN ABIERTA:** Este agregado contiene poco o ningún relleno mineral, y los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.
6. **AGREGADO FINO:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm).
7. **AGREGADO GRUESO:** Material que por lo general es retenido en la malla N°4 (4,75 mm). Proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes.
8. **AGREGADO REACTIVO:** Material que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de solución o hidratación del cemento Portland en morteros y/o concretos bajo condiciones ordinarias de exposición, dando como resultado en algunos casos expansión perjudicial, rajaduras o manchado.
9. **AGREGADO RECICLADO:** Material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados y complementados con otros faltantes.
10. **AGUA:** Sustancia química disponible en la corteza terrestre en estado líquido. Útil en la fabricación de elementos de concreto.

11. CEMENTO: sustancia química producto de la combustión de piedra caliza, yeso entre otras. Su principal característica es la fragua y el endurecimiento cuando se le adiciona agua.
12. CONCRETO: Mezcla en variadas proporciones de de cemento, agua y agregados. Tiene como principal característica el endurecimiento al cabo de un tiempo.
13. TRABAJABILIDAD: Es la propiedad caracteriza la fluidez del concreto en estado fresco. Esta propiedad le permite acomodarse al molde que lo contiene.
14. EXUDACIÓN: Es el fenómeno por el que el agua contenida en una mezcla de concreto aflora a la superficie de la mezcla, dejando los gruesos en la parte inferior.
15. SEGREGACIÓN: Es la separación de los componentes grueso y fino de una mezcla de concreto. Puede resultar muy perjudicial, pues deja ciertas zonas de la mezcla con muy poco contenido de finos y de matriz, generando zonas de debilidad
16. CALOR DE HIDRATACIÓN: Es energía que se libera en forma de calor cuando ocurre la hidratación del concreto.
17. HIDRATACIÓN DEL CONCRETO: Es un conjunto de reacciones químicas en la que los silicatos presentes en el cemento absorben agua para la formación de cristales de alta resistencia.
18. AGLOMERANTE: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.
19. AGREGADO: este es un material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada.
20. CONCRETO PRE- MEZCLADO: Material dosificado en planta y posteriormente transportado a obra por camiones

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, ya que el Trabajo de investigación pretende aplicar los conocimientos científicos existentes para la mejora pavimentos rígidos, esto se pretende mediante el uso de fibras de acero.

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), una investigación es de tipo aplicada cuando usa los conocimientos existentes para resolver alguna problemática vigente. De acuerdo con esto y teniendo en cuenta que el presente Trabajo de investigación pretende aplicar los conocimientos científicos existentes para la mejora pavimentos rígidos, esto se pretende mediante la aplicación de fibras de acero.

La investigación es de diseño no experimental-transversal, porque no hay manipulación de variables y se realizará en un tiempo determinado.

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), el diseño de investigación se clasifica en dos formas, el primero denominado investigación experimental, es aquel en el que existe una manipulación deliberada de las variables independientes con la finalidad de medir su efecto una variable o las variables dependientes. En contraste, una investigación no experimental es aquella en la que no existe la manipulación deliberada del investigador, se limitan únicamente a observar la realidad existente y a describirla.

3.2 Variables y Operacionalización

FIBRAS DE ACERO (V.I)

Definición conceptual

Filamentos hechos con base en acero estructural” (PCA, 2015).

Definición operacional

- se realizará un ensayo de tracción del acero
- se hará uso del micrómetro
- Se hará uso de wincha

Dimensiones

- Resistencia a la tensión
- Diámetro de las fibras
- Longitud de las fibras con

Indicadores

- Fuerte, moderado, ninguno
- Grande, mediana, pequeña
- Grande, mediana, pequeña

Escala

Intervalo

CONCRETO RÍGIDO (V.D)

Definición conceptual

Es una estructura capaz de transmitir cargas vehiculares al terreno de fundación”
(Montejo Fonseca, 2017)

Definición operacional

- Se hará uso de la Maquina de los ángeles
- Se hará de la Maquina universal
- se hará uso de wincha

Dimensión

- Resistencia al desgaste
- Resistencia a la tensión
- Espesor de pavimento

Indicadores

- Fuerte, moderado, ninguno
- Fuerte, moderado, ninguno

- 50,35,20,15

Escala

Intervalo

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

En el presente estudio la unidad de análisis es la Av. Circunvalación, por lo que la población está constituida por la avenida comentada.

De acuerdo con investigadores como Hernández Sampieri (2018) y Borja (2015), la población es la unidad de análisis disponible en el momento de la investigación científica, por tanto, conviene definir previamente el concepto de unidad de análisis. La unidad de análisis es el ente del que se desea obtener información, ya sea está cualitativa o cuantitativa.

Criterios de inclusión: Todo segmento de vía que está comprendida en el tramo analizado.

Criterios de exclusión: Segmentos de vía perpendiculares a la vía analiza, o aquellas que no pertenezcan al tramo de la vía de interés.

Muestra

La muestra está constituida por el último tramo de la avenida con una longitud de 500m.

Muestreo

Ya que se tomó como caso de estudio un segmento de la vía elegida se tendrá un muestreo no probabilístico, es decir la elección de los elementos depende del criterio del investigador.

Unidad de análisis

Como se mencionó líneas arriba, la unidad que se va a analizar es la vía elegida para el estudio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

De acuerdo con Hernández Sampieri (2018), las técnicas son mecanismos, recursos y medios dirigidos a la recolección, conservación y transmisión de los datos obtenidos durante el proceso de la investigación científica.

Entonces, en el presente proyecto de investigación se utilizará como técnica La Observación experimental, por medio de esta se estudiarán las mejoras existentes en pavimentos rígidos cuando se aplican los concretos reforzados con fibras de acero.

La observación de la realidad es un proceso necesario para poder llegar a obtener conclusiones valederas acerca de una hipótesis (Bernal, 2017). En el trabajo propuesto se aplica el método de observación experimental, es decir aquel en el que las condiciones de trabajo son controladas por el investigador. A continuación, se enumeran las técnicas a considerar dentro del presente trabajo de investigación.

- La observación
- La comparación
- Análisis documental

Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán en la investigación proyectada son:

- Ficha de registro de datos.
- Software Microsoft Excel.
- Método de ACI

- Método AASHTO

De acuerdo con Hernández Sampieri et. al (2018), los instrumentos son dispositivos ideados para recolectar, almacenar o incluso medir los parámetros de interés usados en la investigación.

3.5 Procedimientos

El trabajo de recolección de información comienza evaluando el estado de conservación de la vía analizada. Después, se deberá recolectar información relativa a la demanda vehicular de las vías, de esta forma se cuantificarán las cargas vehiculares sobre el pavimento. La siguiente fase de estudio consiste en investigar las mejoras de concreto cuando se usan fibras de acero. Y finalmente, se usará este material para el diseño de la nueva vía.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos se verificarán con información existente y tomando como referencia los resultados de pavimentos convencionales de la PCA. Tanto la resistencia a la tensión, como la compresión deberán contrastarse con datos existentes y verificar su fiabilidad. Para el análisis de datos se utilizará el Software Microsoft Excel, de ser necesario se usarán métodos de ajuste de regresión lineal.

A continuación, se describen las técnicas a emplear para la consecución de este trabajo de investigación.

***Observación**

Esta técnica es la base del método científico, pues la observación entendida como la evaluación de los resultados obtenidos permitirá poner a prueba la hipótesis de la investigación planteada.

3.7 Aspectos Éticos

Toda la información presentada en el presente documento es propiedad intelectual del autor, tanto las ideas, gráficos, tablas y cualquier otro tipo relacionado de terceros han sido citados de manera adecuado, dándoles a estos autores el crédito y el mérito que por derecho se han ganado, para esto se han seguido las pautas del citado de acuerdo al sistema ISO 690. La realización de las citas correspondientes se ha hecho considerando y diferenciando las citas textuales y citas parafraseadas, es así que, para citas parafraseadas se consignan el nombre del autor y el año; mientras que para citas textuales se entrecomilla el texto y se indica el autor, año y número de página.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior a la solución de la problemática establecida en el capítulo uno. Para esto, se expondrán los resultados de acuerdo con los objetivos establecidos, igualmente, en el capítulo número uno.

Objetivo número uno: Incrementar la resistencia del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras.

Este capítulo muestra componentes de la mezcla de concreto usada como patrón. Es importante aclarar en este punto que, la metodología seguida para el diseño de las mezclas estudiadas en esta tesis ha sido el método del ACI, aunque también es posible el uso de otras metodologías. A continuación, se muestra los cálculos obtenidos para el diseño de la mezcla mencionada.

Entonces, se puede decir que son necesarias ocho bolsas y media de cemento, 0.5 cubos de agregado fino y casi 0.75 cubos de agregado grueso, además de casi 250 l de agua.

Tabla 1: Síntesis del proceso de diseño de mezclas.

1 Resistencia a la compresión requerida					
resistencia especificada		f'c	210		kg/cm ²
resistencia requerida		fcr	294		kg/cm ²
2 Contenido de aire					
Aire	0.015		Vol. aire	0.015	m ³
3 Cantidad de agua por metro cubico					
Agua	193	l/m3	Vol. agua	0.193	m ³
4 Relación agua cemento (a/c)					
a/c	0.55				
5 Contenido de cemento					
cemento=agua/(a/c)	350.91	kg	Vol. cem.	0.111	m ³
6 Peso del agregado grueso					
b/bo	0.6				
peso	1008	kg	Vol. a.grue	0.386	m ³
7 Peso del agregado fino					
peso	750.70	kg	Vol. a.fino	0.294	m ³
8 Corrección del peso de los agregados por humedad					
a.grueso	1010.02	kg			
a.fino	765.72	kg			
9 Corrección de la cantidad de agua requerida					
grueso	-26.21	l			
cieno	-27.78	l			
agua total	246.98	l			
10 Resumen del diseño					
cemento	350.91	kg	=	8.26	<u>bls</u>
agregado fino	765.72	kg	=	0.52	m ³
agregado grueso	1010.02	kg	=	0.66	m ³
agua	246.98	l	=	0.25	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de fibras de acero

La evaluación del efecto de las fibras se hará mediante la adición de fibras de acero en el concreto. Para esto se estudiarán los efectos de ciertas cantidades de fibras de acero en el concreto.



Figura 10: Fibras de acero en el concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de las proporciones de fibras de acero

Tabla 2: Proporciones de fibras de acero en el concreto 40 kg/m³.

Fibras: 40 kg/m ³ (2.5% de fibras en peso)		
1. cemento	16.9	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	48.6	kg
4. Agua	12	l
5. fibras	3.2	kg

Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades de fibras de acero en el concreto se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 3: Cantidades y proporciones de los materiales requeridos para la fabricación del concreto 40 kg/m³.

Fibras: 60 kg/m ³ (4% de fibras en peso)		
1. cemento	16.9	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	48.6	kg
4. Agua	12	l

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Cantidades de fibras de acero y otros materiales para fibras de acero con el contenido 60 kg/m³.

Fibras: 40 kg/m ³ (5.2% de fibras en peso)		
1. cemento	16.9	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	48.6	kg
4. Agua	12	l
5. fibras	6.4	kg

Fuente: Elaboración propia.

Fabricación de las probetas

Con el fin de evaluar el impacto de las fibras de acero en el concreto se evaluaron los contenidos de las fibras de acero en el concreto. Las cantidades de fibras de acero consideradas en los estudios reportados fueron de 0, 40, 60 y 80 kg/m³ de fibras en el concreto.

Tabla 5: Contenidos de fibra de acero de los grupos estudiados.

	Patrón	CRF01	CRF02	CRF03
Fibras	0k/m ³	40k/m ³	60k/m ³	80k/m ³
Fibras (%)	0	2.5%	4%	5.2%

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que los estudios presentados se ha realizado un estudio temporal de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras de acero, y el estudio se ha hecho considerado cada una de las cantidades indicadas en las tablas anteriores.

Tabla 6: Probetas elaboradas por cada ensayo.

	Probetas cilíndricas		Vigas prismáticas
	Compresión	Tracción	Flexión
Control	3	3	3
CRF01	3	3	3
CRF02	3	3	3
CRF03	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11: Primeros pasos en la elaboración del concreto reforzado con fibras de acero. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Mezclado e incorporación de los materiales. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Características de las probetas cilíndricas.

	B(cm)	H(cm)	Al (cm ²)	At(cm ²)	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Características de las vigas prismáticas elaboradas.

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm ²)
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Propiedades de los especímenes cilíndricos con el contenido (40kg/m³).

	B(cm)	H(cm)	Al (cm ²)	At(cm ²)	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Especímenes de los concretos reforzados con fibras de acero con un contenido de (40 kg/m³).

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm ²)
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Geometría de los especímenes desarrollados con el contenido de las fibras de acero especificadas (60 kg/m³).

	B(cm)	H(cm)	Al (cm ²)	At(cm ²)	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Vigas de concreto reforzadas con fibras de acero (60 kg/m³).

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm ²)
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Probetas cilíndricas de concreto reforzadas con fibras de acero (80 kg/m³).

	B(cm)	H(cm)	Al (cm ²)	At(cm ²)	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Vigas de concreto reforzado con fibras de acero (80 kg/m³).

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm ²)
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la resistencia a la compresión

Concreto simple

Se empieza esta sección mostrando los resultados del ensayo de probetas cilíndricas sometidos a la compresión pura. Como se puede observar de la tabla presentada, se han presentado valores de hasta tres ensayos.

Tabla 15: Compresión de probetas cilíndricas a la edad de 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	16043	78.54	204.27
2	10.1	20.3	16517	80.12	206.16
3	10	20.3	15714	78.54	200.08
Promedio	10.0	20.3	16091.3	79.07	203.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Compresión de cilindros a los 14 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	18196	78.54	231.68
2	10.1	20.3	17695	80.12	220.86
3	10	20.3	16750	78.54	213.27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Compresión de probetas cilíndricas a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	23041	78.54	293.37
2	10.1	20.3	24333	80.12	303.71
3	10	20.3	18765	78.54	238.92
Promedio	10.0	20.3	22046.3	79.07	278.67

Fuente: Elaboración propia

Concreto reforzados con 40kg/m³ de fibras (2.5%)

Ahora se presentan los resultados del ensayo de probetas cilíndricas sometidas a la compresión axial para el caso de los concretos reforzados con fibras de acero al 2.5%. Asimismo, es importante indicar que se estudian las resistencias a la compresión y su evolución temporal.

Tabla 18: Compresión de probetas de concreto reforzado, a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	16693	78.54	212.54
2	10.1	20.3	16219	80.12	202.44
3	10	20.3	16001	78.54	203.73
Promedio	10.0	20.3	16304.3	79.07	206.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Compresión de probetas cilíndricas reforzadas, a los 14 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	16717	78.54	212.85
2	10.1	20.3	17514	80.12	218.60
3	10	20.3	18726	78.54	238.43
Promedio	10.0	20.3	17652.3	79.07	223.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Compresión de probetas cilíndricas reforzadas, a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	24104	78.54	306.90
2	10.1	20.3	21216	80.12	264.81
3	10	20.3	23287	78.54	296.50
Promedio	10.0	20.3	22869.0	79.07	289.40

Fuente: Elaboración propia.

Concreto con fibras al 60kg/m³ (4%)

Ahora se presentan los resultados del ensayo de probetas cilíndricas.

Tabla 21: Resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	14903	78.54	189.75
2	10.1	20.3	13839	80.12	172.73
3	10	20.3	14406	78.54	183.42
Promedio	10.0	20.3	14382.7	79.07	181.97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Compresión de las probetas cilíndricas a los 14 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	14606	78.54	185.97
2	10.1	20.3	15923	80.12	198.74
3	10	20.3	15642	78.54	199.16
Promedio	10.0	20.3	15390.3	79.07	194.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Compresión de las probetas cilíndricas a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	18791	78.54	239.25
2	10.1	20.3	18057	80.12	225.38
3	10	20.3	19485	78.54	248.09
Promedio	10.0	20.3	18777.7	79.07	237.57

Fuente: Elaboración propia.

Concreto reforzado con 80kg/m³ de fibras (5.2%)

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 5.2% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	12893	78.54	164.16
2	10.1	20.3	13245	80.12	165.32
3	10	20.3	11522	78.54	146.70
Promedio	10.0	20.3	12553.3	79.07	158.73

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	17441	78.54	222.07
2	10.1	20.3	15536	80.12	193.91
3	10	20.3	17975	78.54	228.86
Promedio	10.0	20.3	16984.0	79.07	214.95

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	10	20.3	18126	78.54	230.79
2	10.1	20.3	15754	80.12	196.63
3	10	20.3	18283	78.54	232.79
Promedio	10.0	20.3	17387.7	79.07	220.07

Evaluación del módulo de rotura

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 0% de fibras de acero.

Tabla 24: Ensayo a flexión de vigas de concreto a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	2438.75	74.92	32.55
2	15	15	45	2561.63	75.00	34.16
3	15	15	45.03	2662	74.95	35.52
Prom	15.0	15	45.03	2554.1	74.96	34.07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Ensayo a flexión de vigas de concreto a los 14 días de edad.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	2153.13	74.92	28.74
2	15	15	45	3326.31	75.00	44.35
3	15	15	45.03	2317.61	74.95	30.92
Prom	15.0	15	45.03	2599.0	74.96	34.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Ensayo a flexión de vigas de concreto a los 28 días de edad.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	2951.26	74.92	39.39
2	15	15	45	3009.39	75.00	40.13
3	15	15	45.03	2310.37	74.95	30.83
Promedio	15.0	15	45.03	2757.0	74.96	36.78

Fuente: Elaboración propia.

Concreto con 2.5% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 2.5% de fibras de acero.

Tabla 27: Ensayo de flexión del concreto reforzado, a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	2603.54	74.92	34.75
2	15	15	45	2796.54	75.00	37.29
3	15	15	45.03	2645.72	74.95	35.30
Promedio	15.0	15	45.03	2681.9	74.96	35.78

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Ensayo de flexión a los 14 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3510.48	74.92	46.86
2	15	15	45	3068.63	75.00	40.92
3	15	15	45.03	3070.98	74.95	40.97
Promedio	15.0	15	45.03	3216.7	74.96	42.92

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Ensayo de flexión a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3225.26	74.92	43.05
2	15	15	45	3439.71	75.00	45.86
3	15	15	45.03	4214.28	74.95	56.23
Promedio	15.0	15	45.03	3626.4	74.96	48.38

Fuente: Elaboración propia.

Concreto con 4% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 4% de fibras de acero.

Tabla 30: Ensayo de flexión del concreto a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	2941.8	74.92	39.27
2	15	15	45	2987.9	75.00	39.84
3	15	15	45.03	2815.8	74.95	37.57
Promedio	15.0	15	45.03	2915.2	74.96	38.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Resultados del ensayo de flexión a los 14 días

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3404.93	74.92	45.45
2	15	15	45	3485.46	75.00	46.47
3	15	15	45.03	3582.88	74.95	47.80
Promedio	15.0	15	45.03	3491.1	74.96	46.58

. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Ensayo de flexión a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3479.48	74.92	46.44
2	15	15	45	4195.11	75.00	55.93
3	15	15	45.03	3667.1	74.95	48.93
Promedio	15.0	15	45.03	3780.6	74.96	50.44

Fuente: Elaboración propia.

Concreto con 5.2% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados del ensayo a la flexión del concreto con 5.2% de fibras de acero.

Tabla 33: Resultados a los 7 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3143.78	74.92	41.96
2	15	15	45	3233.38	75.00	43.11
3	15	15	45.03	3439.77	74.95	45.89
Promedio	15.0	15	45.03	3272.3	74.96	43.66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Resultados acero a los 14 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	3439.71	74.92	45.91
2	15	15	45	3660.75	75.00	48.81
3	15	15	45.03	3675.1	74.95	49.03
Promedio	15.0	15	45.03	3591.9	74.96	47.92

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Resultados a los 28 días.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	15	15	45.05	5200.8	74.92	69.42
2	15	15	45	5012.58	75.00	66.83
3	15	15	45.03	6920.61	74.95	92.34
Promedio	15.0	15	45.03	5711.3	74.96	76.20

Fuente: Elaboración propia.

Efecto de la temperatura en la resistencia a la compresión del concreto

Como información adicional, se ha evaluado el impacto que tiene la temperatura en la resistencia a la compresión. De acuerdo con Gómez (2015), las temperaturas medias por debajo de 10°C llevan la resistencia a la compresión de un concreto de 30 MPa a valores de hasta 21MPa.

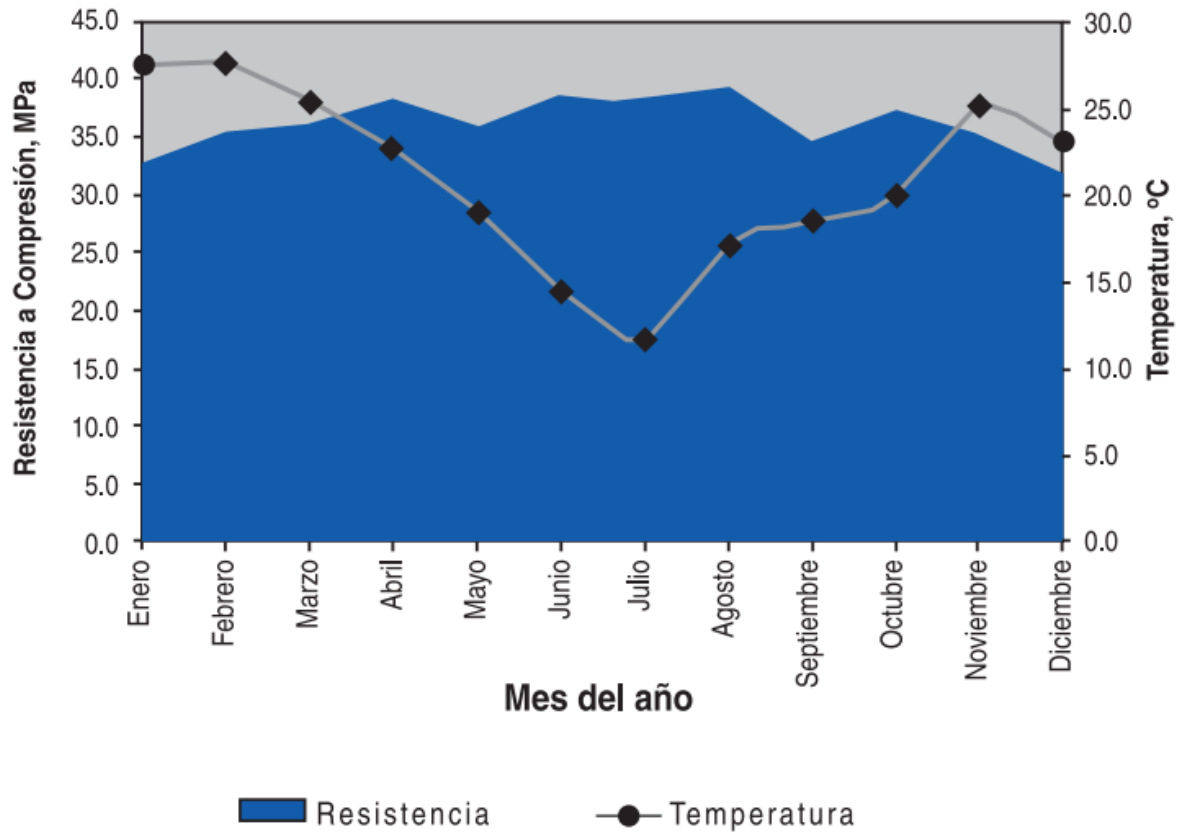


Figura 13: Efecto de la temperatura respecto a la resistencia de compresión.

Objetivo numero dos: Disminuir los niveles de agrietamiento del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero.

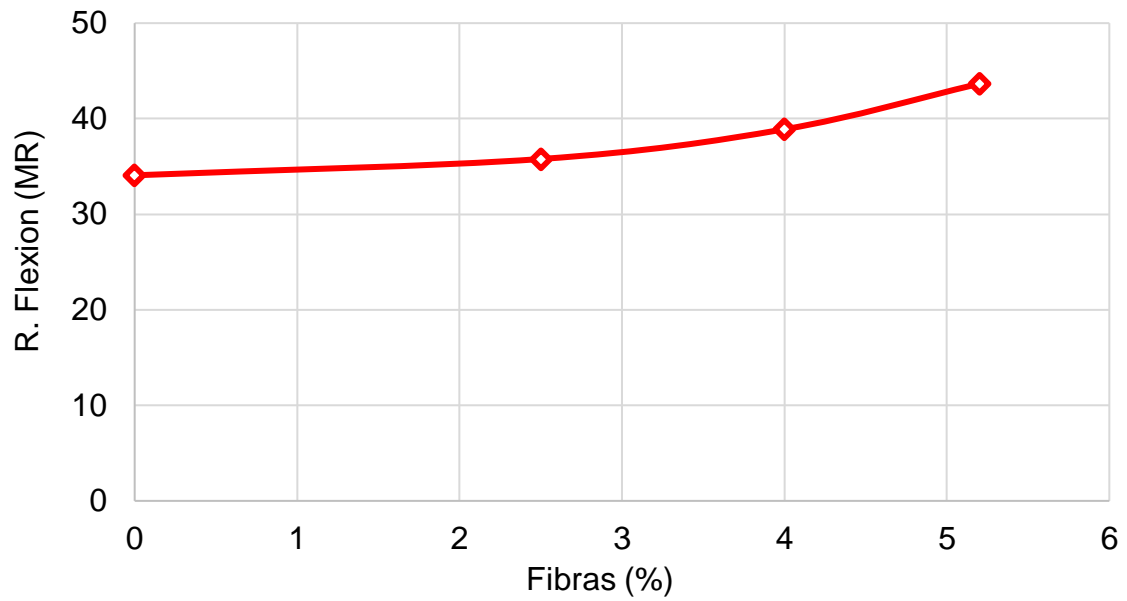


Figura 14: Modulo de rotura del concreto en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

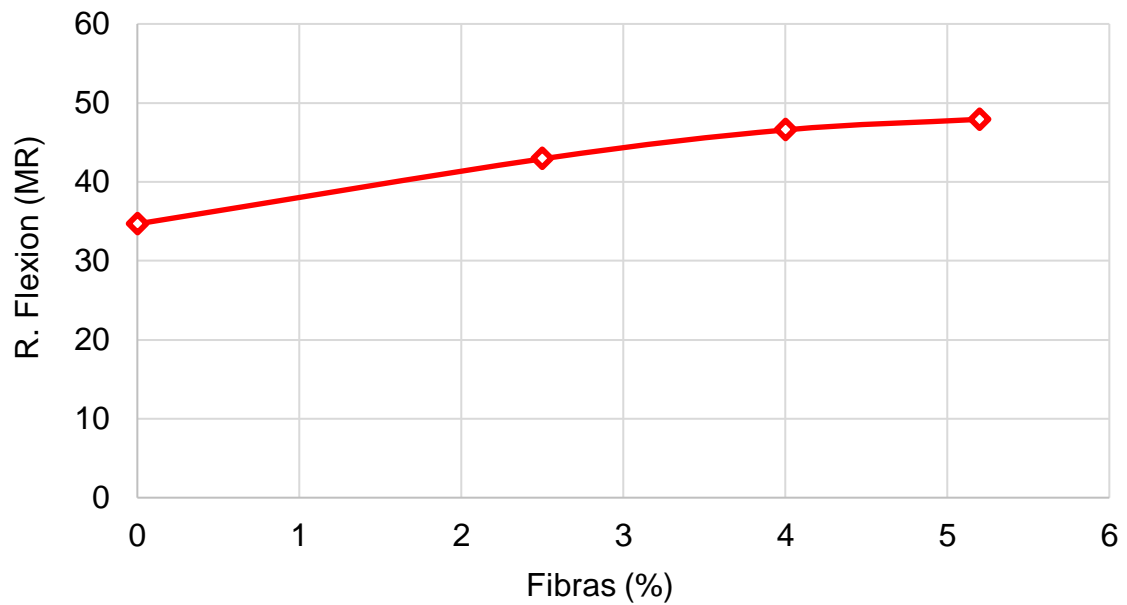


Figura 15: Modulo de rotura del concreto en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

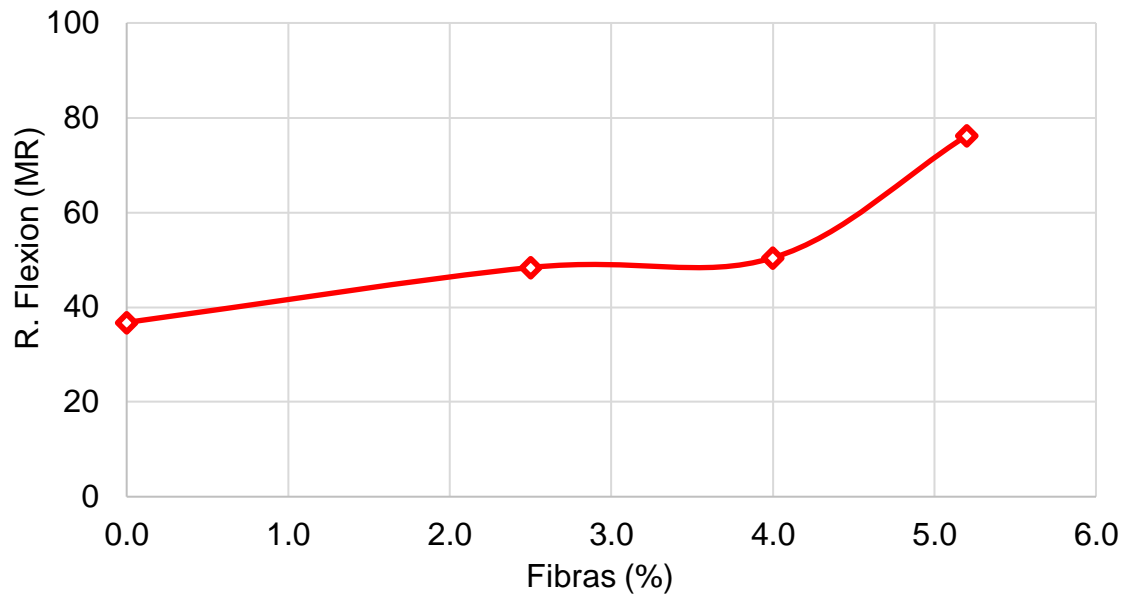


Figura 10: Modulo de rotura del concreto en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo número tres: Reducir el espesor del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021.

Procedimiento de diseño mecanicista

En esta sección se muestra el proceso de dimensionamiento de los espesores del pavimento rígido. Es importante enfatizar que a la fecha existen numerosos métodos de diseño de pavimentos rígidos; sin embargo, en este trabajo de investigación se ha decidido usar el método de diseño de pavimentos rígidos de la *American Asociation State of High way* (AASHTO). El proceso de diseño recomendado por la AASHTO se muestra de manera resumida en el siguiente gráfico.

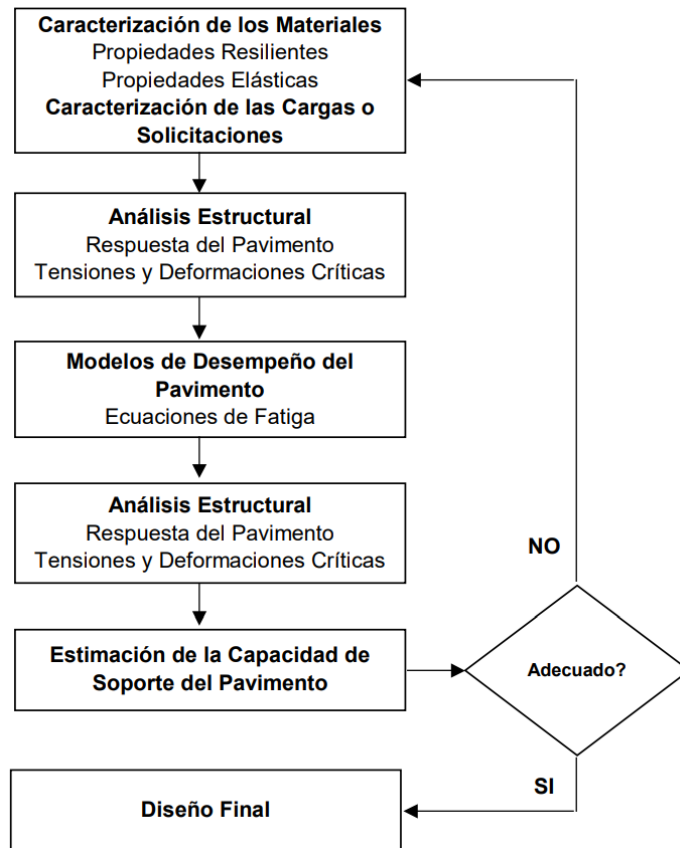


Figura 11: Proceso de diseño de pavimentos rígidos recomendado por la AASHTO. Montejo Fonseca, Alfonso (2006).

En este grafico se ve que como punto de partida se debe tener información relativa a las cargas y las cargas consideradas.

Una vez conocidas estas condiciones se deberán establecer las consecuencias de estas en la estructura del pavimento rígido, tales como, esfuerzos internos, desgaste, ente otros parámetros.

Factores de diseño

El diseño de pavimentos rígidos es un proceso basado en la mecánica de materiales que tiene como finalidad la determinación de las proporciones más adecuadas de los materiales que participa en la fabricación de los pavimentos rígidos. Existen numerosos métodos de diseño desarrollados por instituciones de gran prestigio como la *Portland Cement Association* (PCA) y la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO); tales técnicas tienen como objetivo final la determinación del espesor más adecuado de un pavimento,

de tal forma que exista un equilibrio entre los costos iniciales del proyecto y los costos para el mantenimiento de la vía que le permitan a la estructura mantener las condiciones de servicio para las que fue construida.

Cualquiera de las metodologías mencionadas previamente ha determinado cuatro factores básicos de diseño de pavimentos, estos son: El módulo de rotura, la subbase granular, el periodo de diseño y el nivel de tráfico al que la estructura se verá expuesta. A continuación se describen con cuidado estas variables.

Módulo de rotura

El módulo de rotura es la resistencia máxima que una viga, fabricada a partir del concreto del que se desea obtener información, puede resistir al aplicársele cargas de flexión pura. Este tipo de estado se induce a partir de la aplicación de cargas puntuales de la misma magnitud en los tercios del elemento, es importante aclarar que esta prueba debe realizarse a los 28 días de edad del concreto.

Módulo de reacción de la subrasante y la sub-base

De acuerdo con Monetejo (2006), el módulo de reacción es la fuerza aplicada al conjunto subrasante y sub-base, de tal manera que este alcance una deformación unitaria.

Tránsito

En el diseño de pavimentos, al igual que en el diseño de otro tipo de estructuras, es importante la determinación de los diferentes tipos de cargas que actuarán sobre la estructura estudiada durante su vida de diseño; ya que son precisamente estas las cargas que el pavimento deberá soportar de manera continua y manteniendo las características que lo hacen funcional.

En pavimentos, las cargas más importantes serán las transmitidas por el paso de los distintos tipos de vehículos que circulan por el segmento analizado, como puede observarse en la Figura, sin embargo, como se puede apreciar a simple vista, no es posible la determinación precisa del tipo de unidades que circularán en una vía dada, ni la disposición de los ejes que estos vehículos tendrán, lo que, en principio, dificulta el proceso de diseño.

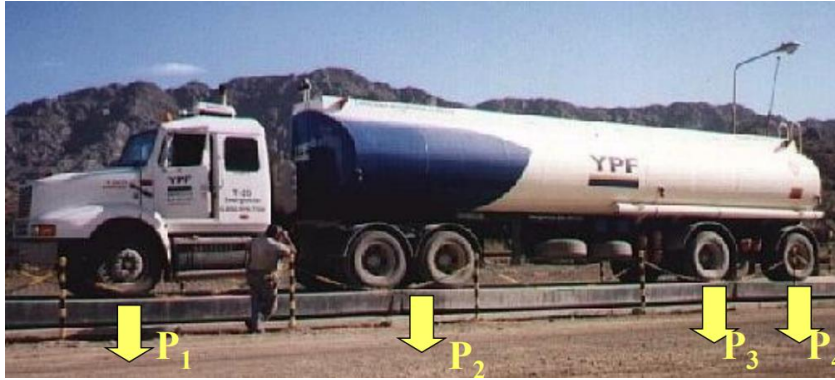


Figura 18: Cargas transmitidas por un camión al pavimento. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Sánchez Sabogal, Fernando (2006).

Con la finalidad de poder simplificar el proceso de diseño de pavimentos, se harán uso de las equivalencias dadas por la AASHTO. Este método consiste, esencialmente, en usar ejes simples de 8.2 t (81 kN), como patrón de cuantificación de las cargas transmitidas por un vehículo cualquiera, luego es posible establecer equivalencias para ejes simples de otros pesos mediante los denominados factores de equivalencia de cargas.

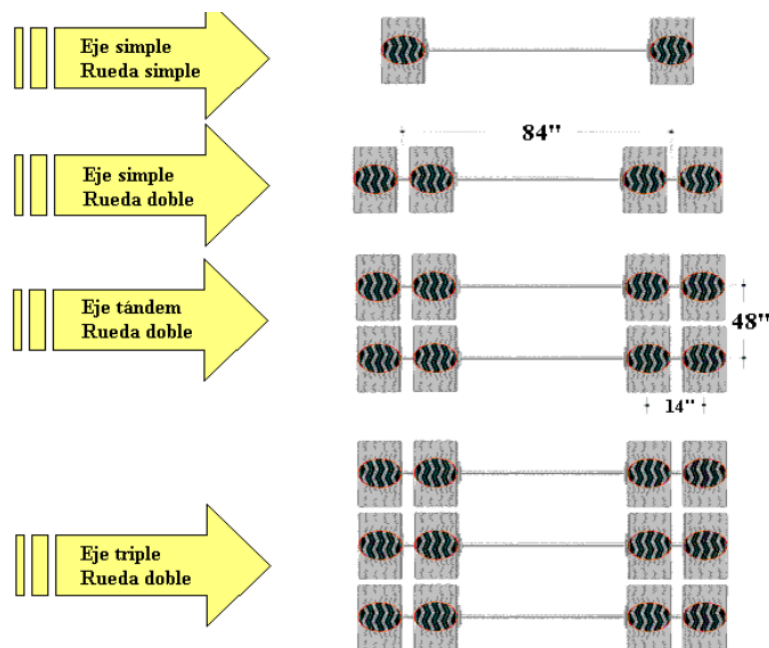


Figura 12: Tipos de ejes existentes, simple, tandem y tridem. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Sánchez Sabogal, Fernando (2006). Figura 13







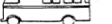

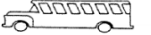

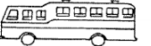



TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3		
				CAMION C4		
				TRACTO-CAMION C2-S1		
BUSES		BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S2	
		BUS			TRACTO-CAMION C3-S1	
		BUS METROPOLITANO			C5	TRACTO-CAMION C3-S2
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO			> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE					

Figura 20: Clasificación de vehículos típicos. Fuente: Ingeniería de Pavimentos. Montejo Fonseca, Alfonso (2006).

ESTUDIO DEL TRÁFICO

El estudio del tráfico es uno de los parámetros más importantes a la hora de diseñar un pavimento rígido. El estudio da inicio cuando se determinan los tipos de vehículos que suelen frecuentar por una vía específica, teniendo en cuenta que estos podrían cambiar en el tiempo una vez aperturada la vía. Otro parámetro importante es la determinación de las cargas que estos vehículos transmiten a través de los ejes de los que se componen; asimismo, otro parámetro importante a la hora de diseñar pavimentos rígidos es la determinación de las frecuencias con las que estas cargas se dan en el tiempo. Finalmente, un parámetro tan importante como los anteriores es la predicción del crecimiento de la demanda vehicular de la vía de estudio. Esto se puede hacer mediante el uso de modelos probabilísticos bien calibrados.



Figura 21: Estudio del impacto vehicular en las cargas transmitidas al pavimento rígido. Fuente:

Como resultar evidente de la discusión realizada previamente, resulta un proceso arduo y complejo tratar de modelar la aplicación de las cargas vehiculares sobre el pavimento rígido de manera usual, pues además de existir numerosos tipos de cargas, resultará evidente para el lector que estas cargas son dinámicas, y altamente variables en el tiempo, por lo que no tiene sentido modelar la demanda de cargas de manera puntual. En lugar de eso, las metodologías disponibles para el diseño de pavimentos rígidos introducen el concepto conocido ampliamente en los cursos de diseño de pavimentos rígidos como ESAL (*Equivalent Single Axes Line*) o número de ejes equivalentes simples. Este parámetro representa la suma total de las cargas aplicadas por cada eje o un eje simple equivalente. Este concepto aparece en las metodologías de diseño tanto del AASHTO, como la PCA, por lo que puede ser considerado como un concepto base en el diseño de pavimentos rígidos.

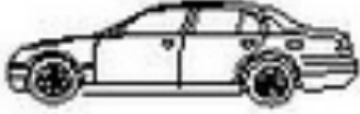

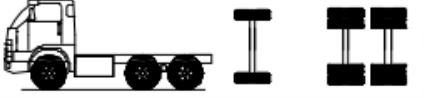

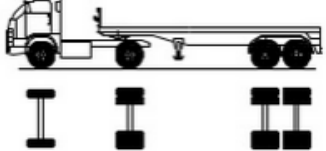
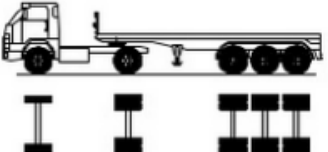
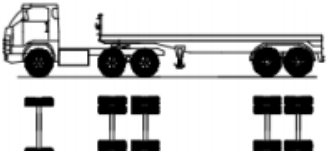
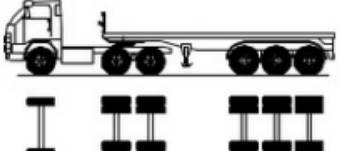
Índice medio diario anual

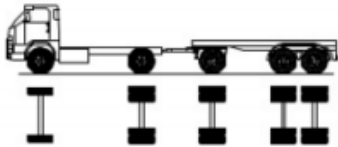
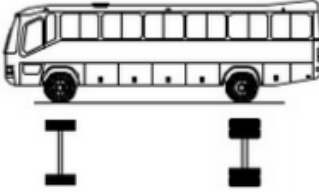
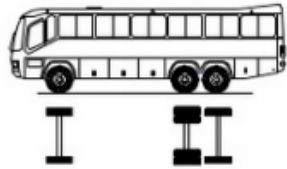
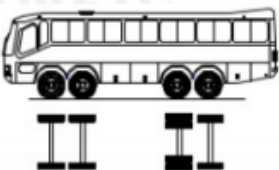
El índice medio diario anual es un parámetro que estima el promedio diario de vehículos que aparecen dentro de una determinada vía, usando datos medidos durante un año de medición. Es importante que el lector entienda que este es un promedio del número de vehículos que se espera ver en un día de tráfico ordinario.

Este estudio es importante, pues además de determinar la cantidad de vehículos que atraviesan en determinada zona al día, también deberá determinar los tipos de vehículos que atravesarán dicha vía, clasificándolas de acuerdo con una tipología dada por la propia metodología.

Algunos de los tipos de vehículos más frecuentes disponibles en la metodología AASHTO se muestran en las siguientes imágenes. De acuerdo con estas imágenes, el primer vehículo típico es el automóvil. En esta categoría entran todos los vehículos de dos ejes que llevan como máximo a cinco ocupantes. Después de esta categoría están las furgonetas o pequeños camiones con dos o tres y hasta cuatro ejes, tal como se muestra en la misma figura.

Se debe dejar claro al lector que un estudio de tráfico deberá almacenar tales datos, no solo la cantidad de veces que pasa por una determinada vía, sino el tipo de vehículo que pasa. Esto es necesario, pues de ninguna manera los efectos que un automóvil dejan sobre el pavimento son equivalentes a los efectos que un camión deja sobre el pavimento. Es importante entender también, que en el caso de pavimentos rígidos, la frecuencia de pocos camiones puede tener efectos significativamente menores a los efectos de muchísimos automóviles durante el periodo de vida útil de la estructura.

Configuración vehicular	Descripción gráfica	IMDA (vehículos/día)
Automóviles		2,320
C2		796
C3		101
C4		4
T2S2		5
T2S3		3
T3S2		12
T3S3		18

C2R3		10
B2		18
B3-1		14
B4-1		12
TOTAL		3,313

Una vez aclarados los conceptos anteriores, se debe comunicar que existe un método aproximado para la determinación del índice medio diario anual de los vehículos que circulan por determinada vía, y esta es, mediante el cálculo del índice medio diario semanal.

El índice medio semanal no es otra cosa que el promedio del conteo realizado en una semana de mediciones de los tipos y cantidad de vehículos que atraviesan determinada vía. Resulta evidente que el cálculo del índice medio diario semanal es un parámetro mucho más fácil de calcular que el índice diario anual; sin embargo, la normativa AASHTO establece una relación directa entre el índice diario medio anual y el índice medio diario semanal, por lo que el cálculo de uno ellos implica el conocimiento del otro. La expresión dada por la AASHTO viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Determinación del eje equivalente

Dentro de la metodología AASHTO el primer paso para la determinación de las cargas vehiculares esta la determinación del eje equivalente a todos los ejes equivalentes que pasarían por la vía analizada en un determinado periodo de tiempo. Este paso es absolutamente necesario pues, debido a la gran variedad de ejes provenientes de distintos tipos de vehículos, por su tamaño, modelo, entre otros, no resultaría práctico evaluar cada uno de los ejes.

Determinación del número total de repeticiones del eje equivalente

Una vez determinado el eje equivalente a considerar en el apartado anterior, es importante y crucial, determinar el número de veces que este eje equivalente se repetirá durante el periodo de vida útil del proyecto, o durante el periodo de vida esperado, a este parámetro se le denomina número total de repeticiones esperadas del eje equivalente o, por sus siglas en inglés, ESAL.

Periodo de diseño

El periodo de diseño es el lapso de tiempo deseado para la prestación del servicio por parte del pavimento. Durante este periodo de tiempo el pavimento debe cumplir con su función de manera ininterrumpida, por lo que apenas deberá ser necesario algún proceso de mantenimiento.

En los pavimentos rígidos, este lapso de tiempo es por lo menos de 20 años, sin embargo, de acuerdo con la American Association of State of Highway and Transportation (AASHTO), el periodo de diseño dependerá del tipo de carretera, tal como se muestra en la

Tabla.

Tabla 36: Periodo de vida útil de un pavimento rígido, en función del tipo de vía. Tomado de: American Association of State of Highway and Transportation (AASHTO, 2002)

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Determinación del espesor del pavimento

La determinación del espesor requerido de un pavimento, puede hacerse usando las expresiones propuestas por AASHTO (2002), tal expresión se muestra a continuación.

$$\log_{10} W_{82} = Z_t S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.25 \cdot 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log_{10} \left[\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{\left[0.09D^{0.75} - \frac{23.24}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Aunque el cálculo del espesor de un pavimento, usando la expresión anterior, resulta algo tediosa, especialmente si se resuelve manualmente, en la actualidad es posible programar dicha expresión en hojas de cálculo, lo que no permitiría determinar el espesor de un pavimento de manera rápida; sin embargo, la solución de tal ecuación ha sido publicada por la AASHTO, mediante el uso de ábacos de cálculo tales como los mostrados en las Figura 22 y Figura 23.

El uso de estos ábacos es relativamente sencillo y empieza por conocer el módulo de balasto del suelo de fundación, es así que, si este valor es conocido, se debe levantar una línea vertical desde este punto hasta interceptar la línea que define el módulo de elasticidad del concreto usado, tal como se puede observar en la

Figura . A partir de este punto se traza una línea horizontal hasta interceptarla en el punto que coincide con el módulo de rotura, de ahí se debe trazar una línea que se dirija al valor del coeficiente transmisión de cargas, seguidamente y a partir de

este punto se traza una nueva línea que se dirija hasta el punto que coincida con el coeficiente de drenaje, y extender esta hasta que corte la línea denominada como línea de encuentro, la que nos permitirá conectar con la carta mostrada en la Figura 23.

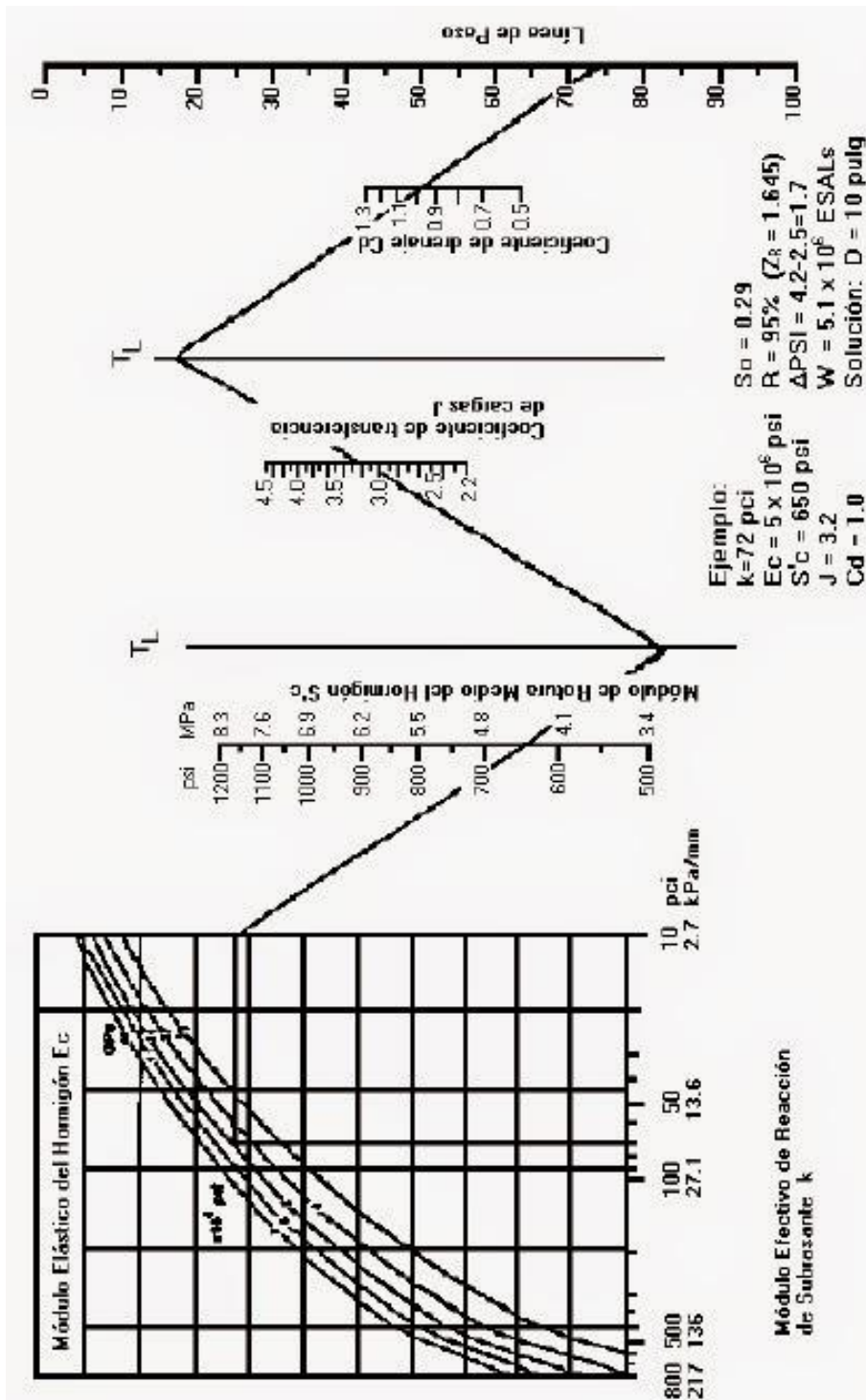


Figura 22: Carta de diseño de pavimentos rígidos, de acuerdo con el método de la AASHTO. Tomado de Ingeniería de pavimentos. Montejó Fonseca Alfonso (2006).

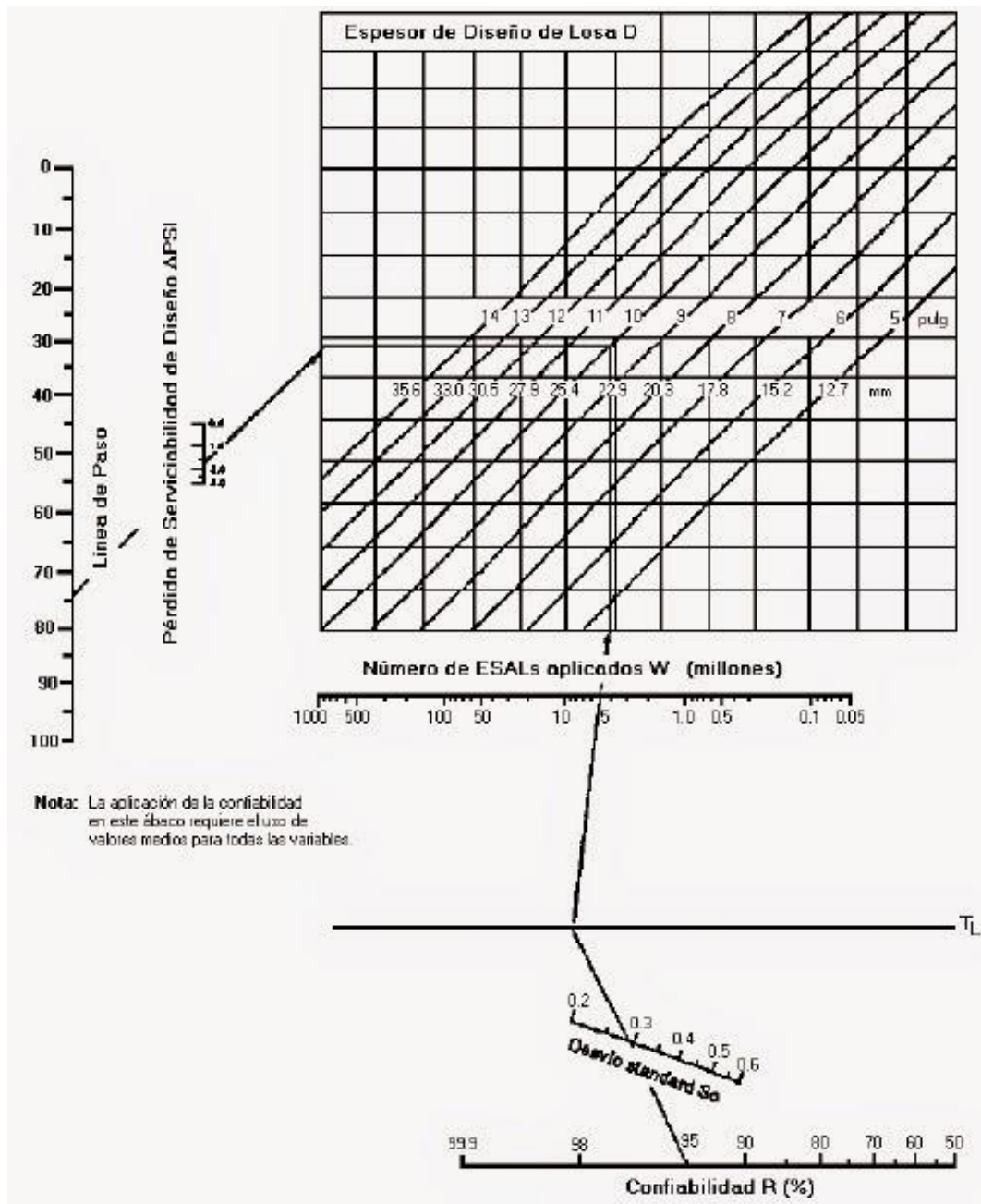


Figura 23: Carta de diseño de pavimentos rígidos, de acuerdo al método de la AASHTO. Tomado de Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso (2006).

A partir de la carta mostrada en la Figura , se debe trazar una línea que se dirija hasta el valor de la desviación estándar S_o , y prolongar esta línea hasta cortar la línea horizontal son unidades, tal como se observa en el mismo gráfico. Finalmente, a partir del punto anterior trazar una línea que una este punto con el número equivalente de ejes estimados, ya que a partir de este punto se debe trazar una

vertical, la que finalmente se interceptará con la línea horizontal trazada en la carta anterior.

Aplicación en el diseño de un pavimento rígido

Con la finalidad de demostrar que la aplicación de un concreto reforzado con fibras de acero obtenidas de neumáticos reciclados, en esta sección se procede a diseñar un pavimento rígido, mediante el uso de la metodología del AASHTO. Adicionalmente se ha modelado el comportamiento mecánico de un pavimento rígido de concreto mediante la aplicación de la herramienta de análisis SAP 2000.

Diseño por el método AASHTO

Como se ha mencionado líneas arriba, el diseño de un pavimento rígido depende de una serie de parámetros, específicamente, el módulo de balasto (k), el módulo de elasticidad del concreto (E_c), el módulo de rotura (M_r), coeficiente de transferencia de cargas (J), coeficiente de drenaje (C_d), la pérdida de servicialidad deseada en el diseño (ΔPSI) y el número de ejes equivalentes actuantes durante el periodo de diseño del pavimento (W_o).

Es importante recordar que la presente investigación tiene como objetivo general la mejora de la resistencia a la tracción del concreto convencional, por lo que podemos decir que la única variable que podemos controlar dentro de este trabajo es el módulo de rotura, es decir M_r . Las demás variables, como el número de ejes equivalentes, parámetro que representa la demanda de cargas inducidas por el tráfico, no pueden ser contraladas.

Con estas aclaraciones, se presenta el diseño del espesor de un pavimento rígido, que deberá estar apoyado sobre una fundación con un módulo de reacción $k=2200$ t/m³, concreto con una resistencia especificada a la compresión de $f'c=350$ kg/cm², por lo que tendrá un módulo de elasticidad de $E=3.1(10^6)$ t/m², el coeficiente de transferencia será de 3.2, el coeficiente de drenaje $C_d=1$, la pérdida de servicialidad fue de $\Delta PSI = 1.7$ y un total de $5.1(10^6)$ de ejes equivalentes.

Es importante aclarar que los resultados mostrados de aquí en adelante se hicieron considerando un 95% de confiabilidad y una desviación estándar del 0.29, y que el módulo de rotura del concreto sin fibras fue de $M_r=46$ kgf/cm² (650 psi).

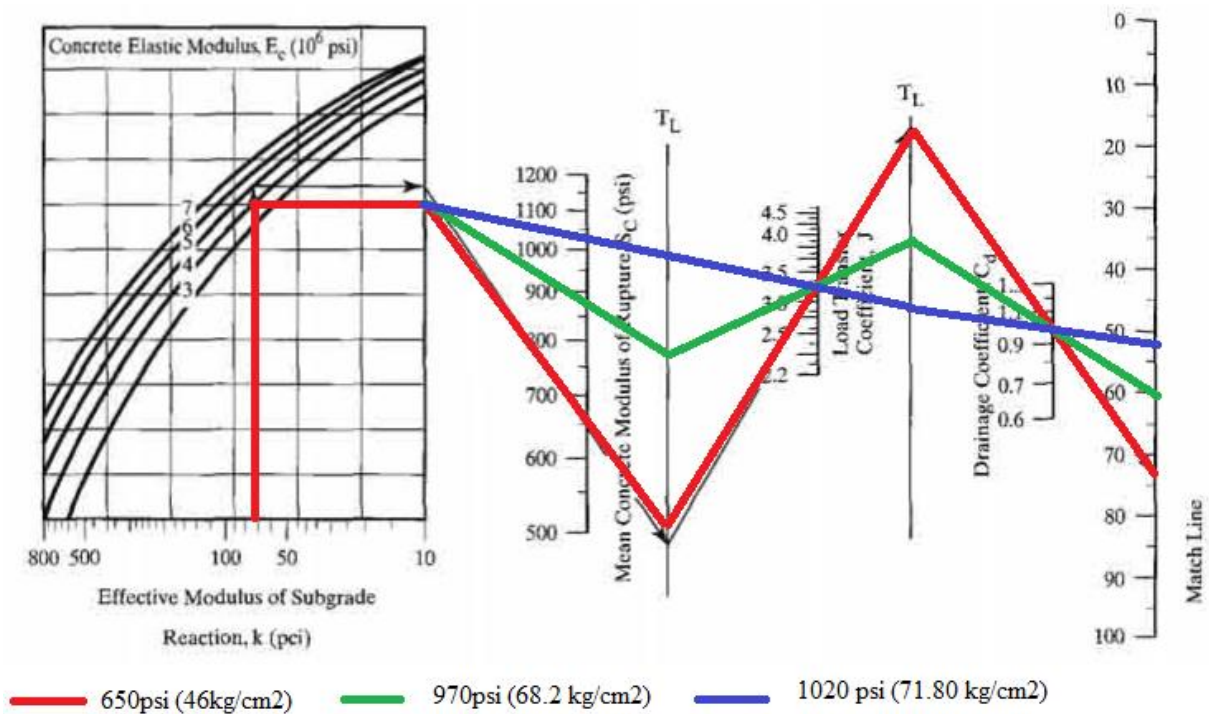


Figura 24: Variación en el valor de la línea objetivo, en función del módulo de rotura. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura , en línea continua de color rojo, se muestra la determinación del valor de la línea objetivo, de acuerdo al procedimiento de diseño establecido por la AASHTO, para el caso en que el módulo de rotura es igual a $M_r = 650$ psi (46 kgf/cm^2), como se puede observar, de acuerdo con este gráfico, este valor fue de 75. En la Figura , se muestra el cálculo del espesor del pavimento, correspondiente al módulo de rotura establecido, mismo que fue determinado en 10 in (25.4 cm).

Esto nos dice entonces que el espesor requerido de un pavimento de concreto armado que soportará una carga equivalente a 5 millones de ejes simples durante su periodo de vida útil, y esperando que haya una caída de servicialidad de $\Delta PSI = 1.7$, requerirá un espesor de por lo menos 25.4 cm.

Sin embargo, en este trabajo se han incorporado fibras de acero de neumáticos reciclados a la mezcla diseñada para tener una resistencia especificada a la compresión de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, y se han encontrado incrementos notables en el

módulo de rotura, en este caso, se ha obtenido que si se agregan 3.2% de fibras en peso o 1.5 kg de fibras por probeta ensayada, el módulo de rotura promedio llegó a 68.2 kgf/cm².

Entonces si se usara un concreto reforzado con fibras recicladas, encontraríamos una reducción notable del espesor del pavimento rígido, esto se puede observar de las Figura 24 y Figura 25, específicamente de los valores numéricos encontrados al trazar la línea continua en color verde, en el que podemos apreciar que debido al incremento del módulo de rotura, el espesor requerido del pavimento rígido fue de 8.5 in (22 cm), es decir, se obtuvo una reducción del 15% del espesor del pavimento con un incremento en el módulo de rotura de 48%.

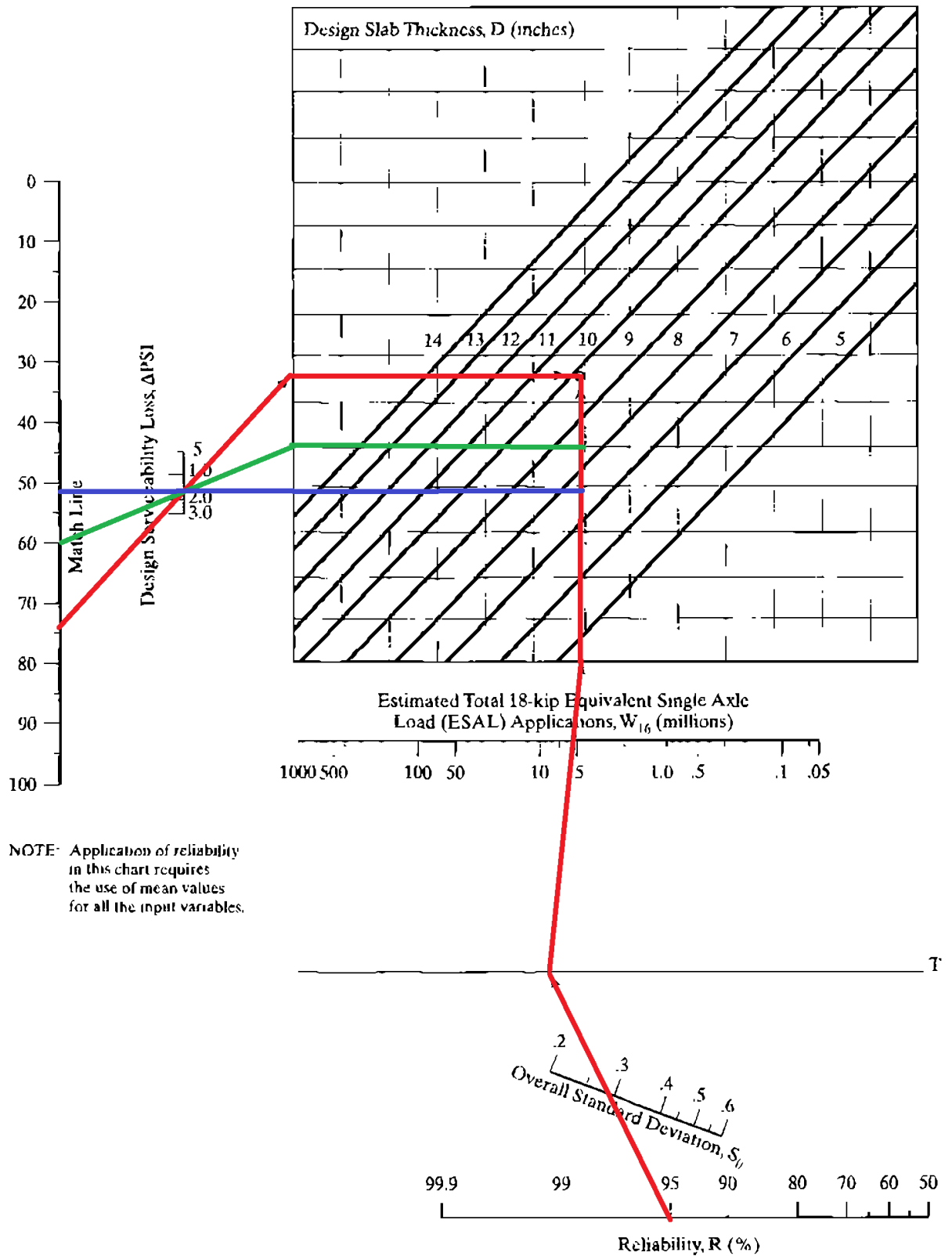


Figura 25: Determinación del espesor requerido del pavimento rígido, en función del módulo de rotura del pavimento. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como resultado del concreto reforzadas con fibras de acero obtenidas del reciclaje de neumáticos, se encontró que el valor máximo del módulo rotura fue de 71.80 kgf/cm² (1020 psi), valor con el que se aplicó nuevamente el procedimiento de diseño establecido por la AASHTO. En las figuras ya mencionadas, se muestra en línea continua azul, los resultados obtenidos, tomado en cuenta que el único parámetro cambiante es el módulo de rotura. Así se encontró que el espesor del pavimento fue de 7.80 in (19.81 cm). En la Figura 26 se muestra un resumen de estos resultados.

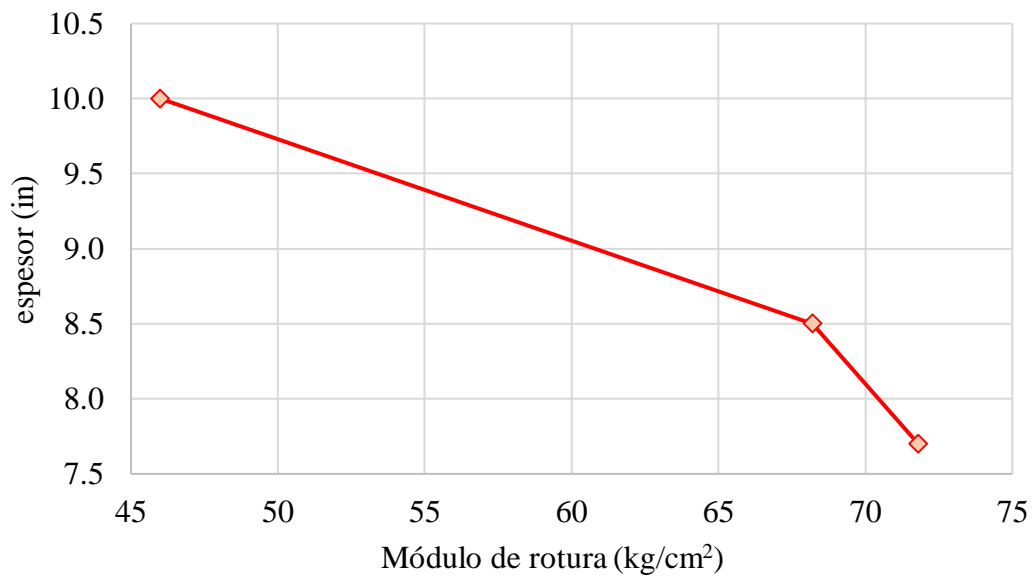


Figura 26: Espesor del pavimento en función del módulo de rotura.

Objetivo número cuatro: En este capítulo se presenta la evaluación de costos de fabricación de concretos reforzados con fibras de acero frente a los concretos reforzados de manera convencional. Como se puede apreciar de la tabla adjunta el costo de fabricar concretos con fibras tuvo un costo ligeramente mayor al concreto convencional, esto fue debido a que las fibras de acero usadas tuvieron un costo de 25 soles por metro cubico de mezcla de concreto.

Tabla 37: Costos de fabricación de concreto reforzados con fibras de acero contra los costos de fabricación de concretos convencionales.

	Con fibras	Sin fibras
Material	Costo (s/)	Costo (s/)
Cemento	180	180
Agua	0	0
Agregado grueso	70	70
Agregado fino	70	70
Fibras de acero	25	0
Total	345	320

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla adjunta se muestran los costos asociados a cada uno de los insumos requeridos para la fabricación del concreto reforzado con fibras de acero, así como los concretos sin fibras de acero. Como se puede observar, en cada caso la cantidad de acero es la misma, y por tanto el mismo costo, mismo que resulto ser de s/.180. En el caso de los agregados grueso y fino, estos tuvieron ambos el mismo costo en diseño de mezclas; sin embargo, los costos asociados a las fibras de acero resultaron ser mayores en el caso del concreto reforzado con fibras de acero.

A primer vista podría parecer que el uso del concreto reforzado con fibras de acero es demasiado elevado, sin embargo, esto debe observarse considerando el beneficio de usar concretos con fibras de acero, ya que estos generan pavimentos mas duraderos y con menos espesor.

V. DISCUSIÓN

El análisis de los resultados presentados en el capítulo correspondiente mostró que el concreto reforzado con fibras de acero presentó mejores características que el concreto simple. De hecho, se ha encontrado que muchos de estos resultados fueron mayores al concreto convencional, tales como la resistencia a la tensión y el módulo de rotura. Estos resultados están de acuerdo con los resultados presentados por Román (2015). Este autor encontró que el uso de las fibras de acero permite mejorar de manera sustancial el módulo de rotura del concreto, así como una mejora sustancial de la resistencia a la tracción. De igual forma, Valencia y Quintana (2015) encontraron efectos beneficiosos en el concreto reforzado con fibras de acero. Los resultados encontrados muestran que en general el concreto reforzado con fibras de acero disminuyó notablemente el agrietamiento del concreto por contracción plástica.

De acuerdo con Onuagaluchi (2017), el concreto convencional es uno de los materiales de construcción más usados a nivel mundial. Esto es en gran medida por las excelentes propiedades de este material tanto en su estado fresco como en su estado endurecido. Dentro del Estado fresco se puede mencionar la trabajabilidad del concreto.

La trabajabilidad del concreto es una propiedad del mismo que le permite adaptarse a los recipientes que lo contienen o dicho de otra forma es una propiedad que le permite adoptar la forma del recipiente que lo contiene o en términos constructivos le permite adaptarse a la cimbra o encofrado que se disponga. Esta es sin duda una de las mejores propiedades del concreto, pues esto permite la fabricación de elementos estructurales de forma muy variadas haciendo al concreto uno de los materiales más efectivos dentro de la industria de la construcción.

En su estado endurecido el concreto goza igualmente de propiedades excelentes en la construcción, siendo una de estas, la resistencia a la compresión. Y es que conviene recordar que el concreto endurecido es un material que resiste elevados esfuerzos de compresión axial, técnicamente alcanzando valores que oscilan desde los 100 kilos por centímetro cuadrado hasta los 1500 kilos por centímetro cuadrado en el caso de concretos fabricados mediante el uso del micro sílice.

Aunque estas características le han valido al concreto se reconocido como uno de los materiales de construcción más importantes dentro de la ingeniería moderna existen también algunas deficiencias de este que impiden su aplicación directa en muchos otros proyectos de construcción La principal deficiencia del concreto convencional es su escasa y casi nula resistencia a la tensión siendo este valor de acuerdo con el American concrete institute (ACI 2018) un décimo de su resistencia a la compresión Esto Cómo Es evidente resultado un valor demasiado pequeño para las aplicaciones de elementos estructurales sometidos a flexión pura Este hecho obliga a los ingenieros a la combinación del concreto con materiales resistentes en tensión tales como el acero estructural Y efectivamente el concreto en sus aplicaciones estructurales usualmente es combinado con otros materiales de construcción el material idóneo y predominante dentro de la industria de la construcción es el acero Este hecho ha dado origen a uno de los materiales más exitosos dentro de las aplicaciones de la ingeniería en la historia de la humanidad y es el concreto armado

Sin embargo, a menudo resulta interesante pensar en las aplicaciones que podría tener el concreto convencional si su módulo de rotura o resistencia a la tensión tuvieran un orden de resistencia comparable a su resistencia a la compresión. Es así que nace la idea de mejorar las propiedades naturales del concreto mediante la adición de materiales externos a este y que podría garantizar un incremento sostenido del módulo de rotura.

La inspiración para las ideas que se presentan en este trabajo de investigación viene de larga Data siendo el origen usual la preparación de adobe reforzado con paja o fibras de paja o fibras de cabellos de animales usados en las civilizaciones más remotas de las que se tiene noticias

Es así que en este trabajo de investigación se pretende la mejora del concreto convencional mediante el uso de fibras de acero obtenidas de diversa naturaleza De hecho el presente Trabajo de investigación ha centrado su atención en el uso de fibras de acero comerciales tipo wirán disponibles en el mercado local peruano

Los resultados obtenidos de la aplicación de las fibras de acero consideradas en este análisis han mostrado como ya se mencionó que el concreto reforzado con

fibras de mejora sustancialmente las propiedades del concreto convencional. De hecho como ya se comentó se ha encontrado una mejora notable en la resistencia a la tensión y la resistencia a la flexión conocidos Como el módulo de rotura.

Conviene recordar también, de los resultados presentados, que no se ha observado un efecto directo apreciable y cuantificable de las cantidades de fibras de acero vertidas en el concreto y su impacto en la resistencia a la compresión, dicho de otra forma, no se puede relacionar directamente el contenido de fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto ya que de los datos algunos contenidos de fibra han generado incremento de la resistencia a la compresión mientras que otros han logrado un decremento en la misma y al ser el efecto relativamente pequeño, menor al 10% de la resistencia a la compresión especificada, no ha sido posible concluir si el contenido de fibras mejora o desmejora la resistencia a la compresión del mismo.

Conviene recordar que estos resultados están de acuerdo con los resultados presentados por otros autores mismos que han sido citados en párrafos anteriores por lo que se concluye que la resistencia a la compresión es independiente del contenido de fibras de acero en el concreto al menos hasta tener 9 evidencia de futuros trabajos de investigación

En cuanto al agrietamiento del concreto se observó que este disminuyó notablemente ya que el módulo de rotura del concreto se incrementó hasta en un 75%. Estos resultados son muy parecidos a los encontrados por otros autores tales como Onuagaluchi (2017), quien encontró que el concreto reforzado con fibras de acero logró incrementar sostenidamente su módulo de rotura, logrando, por supuesto que los niveles de agrietamiento disminuyan considerablemente. Otro autor de renombre que estudió de manera detalladamente fue Domski et. al (20417). Este autor mostró que efectivamente, el agrietamiento del concreto disminuyó hasta en un 40% debido a la acción aglutinante de las fibras de acero colocadas en la matriz.

En cuanto al espesor del pavimento rígido, los resultados encontrados mostraron que es posible disminuir el espesor del pavimento rígido de 27.5cm a 20cm. Estos datos están de acuerdo con los resultados obtenidos por autores como De la cruz

(2015). Este autor encontró que el uso de concretos reforzados con concretos reforzados con fibras de acero resulto ser más eficiente que el uso de concretos convencionales, se encontró que una de las características más importantes es que el concreto reforzado con fibras de acero permitían reducir el espesor del pavimento rígido de manera considerable.

En cuanto a los costos de fabricación de concretos reforzados con fibras de acero, se puede comentar que, de acuerdo con los resultados obtenidos, los costos asociados a la fabricación de este tipo de concretos resultaron ser mucho más elevados que los concretos convencionales. Esto se debido, sin lugar a dudas, debido a que la incorporación de las fibras de acero requiere del uso de fibras de acero, insumo que no es barato. Asimismo, la incorporación de fibras de acero provoca que la trabajabilidad del concreto disminuya por lo que se requiere de mayores cantidades de agua, lo que a su vez demanda de mayores cantidades de cemento. Estos resultados son compatibles con los resultados encontrados en los trabajos de De la cruz (2017), quien reportó sobrecostos de hasta un 35% en la fabricación de concretos reforzados con fibras de acero al ser comparadas con los costos necesarios al preparar concretos simples.

VI. CONCLUSIONES

- De la investigación bibliográfica sobre el efecto que presentan las fibra de acero en la resistencia del pavimento rígido, se encontró que la resistencia del pavimento rígido depende directamente del módulo de rotura del concreto; además, se observó que a medida que se incrementan las cantidades de acero en el diseño de mezclas el parámetro módulo de rotura se incrementó de manera notable, por lo que la resistencia flexional también se incrementará al ser usado en el diseño de pavimentos rígidos.
- El agrietamiento del pavimento rígido se debe a la baja resistencia a la tracción del concreto, mismo que puede ser debido a las cargas transversales al plano de estudio. Además, debido a que, del primer acápite de conclusiones propuestas, se concluye que el agrietamiento disminuirá aproximadamente en un 25% con respecto de las grietas en unos concretos convencionales, esto es debido a que los pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero logran evitar la propagación de las grietas debido a las fibras de acero.
- Según los resultados obtenidos del análisis de los datos, así como de la aplicación del método al caso de estudio (AASHTO), se encontró que el uso de concretos reforzados con pavimentos rígidos permitió reducir los espesores del pavimento rígido o hasta en un 25%.
- De acuerdo con resultados obtenidos, el costo de fabricación de los concretos reforzados con fibras de acero resultó ser mucho mayor al costo del concreto simple, aun así, de los resultados de comportamiento se prevé también que se requieran menores cantidades de concreto.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la incorporación de fibras de acero al concreto usado para el desarrollo de pavimentos rígidos, pues se ha encontrado que el resultado es un material con un comportamiento mecánico muy superior al concreto convencional. De hecho, se ha encontrado que la resistencia se incrementó en un 75%.
- Se recomienda minimizar y evitar el agrietamiento del pavimento rígido mediante el uso de concretos reforzados con fibras de acero, pues como se ha visto de los resultados las fibras de acero minimizan el agrietamiento del concreto.
- Se recomienda el uso de pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero como una alternativa para la mejora del pavimento. En este sentido y de acuerdo con los resultados encontrados, el espesor del pavimento rígido fue menor al espesor del concreto convencional.
- Se recomienda el estudio del impacto de las formas de las fibras de acero en la resistencia flexional del concreto, pues existe incertidumbre de si la relación de aspecto de las fibras de acero tendrá un impacto en este parámetro. Asimismo, se recomienda revalorar el impacto de las investigaciones bibliográficas dentro de la ingeniería peruana, en especial dentro del contexto de la pandemia por el COVID 19, pues se permite tener información útil y fiable sin la necesidad de prolongadas e innecesarias exposiciones.

REFERENCIAS

1. ABDUL, Aida; KADIR, Mariyama y LION, Lim. Strength and deformation behavior of concrete incorporating steel fibre from recycled tyre. New York. Proceedings of the international Civil and Infrastructure Engineering Conference, pp.109-117, 2015.
ISSN 2224-445X
2. AHMADI, Mohsen, y otros. Mechanical properties of the concrete containing recycled fibers and aggregates. New York. Construction and Building Materials, p.57, 2017.
ISSN: 0301-0546
3. AZEVEDO, F., y otros. Properties and durability of HPC with tyre rubber waters. Construction and Building Materials, 2015.
4. CAGGIANO, Antonio, y otros. Experimental Characterization of the post-cracking response in Hybrid Steel/Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete. New York. Construction and Building Materials, pp. 1035-1043, 2016.
ISSN 0365-5148
5. CÁNOVAS, M. Hormigones reforzados con fibras de acero. Madrid: Consejo superior de Investigaciones Científicas, 2015.
ISSN: 0001-6519
6. CENTONZE, G., LEONE, M. y AIELLO, M. Fibras de acero de neumáticos de desecho como refuerzo en el hormigón: Caracterización mecánica. Construction and materials, pp. 46-57, 2015.
ISSN: 0028-0836
7. CORCINO Albornoz, Vanessa. Estudio comparativo del concreto simple reforzado con fibras de acero dramix y wirand empleando cemento andino tipo v. Tesis de grado. Lima: URP, 2016.
8. CÓRDOVA, Claudia; CUÉLLAR, Liseth y GUIADO, Mayra. Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero wiran producidas en Italia y las producidas en Perú. Tesis de grado. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), 2015.
9. DE LA CRUZ, Rolando y QUISPE, Walter. Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en

- la provincia de Huamanga-Ayacucho. Tesis de grado. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015.
10. DOMSKI, Jacek, y otros. Comparison of the mechanical characteristic of engineered and waste steel fiber used as reinforcement for concrete. New York. Journal of Cleaner Production, pp. 18-28, 2017.
ISSN 1514-2590.
 11. FLORES MEDINA, Nelson, y otros. Mechanical and thermal properties of concrete incorporating rubber and fibres from tyre recycling. New York. Construction and Building Materials, p.13, 2017.
ISSN: 0210-4806
 12. GALLO-Arciniegas, Lina, Gonzales Peñuela, Giovanni y Carrillo León, Julián. 2016. Comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306 sometido a esfuerzos de compresión. Tesis de grado. Colombia: Universidad Militar de Nueva Granada, 2016.
 13. GUO, Y.C., y otros. Fracture behaviors of a new steel fiber reinforced recycled aggregate concrete with crumb rubber. New York. Construction and Materials, p.36, 2015.
ISSN: 0122-7262
 14. HERNÁNDEZ S., Roberto, FERNÁNDEZ C., Carlos y BAPTISTA L., Pilar. Metodología de la Investigación. Iztapalapa: Mc Graw Hill interamericana EDITORES, SA DE C.V, 2015.
ISBN 978-1456260965
 15. HERNÁNDEZ-Sampieri, R. & MENDOZA, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018.
ISBN: 978-1-4562-6096-5.
 16. JAFARIFAR, Naeimeh, PILAKOUTAS, Kypros y BENNETT, Terry. The effect of shrinkage cracks on the load bearing capacity of steel-fibre-reinforced roller-compacted-concrete. New York. Materials and Structures, p.15, 2015.
ISSN:2223-8492
 17. JAIME y PORTOCARRERO. Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural. Tesis de grado. Piura: Universidad Privada del Norte, 2018.

18. JIAN-HE, Xie, y otros. Compressive and flexural behaviors of a new steel-fibre-reinforced recycled aggregate concrete with crumb rubber. New York. Construction and materials, p.12, 2015.
ISSN 1666-2054.
19. LAO, Wendy Jaqueline. Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa. Tesis de grado. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015.
20. MARMOL, Patricia. Hormigones con fibras de acero características mecánicas. Tesis de grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
21. MENDOZA, Juan y VILLA, Manuel. Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimentos rígidos con fibras metálicas sintéticas. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Militar de Nueva Granada, 2015.
22. MEDINA, César; WENZHONG, Zhu y TORSTEN, Howind. Influence of mixed recycled aggregate on the physical mechanical properties of recycled concrete. School of Engineering, Department of Construction, UEX-CSIC Partnering Unit, University of Extremadura, 2017.
ISSN1144-875
23. ONUAGULUCHI, Obina, y otros Performance of scap tire steel fibres in OPC and alkali-activated mortars. New York. Materials and Structures, 2017.
ISSN 2007 - 7467
24. PAPAKONSTANTINO, Christos y Tobolski, Matthew. Use of waste steel beads in portland cement concrete. New York. Cement and Concrete Research, pp. 1686-1691 ,2015.
ISSN 2706-6339
25. ROMAN, Jorge. Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
26. SANCHEZ, Elvis y TAKAHASHI, Víctor. Influencia de la adición de tierra de diatomeas en el potencial de corrosión del acero ASTM A 615 dentro del concreto reforzado elaborado con cemento portland Tipo I y cemento Tipo ICO en el distrito de Máncora – Piura. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte, 2018.

27. SENGUL, Ozkan. Mechanical behavior of concretes containing waste steel fibres recovered from scrap tires. New York. Construction and Building Materials, pp. 649-658.
ISSN: 0301-0546
28. SOTIL, Alfredo y ZEGARRA, Jorge. 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. Lima. Tesis de grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2015.
29. SIKA. 2015. Concreto reforzado con fibras. Lima: s.n., 2015.
30. SILVA SANTISTEBAN, Herbert. 2015. Concreto reforzado con fibra natural. Lima. Tesis de grado. UNI, 2015.
31. AIELLO, M.A., y otros. Use of steel fibres recovered from waste tyres as reinforcement in concrete: Pull-out behaviour, compressive and flexural strength. Waste Management, pp. 1960-1970, 2015.
ISSN:2412-5768
32. VALENCIA, Plinio y QUINTANA, Cristian. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
33. ZAMANZADEH, Ziaaddin y BARROS, Joaquim. Recycled steel fibre reinforced concrete failing in bending and in shear. New York. Construction and Materials, p.10, 2015.
ISSN: 2666-2752

ANEXOS

ANEXO 3

Matriz de operacionalización de variables


VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Fibras de acero	Son filamentos hechos con base en acero estructural (PCA, 2015).	<ul style="list-style-type: none"> - Se hará el ensayo de tracción del acero. -Se hará uso del micrómetro. -Se hará uso de wincha. 	<ul style="list-style-type: none"> -Resistencia a la tensión -diámetro de las fibras -Longitud de las fibras 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerte, moderado, ninguno - Grande, mediana, pequeña. - Grande, mediana, pequeña. 	Intervalo
Pavimento rígido	Estructura capaz de transmitir cargas vehiculares al terreno de fundación (Montejo Fonseca, 2017).	<ul style="list-style-type: none"> -Se hará uso de la Maquina de los ángeles. -Se hará uso de la Maquina Universal. -Se hará uso de la wincha. 	<ul style="list-style-type: none"> -Resistencia al desgaste -Resistencia a la tensión. -Espesor de pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> -Fuerte, moderado, ninguno -Fuerte, moderado, ninguno -50, 35, 20, 15 	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4

Instrumento de recolección de datos

Software Microsoft Excel

Universidad Cesar Vallejo		 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Facultad de Ingenieria civil		
Tesis: INCREMENTO DE LA RESISTENCIA FLEXIONAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE ACERO RECICLADAS		
Tesis: INCREMENTO DE LA RESISTENCIA FLEXIONAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE ACERO RECICLADAS		
Tesis: INCREMENTO DE LA RESISTENCIA FLEXIONAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE ACERO RECICLADAS		
Tesis: INCREMENTO DE LA RESISTENCIA FLEXIONAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE ACERO RECICLADAS		
1.0 Traccion diametral		
1.1 Datos de los cilindros		
1.1.1 Base		
1.1.2 Altura		
1.1.4 peso		
1.2 Carga de compresion axial		
1.2.1 Carga de rotura		
1.3 Esfuerzo de rotura		
1.3.1 Area de la seccion		
1.3.2 Esfuerzo		
2.0 Traccion diametral		
1.1 Datos de los cilindros		
1.1.1 Base		
1.1.2 Altura		
1.1.4 peso		
1.2 Carga de compresion axial		
1.2.1 Carga de rotura		
1.3 Esfuerzo de rotura		
1.3.1 Area de la seccion		
1.3.2 Esfuerzo		
3.0 Traccion diametral		
1.1 Datos de los cilindros		
1.1.1 Base		
1.1.2 Altura		
1.1.4 peso		
1.2 Carga de compresion axial		
1.2.1 Carga de rotura		
1.3 Esfuerzo de rotura		
1.3.1 Area de la seccion		
1.3.2 Esfuerzo		
4.0 Traccion diametral		
1.1 Datos de los cilindros		
1.1.1 Base		
1.1.2 Altura		
1.1.4 peso		
1.2 Carga de compresion axial		
1.2.1 Carga de rotura		
1.3 Esfuerzo de rotura		
1.3.1 Area de la seccion		
1.3.2 Esfuerzo		

ANEXO 5

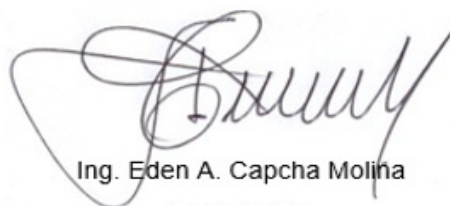
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Edén Angel Capcha Molina, Ingeniero Civil con número de colegiatura CIP 221349, perteneciente a la orden del colegio de ingenieros del consejo departamental Lima, y en mi calidad de docente universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú (UNI), por medio de la presente hago constar que he revisado y verificado los instrumentos de investigación a usarse en la Tesis titulada "Propuesta de mejoramiento de pavimento rígido usando fibras de acero en la Avenida Circunvalación – Distrito veintiséis de octubre – Piura, 2021", a cargo de la Srta. Noemi Aracely Molina Guerrero, dando fe de la idoneidad del mismo para alcanzar los objetivos de investigación planteados.

Para ello, adjunto las observaciones realizadas de manera detallada considerando una serie de criterios que van desde claridad hasta metodología.

Guía de Pautas Para Jóvenes Universitarios de la UCV-Piura	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad				X	
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Lima a los 09 días del mes de noviembre del Dos mil Veinte

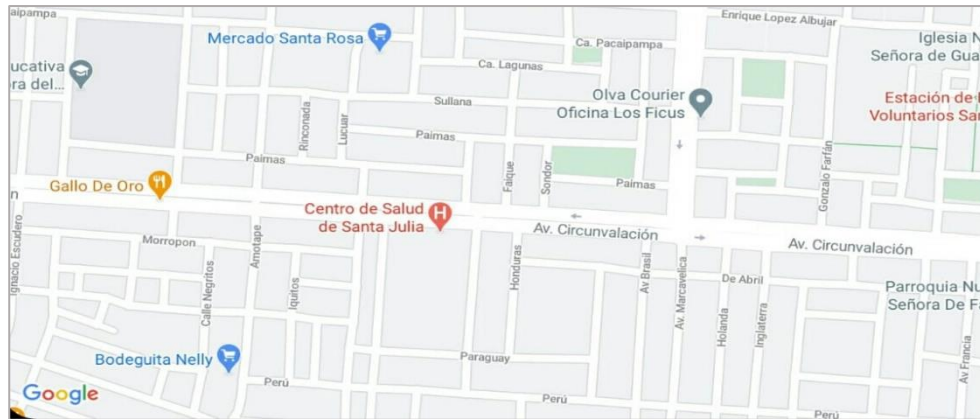


Ing. Eden A. Capcha Molina

CIP: 221349

ANEXO 6

Ubicación de la Avenida Circunvalación



Avenida Circunvalación adaptado de Google Maps

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7

Estado de la Avenida Circunvalación en la actualidad



Pavimento en pésimo estado

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8

Matriz de Consistencia

“Propuesta de mejoramiento de pavimento rígido usando fibras de acero en la Avenida Circunvalación - Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	<i>Tipo de investigación</i> Aplicada	<i>Técnica de recolección de datos:</i>
¿Qué mejoras en el pavimento rígido se puede lograr usando concreto reforzado con fibras de acero en la Avenida Circunvalación- ¿Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?	Establecer las mejoras en el comportamiento del pavimento rígido usando concretos reforzados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021	Fibras de acero <ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la tensión Fuerte, moderado, ninguno <ul style="list-style-type: none"> diámetro de las fibras Grande, mediana, pequeña. <ul style="list-style-type: none"> Longitud de las fibras Grande, mediana, pequeña.	<i>Metodología de investigación</i> Enfoque cuantitativo. <i>Diseño de la Investigación</i> Diseño no experimental: transversal. <i>Población</i> Avenida Circunvalación. <i>Muestra</i> Tramo con una longitud de 500m. <i>Muestreo</i> No probabilístico	*Observación *Comparación *Análisis documental <i>Instrumento de recolección de datos</i> *Software Microsoft Excel *Ficha de registro de datos. *Método ACI *Método Aashto
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DEPENDIENTE		
¿Qué efecto tiene el uso de concretos mejorados con fibras de acero en el incremento de la resistencia del pavimento	Determinar el incremento de la resistencia del pavimento usando concretos	Pavimento rígido		

<p>rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?</p>	<p>mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021</p>	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia al desgaste 		
<p>¿Qué impacto tiene el concreto reforzado con fibras de acero en la disminución del agrietamiento del pavimento rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?</p>	<p>Definir los niveles de agrietamiento del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021</p>	<p>Fuerte, moderado, ninguno</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la tensión. 		
<p>¿Qué efecto tiene el uso de concretos mejorados con fibras de acero en la reducción del espesor del pavimento rígido de la Av. Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021?</p>	<p>Determinar la reducción del espesor del pavimento rígido usando concretos mejorados con fibras de acero en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021</p>	<p>Fuerte, moderado, ninguno</p> <ul style="list-style-type: none"> Espesor de pavimento 50, 35, 20, 15 		
<p>¿Cuáles son las diferencias entre los costos de fabricación de concretos reforzados con fibras de acero y con concreto convencional?</p>	<p>Cuantificar los costos de la fabricación del concreto reforzado con fibras y compararlas con los costos de producir concretos convencionales en la Avenida Circunvalación - distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021</p>			

Fuente: Elaboración propia