

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DEL COSTO-BENEFICIO DEL USO
DE VIRUTAS DE ACERO EN CONCRETOS
HIDRÁULICOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS,
TRUJILLO 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Jeison Frank Davila Gariza
Edson Neil Espinola Garcia

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Gonzalo Hugo Diaz García	40539624
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Nixon Peche Melo	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	German Sagastegui Vásquez	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Revision Tesis Davila - Espinola

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	14%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo

DEDICATORIA

A nuestros padres por habernos, por habernos inculcado sabios consejos y criado con valores para así forjarnos como personas de bien, además por el apoyo tanto económico como emocional que ellos nos brindaron para poder seguir adelante en nuestra educación y crecimiento profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios, por brindarnos salud, sabiduría y fuerza para
poder culminar nuestros estudios.

A nuestra familia por el soporte y aliento que nos brindaron para poder terminar con éxito
esta etapa.

A nuestro asesor, Ing. Alberto Rubén Vázquez Diaz, quien con su conocimiento y apoyo
nos guio en cada etapa de esta investigación.

Finalmente, agradecer a nuestra Universiada Privada del Norte por otorgarnos las
herramientas necesarias para desarrollar de buena manera nuestra tesis

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tamaño de muestra.....	30
Tabla 2 Contenido de humedad en el agregado grueso	32
Tabla 3 Peso suelto y compactado en el agregado grueso.....	33
Tabla 4 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	33
Tabla 5 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso	34
Tabla 6 Contenido de humedad en el agregado fino	35
Tabla 7 Peso suelto y compactado en el agregado fino.....	35
Tabla 8 Peso específico y absorción del agregado fino.....	36
Tabla 9 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.....	37
Tabla 10 Proporciones de mezcla del diseño 210 kg/cm ² para ensayo de compresión y tracción	38
Tabla 11 Proporciones de mezcla de diseño 210 kg/cm ² para ensayo de flexión.....	38
Tabla 12 Costo-beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 a 28 días de curado	41
Tabla 13 Costos económicos en la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos MP, adición al 5%, 10% y 15% de viruta de acero (Concreto f'c = 210 kg/cm ²) ...	43
Tabla 14 Ensayo de compresión del concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm ² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034).....	45
Tabla 15 Ensayo de flexión del concreto hidráulico en vigas apoyadas con carga a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)	46
Tabla 16 Ensayo de tracción del concreto hidráulico por compresión diametral en Trujillo al 2023 (ASTM C 496 -96 / NTP 339.084).....	47
Tabla 17 Ensayo de compresión del concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm ² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 330.034)	48
Tabla 18 Ensayo de flexión del concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm ² en vigas con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)	49

Tabla 19 Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)	51
Tabla 20 Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 en MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero	52
Tabla 21 Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de compresión	55
Tabla 22 Ensayo de flexión del concurso hidráulico en vigas y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)	55
Tabla 23 Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de flexión	58
Tabla 24 Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ² y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)	58
Tabla 25 Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de tracción	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de trabajo.....	39
Figura 2. Evaluación del Costo – Beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 a 28 días de curado.....	41
Figura 3. Costos económicos en la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos MP, adición al 5%, 10% y 15% de virutas de acero (Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) .	43
Figura 4. Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/ C39M – NTP 339.034).....	46
Figura 5. Ensayo de tracción del concreto hidráulico por compresión diametral en Trujillo al 2023 (ASTM C 496 – 96/ NTP 339.084)	47
Figura 6. Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/ C39M – NTP 339.034)	48
Figura 7. Ensayo de flexión del concreto hidráulico de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ en vigas con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)	50
Figura 8. Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)	51
Figura 9. Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 en MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero	53
Figura 10. Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de compresión.....	54
Figura 11. Ensayo de flexión del concreto hidráulico en vigas y con adiciones del 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)	56
Figura 12. Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de flexión.....	57

Figura 13. Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/ C39M – NTP 339.034) 59

Figura 14. Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de tracción 60

RESUMEN

Buscar herramientas alternativas que permitan mejorar la resistencia del concreto hidráulico para pavimentos rígidos es una alternativa para cerrar brechas de infraestructura. Ante ello se propuso de objetivo evaluar el costo – beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. La metodología que se siguió es de diseño experimental y se usó la muestra patrón con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. El resultado de la evaluación permitió encontrar que el concreto con adición del 10% de viruta de acero puede ser una mejor alternativa, porque tiene elevados valores en la resistencia a compresión, flexión y tracción, con un costo de S/496.29 soles. Mientras que no es de uso adecuado la adición al 15% ya que brinda un valor resistencia a flexión inferior que la muestra patrón. Concluyendo que es de necesidad el uso de viruta de acero en la producción de concreto hidráulico para pavimentos rígidos porque estadísticamente hay diferencias significativas entre la muestra patrón y las adiciones de viruta de acero ($<.00a$).

PALABRAS CLAVES: Concreto, compresión, flexión, tracción.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

De acuerdo al último reporte de la producción mundial de acero, en el 2021 creció 15.7% con respecto al 2020; eso es reflejo de un mayor dinamismo de la industria de la construcción después de los eventos desfavorables del año 2020 (Comité Colombiano de Productores de Acero, 2022). Ello ha generado a la par que ocasione una mayor cantidad de viruta de acero y se propague la contaminación y los problemas medioambientales; sin embargo, también ha crecido la reutilización de viruta, debido a su éxito por su uso en la construcción y menor costo (Çelik et al., 2022).

Según estimaciones de científicos demuestran que las virutas de acero que se utilizan en la construcción de pavimentos son como un reemplazo para los agregados, demostrándose en experimentos que aumentó la resistencia a la compresión (13.9% - 36.3%), resistencia a la flexión (7.1% - 18.2%), resistencia a la rotura por tracción (4.2% - 38.4%) y no afecta la conductividad térmica del concreto; también, hubo disminución de la difusividad térmica (3.7% - 25.2%), por lo que una cantidad del 5% al 15% puede mejorar las propiedades del concreto (Małek et al., 2021). Resultante en una opción viable para su uso en las construcciones en el mundo; porque la introducción de viruta de acero, mejoran las características mecánicas de la mezcla de concreto (Kumar et al., 2022).

En el caso peruano, el uso de viruta de acero en la construcción es una alternativa para minimizar costos y obtener efectos positivos en la mezcla del concreto por su capacidad de resistencia y durabilidad (Correa-Zeña et al., 2021). Esto se amerita por la situación en la que se encuentra la macro región norte, debido a que solo el 13.3% de la red vial se encuentra

pavimentada, y solo el 5.5% está en el departamento de La Libertad (elEconomista, 2020); lo que demuestra una brecha en infraestructura en el lugar de investigación (Trujillo).

Por lo tanto, es muy importante contar con alternativas de solución y bajo costo en Trujillo; aunque se ha evidenciado que el uso de viruta de acero en la construcción de pavimentación en el Perú tiene diferentes resultados, por ejemplo, cuando se usa de manera bruta se asemeja a resultado de un tratamiento tradicional, mientras que es mejor cuando se usa viruta de acero mejorada (Changa et al., 2022). En base a lo mencionado es que se crea la disyuntiva en los positivos resultados obtenidos con viruta de acero en el concreto hidráulico para pavimento rígido que se muestra a nivel internacional y lo encontrado a nivel nacional; es por ello, que se plantea evaluar el costo – beneficio del uso de virutas de acero en concreto hidráulicos para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 y evidenciar si es viable su uso por el nivel de costo y propiedades encontradas.

En referencia a las variables de estudio; primeramente, se define la viruta de acero y luego el concreto hidráulico para pavimentos rígidos.

La viruta de acero hace referencia a un fragmento residual de forma curvada, que se obtiene al extraerse de desechos de la utilización de brocas empleados en proyectos de cepillado, perforación o desbastado con material metal. Por otro lado, la viruta se obtiene al pasar por un proceso de maquinado, donde el excedente de metal es retirado por medio de herramientas de corte de forma adecuada, obteniendo así la conocida viruta de acero (Dufkova et al., 2019).

Asimismo, el proceso de maquinado tiene como finalidad dar forma a la pieza partiendo de un material sólido, mejorando la tolerancia y el acabado de la pieza formada. Es

así que, se aprovecha el material generado evitando pérdida, por lo que su fabricación concibe mejoras en la superficie de la viruta (Vásquez, 2021).

En cuanto a los tipos de Viruta, estas se clasifican mediante dos clases llamadas de la siguiente forma: viruta continua; se le denomina así debido a ser obtenida a través del corte de materiales de la herramienta extraída en forma de rizo con una longitud larga. Es importante tener en cuenta las revoluciones de la máquina y la elevada velocidad con la que se trabaja pues ello, implica que la viruta salga de color rojo teniendo 500 °C y logrando alcanzar los 700°C, generando así dificultades a los operarios. Otro de los conflictos que genera la viruta continua es su forma, ya que al ser muy larga ocasiona que durante el proceso se enrolle e inclusive raye la herramienta (Millán, 2012).

Y Viruta discontinua; se le denomina así a aquella viruta corta entre 3 a 5 mm de longitud, esto se obtiene por medio de los rompevirutas. Asimismo, se consigue por herramientas compuestas por metal duro no afilables, por otro lado, el rompevirutas se origina al hacerse una rebaja a la herramienta seguido del filo con la finalidad de que al salir la viruta se genere un choque con el rebaje, generando que con la misma fuerza se rompa en trozos pequeños. Es así que, la viruta rota cae directamente en la bandeja sin posibilidad de enrollamiento de las piezas (Millán, 2012).

Por otro lado, los fluidos de cortes, creados originalmente por Taylor en 1890 quién realizaba pruebas de corte, por lo que, a inicio se empleaba el agua como medio para reducir el calor que se generaba durante el maquinado, seguidamente se utilizó la mezcla de agua y sosa con la finalidad de impedir la oxidación de la herramienta, no obstante, estos fluidos no tienen la capacidad de lubricación. Asimismo, con el pasar de los años se comenzó a emplear

aceites para generar una buena lubricación y reducir el calor generado durante el contacto entre herramienta – material (Kalpakjian y Schmid, 2008).

Los fluidos de corte se utilizan ampliamente en los procesos de mecanizado, como los procesos de fabricación de torneado, fresado, cepillado, rectificado y conformado, teniendo como funciones la refrigeración, lubricación, prevención de la oxidación y la eliminación de virutas. Es así que, el uso de fluido de corte es de gran importancia porque puede reducir la fuerza de corte y la temperatura durante el proceso de corte mejorando la calidad de la superficie de la pieza de trabajo y la vida útil de la herramienta (Tang et al., 2022).

Los fluidos de corte a base de agua pueden distinguirse en tres tipos, descritos a continuación de acuerdo a Tang et al. (2022):

Soluciones semi-sintéticas: denominados también fluidos semi-químicos o emulsiones químicas, se emplean en grandes proporciones de agentes tenso - activos con el propósito de minimizar el tamaño de las partículas de aceite hasta conseguir un fluido translúcido. El concentrado utilizado se diluye en 4% logrando oscilar entre 1.5% y 5%. Conteniendo como base aproximadamente aceite en un 20%, 30% de emulgente, 40% de agua y por último un 10% de aditivos varios.

Fluidos sintéticos: no contiene agua, es decir, emplea otros aditivos, como grasa sintética soluble en agua, para lograr sus propiedades lubricantes. Su apariencia es transparente y tiene un excelente rendimiento de enfriamiento, no obstante, la máquina herramienta tiende a oxidarse después de uso.

Emulsiones oleosas: se forma mezclando aceite base y agua en una determinada proporción, su contenido de aceite es del 60% al 90%, siendo el tamaño de las partículas de 1 a 10 μm con una apariencia de color blanco lechoso. La emulsión tiene funciones de lubricación y enfriamiento.

Respecto al concreto fue utilizada por primera vez en Roma, su composición está compuesta bajo un contenido de cemento y una elevada cantidad de aditivos minerales (hasta el 70% o incluso más). Son beneficiosos para reducir el calor de hidratación causado por la hidratación del cemento. No obstante, ambas características reducen de forma inevitable la resistencia inicial del hormigón, por lo que, en consecuencia, se genera una ralentización en el proceso de construcción. Existen varias estrategias para desarrollar un concreto hidráulico, por ejemplo: para lograr incrementar la tenacidad del hormigón, se debe utilizar diferentes tipos de fibras para desarrollar un hormigón hidráulico sostenible de alta ductilidad (Wang et al., 2020).

Los concretos se caracterizan por ser un tipo de concreto empleado mayormente en la construcción, debido a que proporciona un mejor rendimiento en los proyectos ejecutados. Se le denomina concreto hidráulico debido a que se origina gracias a la combinación de cemento y agua. Asimismo, muestra composiciones heterogéneas y distribuciones espaciales complejas, desde la escala nanométrica hasta la macroescala (Wang, 2016).

Las propiedades del concreto se dividen en mecánicas y físicas. Las propiedades mecánicas, se caracterizan específicamente por su resistencia mecánica a compresión, generando que los concretos de este tipo tengan una elevada resistencia de media y baja escala. En base a la propiedad mencionada destaca la durabilidad que puede presentar el

material, puesto que al ser resistente presenta una mayor impermeabilidad. Dentro del material que permiten durabilidad destaca: el cemento y agregados que en conjunto con la mezcla y el trabajo en obra producen dicha propiedad (Ahmad et al., 2022).

Mientras que, propiedades físicas: Se caracteriza por tener componentes como la trabajabilidad con la finalidad de demostrar el estado fresco del concreto después de realizarse la mezcla, colocado y el compacto. También presenta consistencia al existir un grado de humedad en la mezcla, vinculando directamente con el grado de agua. Finalmente, se demuestra exudación que funciona como una propiedad típica, ya que es una forma de sedimentación en la que los sólidos se asientan dentro de la masa de mezcla (Mehta y Monteiro, 2014).

En cuanto a los componentes del concreto, están formados por el cemento, agua, árido fino y árido grueso con o sin aditivos. Ante ello, el hormigón o concreto es un material artificial formado por la mezcla correcta de cemento, árido grueso como grava, árido fino y arena en cantidades aceptables y bajo un control de agua. Asimismo, se ha demostrado que el control de algunos parámetros del concreto fresco, como el grado de cemento, las relaciones agua/-cemento, cantidad de cemento, cantidad de agua y los desplomes, dentro de los límites especificados, pueden mejorar las propiedades a largo plazo del concreto (Akorli et al., 2021).

El concreto u hormigón posee aproximadamente el 80% del peso de materiales denominados agregados, por lo cual, la composición y la calidad del concreto se deben únicamente a la mezcla de estos materiales. Asimismo, otro de los componentes es el

cemento y el agua, los cuales en conjunto y bajo las porciones inadecuadas pueden generar modificaciones importantes a las propiedades del concreto (Porrero et al., 2014).

En cuanto a los pavimentos, son un conjunto de capas de materiales seleccionando aquellos que reciben de manera directa el peso del tránsito y que transitan a los estratos de forma disipada. El pavimento de calles, vías y caminos cumple una función importante, puesto que permite la accesibilidad y movilidad en diferentes áreas, generando el incremento de recursos económicos en las ciudades a través de un mayor incremento de flujo de actividades (Asres et al., 2022).

El pavimento se considera como la superficie de tránsito de capacidad duradera y útil con el propósito de soportar la carga de tráfico que circula por ella. Los pavimentos proporcionan fricción a los vehículos, es decir, brinda comodidad al conductor, transfiriendo la carga de tráfico de la superior al suelo natural. Por otro lado, las estructuras de los pavimentos brindan: (i) transitar de forma segura y cómoda, (ii) costo oportuno de operación, (iii) superficie impermeable y uniforme, (iv) resistencia a la repetición de cargas, (v) alta capacidad de resistencia (Ďurinová y Mikolaj, 2019).

El pavimento se compone de las siguientes capas según lo expuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013):

Capa de rodadura: hace referencia a la parte superior del pavimento, puede estar construido a base de bituminoso, de concreto de cemento Portland o de adoquín, teniendo como principal objetivo tener la capacidad de sostener el tránsito.

Base: hace referencia a la parte inferior de la capa de rodadura, teniendo como objetivo tener la capacidad de sostener, distribuir y transmitir de manera adecuada las cargas

generadas por el tránsito. El material de esta capa está compuesto por granular drenante o puede ser tratada con otro tipo de materiales como: cal, asfalto o cemento.

Subbase: se caracteriza por ser la capa de material especificado compuesto por un espesor de diseño, tiene como función soportar la base y la carpeta. Asimismo, se emplea como capa de drenaje y con la capacidad de controlar la capilaridad del agua. Esta capa puede estar compuesta por granular (CBR > 40%) o puede ser tratada por cal, cemento o asfalto.

De acuerdo con el Manual de pavimento existen diferentes tipos, sin embargo, se especificará el trabajo de los pavimentos rígidos:

Es así que, los pavimentos rígidos están compuestos por una capa de subbase de material granular, no obstante, también puede caracterizarse por ser estabilizada con elementos como asfalto, cal, cemento y una capa de rodadura de losa a base de concreto de cemento hidráulico (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

Asimismo, estas estructuras tuvieron su origen a fines de XIX, esta se conforma por losas de concreto teniendo una base o una subrasante. Este tipo de pavimento se encarga de direccionar los esfuerzos directamente al suelo de manera minimizada, por ello, se caracteriza por ser resistente. Los componentes de los pavimentos rígidos son una capa de concreto de cemento portland, además de contener grava (Han et al., 2019).

Los pavimentos rígidos tienen suficiente resistencia a la flexión para transmitir los esfuerzos de la carga de las ruedas a una zona inferior más amplia. En comparación con los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos se colocan directamente sobre la subrasante preparada o sobre una única capa de material granular o estabilizado. El pavimento de hormigón, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, tiende a distribuir la carga

aplicada sobre un área relativamente amplia de suelo, por lo tanto, la mayor parte de la capacidad estructural es suministrada por la propia losa (Mohod y Kadam, 2016).

El pavimento rígido se clasifica de la siguiente manera:

Pavimento de concreto simple con juntas: Los pavimentos de hormigón liso con juntas son pavimentos de hormigón de cemento liso construidos con juntas de contracción poco espaciadas. Para la transferencia de cargas a través de las juntas se utilizan normalmente pasadores o enclavamientos de áridos. Por lo general, tienen una separación entre 5 a 10 m (Mohod y Kadam, 2016).

Se le denomina también como JPCP siendo sus siglas en inglés: Jointed Plain Concrete Pavement. Es así que, este tipo de pavimentos necesita ejecutar juntas de contracción transversal, lo cual se traduce en espaciados entre 3.5 y 6.0 m. Asimismo, las juntas pueden provocar agrietamientos, debido al propio comportamiento del concreto que se debe a las tensiones generadas, cambios de temperatura y la humedad a la que se expone la carpeta de rodadura (Becerra, 2012).

Pavimento de concreto armado con barras transversales: Aunque los refuerzos no mejoran significativamente la capacidad estructural, por lo cual puede existir un aumento drástico de la separación de hasta de 10 o 30 m. Los pasadores son necesarios para transferir la carga, por otro lado, los refuerzos ayudan a mantener unida la losa incluso después de las grietas (Mohod y Kadam, 2016).

Se les denomina también JRCP por sus siglas en inglés – Jointed Reinforced Concrete Pavement. Este tipo de pavimento se caracteriza por tener de concreto reforzado con mallas de acero su carpeta de rodadura con la finalidad de ampliar los espacios entre las juntas

transversales de contracción, alcanzando distancias entre 7.5 y 9.0 m. Por otro lado, pese al refuerzo en grado moderado de acero, se espera que se generen ciertas fisuras controladas dentro del paño (Becerra, 2012).

Pavimento de concreto continuamente reforzados: La eliminación completa de las juntas se consigue por medio del refuerzo en pavimentos continuos de concreto armado. Se le conoce además como CRCP por sus siglas en inglés – Continuously Reinforced Concrete Pavement. Las tensiones a través de una armadura de acero mantienen un control, en base a ello, se espera que la generación de fisuras controladas en todo el pavimento presente distancias entre 0.6 y 2.0 m (Becerra, 2012).

Así el estudio se sustenta en investigaciones internacionales como el de Ashwathi et al. (2022) investigó las propiedades de resistencia del concreto utilizando viruta de acero como reemplazo parcial del agregado fino; es un estudio de tipo aplicada y diseño experimental que utiliza mezcla de viruta de acero al 0%, 10%, 20% y 30% en el concreto para pavimento rígido. Los resultados determinaron que la mezcla al 20% es la medida adecuada para obtener una mejora de las propiedades mecánicas en el ladrillo, incrementando la resistencia de compresión en 8%, tracción 7.5%, flexión dividida 40.625%. También, se encontró que la resistencia a compresión y flexión, con las mezclas a 10%, 20% y 30%. Se considera que el uso de virutas de acero como reemplazo de agregado fino resulta viable, puesto que, permite alcanzar mejoras de las propiedades mecánicas en ladrillos incrementando la resistencia de compresión.

También, se encuentra el estudio de El-Hakim et al. (2022) que evaluó el desempeño del concreto de alto desempeño con viruta de acero para pavimentos sustentables. Para ello

el estudio fue de tipo aplicado, por lo que se han medido mediante pruebas experimentales en laboratorio las propiedades mecánicas del concreto (al 0%, 25%, 50% y 75%). Los resultados determinaron que el uso de viruta de acero mejora las propiedades mecánicas y tiene mayor resultado en la mezcla de concreto con 50%. A su vez, se ha determinado que con la viruta de acero existe mayor densidad a comparación que el concreto convencional. En cuanto a la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad, mejoraron en un 9%, 46.5%, 9.2% y 3.2%, respectivamente. Por lo tanto, la incorporación de la viruta de acero para reemplazar al concreto convencional muestra resultados viables para su uso en el futuro.

Según Gupta y Sachdeva (2019) investiga en laboratorio la construcción de pavimentos con concreto que contienen viruta de acero. La metodología fue aplicada, experimental y emplea 5 mezclas con acero en 10%, 15%, 20% y 25%. En los resultados se evidencia que las mezclas se encuentran entre valores de 27.5 a 31.5 mm (valor de asentamiento), demostrando que el uso de viruta de acero es una opción para el diseño de pavimento rígido; aunque sus valores son menores que las propiedades mecánicas de la muestra control, se tiene que la fuerza compresiva de la mezcla control a los 28 días es de 46.98 MPa reduciendo a medida que aumentó la viruta de acero. Lo mismo sucedió con la resistencia a flexión, cuyo valor de control estuvo entre 5 MPa y conforme se iba añadiendo la resistencia fue reduciendo a llegar para la mezcla con 25% a un valor de 4.257 MPa. En base a lo encontrado la mezcla de concreto con viruta de acero cumple las condiciones de ser un material que contribuye a la construcción de pavimentos rígidos de bajo volumen para caminos.

Asimismo, Revilla-Cuesta et al. (2021) válida preliminarmente el concreto con agregados de viruta de acero para pavimentos rígidos, a través de un estudio de gran escala. En la metodología se realiza un estudio de tipo aplicada, cuantitativo, diseño no experimental, se trabaja con el 0.5% de fibras de acero en la mezcla y se prueban en los ensayos de laboratorio la resistencia a la compresión, tracción, abrasión, y módulo de elasticidad. Los resultados demostraron que todas las mezclas presentan buenos resultados para el concreto para pavimento rígido; las virutas de acero aumentaron la resistencia y rigidez elástica entre 7 y 10%. A su vez, la resistencia a la tracción permite aumentar en 65% por división con el uso de viruta de acero y la fuerza compresiva fue superior a 45 MPa. Por lo tanto, el uso de viruta de acero mejoró todas las propiedades.

A su vez, en la investigación de Burgos y Chavez (2022) se comparó los resultados emitidos en los ensayos para el concreto tradicional y el no tradicional con agregado de acero, estableciéndose para una resistencia de 210 kg/cm² y a 7, 14 y 28 días, con adiciones de 4%, 9% y 12%. La metodología que se aplicó fue de tipo aplicada, diseño experimental y se midió la resistencia a compresión. Los resultados demostraron que la adición de acero al 12% en 7 días posteriores tienen mayor resistencia a la compresión con una proporción del 172.45 kg/cm² mientras que la muestra tradicional presentaba un 140.87 kg/cm²; también, la densidad de la muestra tradicional es del 2 Gr/cm³ mientras que la mezcla con acero al 12% es de 2.4 Gr/cm³. Comparando los resultados a 7, 14 y 28 días, para 4%, 9%, 12% y concreto tradicional, se tiene mejores resultados del concreto con adición del 12% de agregado de acero al poseer una resistencia de 265.31 Kg/cm² en el día 28.

También, se ha encontrado en el ámbito nacional la investigación de Urbina (2022) que determinó la dosificación adecuada para mejorar la resistencia a la compresión y flexión del concreto 210 kg/cm² en Trujillo. La metodología fue de tipo aplicada, diseño experimental empleando dosificación de 3%, 5% y 7% de viruta de acero con curado a los 7, 14 y 28 días; además, de 63 probetas para ensayos de y 21 para ensayos de flexión. El desarrollo de los resultados demostró que el concreto muestra de 210kg/cm² cumple la norma E060 y la norma ASTM C39 y NTP 339.034, es decir, tiene valores de resistencia que satisfacen su producción. También, se obtuvo mejor resistencia de compresión cuando se añade al concreto base el 7% de viruta de acero y a los 28 días se obtuvo valor de 268.09 kg/cm². Por lo tanto, el estudio refleja que el uso de viruta de acero mejora satisfactoriamente la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

Se añade el estudio de Vásquez (2021) que investiga el efecto que tiene la compresión y flexión cuando se genera un concreto con adiciones de viruta de acero. La investigación es tipo aplicada, diseño experimental y se realiza ensayos con probetas de concreto cuyos resultados se observan a 7, 14 y 28 días; además, se realizan pruebas cuando el agregado contiene viruta de acero en 4%, 8% y 12% para el concreto de $f'c$ 210kg/cm². Los resultados determinan que para el ensayo de compresión la probeta de concreto con 4% de viruta de acero a 28 días, es la de mayor valor 264.27 kg/cm², lo que significa que tiene mayor compresión con respecto a la muestra convencional y su compresión. En el caso del ensayo a flexión se evidencia que existe mayor valor para el concreto con adición del 8% de concreto a los 28 días con valor de 47.023 kg/cm². A su vez, determinan que el costo de 1 m³ de concreto sin viruta de acero (210 kg/cm²) es de S/.291.22 soles, mientras que el concreto con adición del 4% es de S/.305.06 soles y el de 8% es de S/318.90 soles. Ante ello,

es necesario el uso de viruta de metal entre 4 y 8%, aunque es necesario comparar costos económicos antes de tomar una decisión.

De la misma forma, Medina y Pumaricra (2019) considera que en el sector construcción las adiciones de viruta de acero en el concreto. La metodología es experimental y realizan ensayos del concreto con adiciones de viruta de acero al 6%, 8%, 10% y 12%, evaluados a los 7, 14 y 28 días; por lo que, para el 6% de adición, se genera un incremento de 273.33 kg/cm² a 361.50 kg/cm²; para el 8% de adición, aumenta de 279.83 kg/cm² a 363.50 kg/cm²; para el 10% de adición, aumenta de 287.5 kg/cm² a 372.33 kg/cm²; para el 12% de adición, aumenta de 275.5 kg/cm² a 367.5 kg/cm². A su vez, en un comparativo de todas las adiciones evaluadas se obtiene que la de 10% es la que presenta una mayor resistencia a compresión y a partir de allí empieza a reducir. Por lo tanto, el uso de viruta de acero mejora la resistencia a compresión y flexión del concreto en pavimentos rígidos.

Se tiene el estudio de Peralta (2019) que usó viruta de acero con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto en una avenida de Lima. La metodología que ejecutó es experimental, enfoque cuantitativo y empleó adiciones de 4%, 6%, 8%, 10% y 12% en mezclas $f'c = 210$ kg/cm². Los resultados encontrados determinan que la adición al 8% es la más predominante en resistencia a compresión y flexión en evaluación a 7 y 28 días; se tiene que la muestra patrón tiene una compresión de 157.0 kg/cm² y la adición al 8% es de 180.3 kg/cm² (a los 7 días), mientras que a 28 días la muestra patrón es de 211.7 kg/cm² y la adición al 8% es de 249.3 kg/cm², siendo los resultados mayores. Por lo tanto, la viruta de acero cumple las normas y requisitos mínimos para su uso, resaltando que la muestra con adición al 8% debe ser la de mayor uso.

Desde la perspectiva local, Rafael y Reynal (2020) en su estudio averigua la mejor opción en el uso de viruta de acero reciclado o comercial para el concreto $f'c=210$ kg/cm². La metodología es tipo aplicada, experimental y se compone de pruebas con adiciones de 1%, 2.5% y 4%, para la viruta de acero reciclado y convencional; además, se observan sus respuestas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados demuestran para la muestra convencional que la compresión a 28 días de evaluación es de 213.57 kg/cm² y una flexión de 4.72 MPa, resultante mayor que a los 7 días de evaluación; de allí se evidencia que la compresión con adiciones de 1% y 2.5% tiene valores mayores de compresión, tanto para el uso de acero reciclado y comercial. Mientras, que la resistencia a flexión del compuesto de concreto con viruta de acero es mayor que el concreto convencional conforme se añade más viruta, pasando de 4.72 a 5.80 MPa. Por último, el costo de realizar concreto convencional es menor que el compuesto de concreto con adiciones. Por lo tanto, el costo del concreto convencional es menor, aunque el concreto con adiciones de 1% tiene mayores propiedades de compresión y flexión, por lo que resulta necesario tomar decisiones en función al presupuesto, debido a que los dos satisfacen las condiciones para su uso.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el costo – beneficio del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el costo – beneficio del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

1.3.2. *Objetivos específicos*

OE 1: Determinar los costos económicos del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

OE 2: Identificar las propiedades mecánicas del concreto hidráulico de $f'c210$ kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

OE 3: Identificar las propiedades mecánicas del uso de virutas de acero con adición del 5%, 10% y 15% al concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

OE 4: Comparar los resultados obtenidos en los ensayos del concreto hidráulico de $f'c210$ kg/cm² y con adición de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

1.4. Hipótesis

1.4.1. *Hipótesis general*

El concreto hidráulico de $f'c210$ kg/cm² con un porcentaje de viruta de acero es muy beneficioso en cuanto a comportamiento como parte estructural de un pavimento rígido y a la vez tiene un costo superior de ejecución.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito

La investigación, según el propósito, fue un estudio de tipo aplicada, debido a que se tomó en cuenta información existente para su aplicación, con la finalidad de resolver un determinado problema.

2.1.2. Según el nivel

A su vez, según el nivel fue de carácter explicativo ya que tuvo la finalidad de la evaluación de un nuevo material para la construcción de pavimentos rígidos, es decir, buscó precisar las propiedades de un nuevo material con respecto a otro material patrón para la utilización en pavimentos rígidos (Hernández y Mendoza, 2018).

2.2. Diseño de investigación

Esta investigación perteneció a un diseño experimental, debido a que tuvo un cierto nivel de manipulación de sus variables y a la vez niveles control, es aquí donde radicó la diferencia entre pre experimentales, Cuasi Experimentales, experimentos puros (Bernal, 2016). La investigación presente tuvo un alto grado de manipulación de sus variables bajo condiciones controladas, por ello, se logró afirmar que esta investigación calza con las cualidades de una investigación experimental pura.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población de esta investigación fueron las probetas de concreto de $f'c=210$ kg/cm² producidos en la ciudad de Trujillo durante el año 2023.

2.3.2. Muestra

La muestra a considerar en la investigación fue de carácter no probabilístico, por lo que, corresponde 4 muestras obtenidas por el criterio de clase de concreto, y por cada muestra se consideró al menos 9 ensayos para registrar la resistencia a la compresión y tracción promedio del concreto, respectivamente, además, se añadió 3 ensayos más para la resistencia a flexión, por lo tanto, se tuvo 21 especímenes para satisfacer los objetivos de esta investigación.

2.3.2.1. Técnica de muestreo.

La presente investigación empleó como técnica de muestreo de tipo no probabilística, por lo cual, para establecer el número de muestras se tomó en consideración las “clase de concreto”, este criterio está definido en el apartado 5.1.7, acápite 5 del Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, este criterio involucra las calidades del concreto, las variaciones en la dosificación, ya sea agregado, agua, cemento e incluso aditivos y por equipo utilizado para la producción del concreto. Asimismo, en esta investigación se consideró una dosificación de concreto $f'c=210$ kg/cm² con un cierto porcentaje de virutas de acero, entre ellas de 5%, 10% y 15%, y, por último, una dosificación de concreto patrón de $f'c=210$ kg/cm².

Por otro lado, en el apartado 5.3.3.1. del RNE E.060 se recomienda cuantos ensayos se debe tener por cada muestra obtenida por el criterio clase de concreto, todo esto con el fin

de registrar la resistencia promedio potencial del concreto analizado, en este apartado de la norma indica que por cada muestra se puede aceptar menos de 30 ensayos, pero no menos de 10 ensayos para calcular f'_{cr} .

2.3.2.2. Tamaño de muestra.

Es por ello, que en base a lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, se tomaron 4 muestras para el ensayo, para lo cual cada muestra estuvo compuesta por 21 ensayos siendo en su totalidad 84 pruebas de ensayo.

Tabla 1

Tamaño de muestra

Tipo de concreto	%	Diseño de concreto (kg/cm ²)	Edad de curado (días)	Ensayo de resistencia	N° Probetas
Concreto patrón		210	3, 7 y 28	Compresión	9
				Tracción	9
				Flexión	3
Concreto patrón con viruta de acero	5	210	3, 7 y 28	Compresión	9
				Tracción	9
				Flexión	3
Concreto patrón con viruta de acero	10	210	3, 7 y 28	Compresión	9
				Tracción	9
				Flexión	3
Concreto patrón con viruta de acero	15	210	3, 7 y 28	Compresión	9
				Tracción	9
				Flexión	3
TOTAL DE TESTIGOS					84

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnica de recolección de datos

El estudio empleó como técnica la observación, ya que, el investigador se encargó de observar los procedimientos efectuados en cuestión de cada variable, con la finalidad de observar mejoras en las diferentes pruebas a realizar.

2.4.2. Instrumento de recolección de datos

La investigación, para poder compilar los datos necesarios hizo uso de fichas de observación, permitiendo obtener la información indicada para su correspondiente análisis referente a las variables de estudio.

2.4.3. Validación del instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de la presente investigación obtuvieron la validez y confiabilidad mediante el juicio de expertos que se encargó de verificar la consistencia de las pruebas a realizar. Es así que, una vez obtenida la aceptación por parte del jurado se procedió a poner en marcha la aplicación de los instrumentos.

2.4.4. Análisis de datos

Se tomó en cuenta el análisis descriptivo, para por medio de la generación de tablas y/o figuras analizar la información obtenida posterior a los ensayos realizados, permitiendo así analizar los resultados obtenidos. Asimismo, el análisis inferencial para comparar los resultados, demostrando beneficios favorables en una determinada muestra.

2.4.5. Instrumento de análisis de datos

Se empleó para el procesamiento de la información el uso del software estadístico SPSS, permitiendo comparar los resultados con el propósito de aceptar o rechazar la hipótesis de estudio. También, se han realizado los ensayos de materiales para agregado fino y grueso teniendo en cuenta el contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción, análisis granulométrico por tamizado.

Agregado grueso

Tabla 2

Contenido de humedad en el agregado grueso

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	283.1	282.6	282.85
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	4,317.6	4,327.4	4322.5
Peso recipiente + muestra seca	gr	4,271.9	4,283.3	4277.6
Peso de muestra húmeda	gr	4,034.5	4,044.8	4039.65
Peso de muestra seca	gr	3,988.8	4,000.7	3994.75
Peso de agua	gr	45.7	44.1	44.9
Contenido de humedad	%	1.1	1.1	1.1

Contenido de humedad. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 339.185; son dos pruebas realizadas y se ha encontrado un contenido de humedad promedio para el agregado grueso de 1.1% (ver Tabla 2).

Tabla 3

Peso suelto y compactado en el agregado grueso

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	Kg	20.800	20.780	20.840	20.806
Peso recipiente + muestra apisonada	Kg	22.200	22.220	22.220	22.213
Peso de recipiente	Kg	6.540	6.540	6.540	6.54
Peso de muestra en estado suelto	Kg	14.260	14.240	14.300	14.266
Peso de muestra en estado compactado	Kg	15.660	15.680	15.680	15.673
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	0.009
Peso unitario suelto	Kg/m3	1,567	1,565	1,571	1,568
Peso unitario compactado	Kg/m3	1,721	1,723	1,723	1,722

Peso unitario suelto y compactado. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.017; son tres pruebas realizadas, se ha encontrado para el contenido de peso unitario suelto promedio un valor de 1,568 Kg/m³ y para el peso unitario compactado un valor de 1,722 Kg/m³ (ver Tabla 3).

Tabla 4

Peso específico y absorción del agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3,078	3,329	3,204
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3,115	3,365	3,240
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,884	2,027	1,956
Peso específico base seca	gr/cm3	2.5	2.49	2.5
Peso específico base SSS	gr/cm3	2.53	2,51	2.52
Absorción	%	1.2	1.1	1.2

Peso específico y absorción. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.021; son dos pruebas realizadas, se ha encontrado para el peso específico base seca promedio un valor de 2.50 gr/cm³ y para la absorción un valor de 1.2% (ver Tabla 4).

Tabla 5

Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Tamiz estándar	Abert (mm)	Peso Reten, (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)		Datos de la muestra Caracterist. físicas
						Min	Max	
1 ^{1/2} ''	37.50	0	0.0	0.0	100.00			Tamaño Max.
1''	25.00	0	0.0	0.0	100.00	100	100	Nom.: 3/4''
3/4''	19.00	408.8	8.2	8.2	91.8	90	100	Cont. De
1/2''	12.50	1420.0	28.4	36.6	63.4			Humedad:
3/8''	9.50	1038.2	20.8	57.4	42.6	20	55	1.1%
N° 4	4.75	1790.4	35.8	93.2	6.8	0	10	
N° 8	2.36	196.7	3.9	97.2	2.8	0	5	Módulo de
N° 16	1.18	45.9	0.9	98.1	1.9			finura: 6.54
Fondo	-	95.1	1.9	100.00	0.0			
Total		4995.1	100.0					

Análisis granulométrico por tamizado. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.012, siguiendo los límites Huso 67 (NTP 400.037), en el que se identifica que los porcentajes que pasan para los tamis 1, 3/4, 3/8, N° 4 y N° 8, satisfacen los límites Huso, al encontrarse dentro de los límites máx y mínimos (Tabla 5).

Agregado fino

Tabla 6

Contenido de humedad en el agregado fino

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso recipiente + muestra seca	gr	489.7	490.7	490.7	490.4
Peso de muestra húmeda	gr	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de muestra seca	gr	489.7	490.7	489.7	490.0
Peso de agua	gr	10	9	10	9.6
Contenido de humedad	%	2.1	1.9	2.1	2.0

Contenido de humedad. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 339.185; son tres pruebas realizadas y se ha encontrado un contenido de humedad promedio para el agregado fino de 2% (ver Tabla 6).

Tabla 7

Peso suelto y compactado en el agregado fino

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	Kg	21.540	21.520	21.540	21.533
Peso recipiente + muestra apisonada	Kg	23.280	23.320	23.320	23.307
Peso de recipiente	Kg	6.560	6.560	6.560	6.560
Peso de muestra en estado suelto	Kg	14.980	14.960	14.980	14.973
Peso de muestra en estado compactado	Kg	16.720	16.760	16.760	16.747

Volumen del recipiente	m ³	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1,646	1,644	1,646	1,645
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1,837	1,842	1,842	1,840

Peso unitario suelto y compactado. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.017; son tres pruebas realizadas, se ha encontrado para el contenido de peso unitario suelto promedio un valor de 1,645 Kg/m³ y para el peso unitario compactado un valor de 1,840 Kg/m³ (ver Tabla 7).

Tabla 8

Peso específico y absorción del agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	491.5	490.1	490.8
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	1,438.8	1,438.8	1438.8
Peso de la muestra saturada en agua	gr	500.0	498.3	499.15
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.48	2.47	2.48
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.52	2.51	2.52
Absorción	%	1.7	1.7	1.7

Peso específico y absorción. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.022; son dos pruebas realizadas, se ha encontrado para el peso específico base seca promedio un valor de 2.48 gr/cm³ y para la absorción un valor de 1.7% (ver Tabla 8).

Tabla 9

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Tamiz estándar	Abert (mm)	Peso Reten, (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)		Datos de la muestra	
						Min	Max	Caracterist. físicas	
3/8"	9.500	1.0	0.2	0.2	99.8	100	100		
N° 4	4.750	21.2	4.2	4.4	95.6	95	100		
N° 8	2.360	54.8	11.0	15.4	84.6	80	100	Cont.	De
N° 16	1.180	64.8	13.0	28.4	71.6	50	85	Humedad:	
N° 30	0.600	77.5	15.5	43.9	56.1	25	60	2.0%	
N° 50	0.300	93.7	18.7	62.6	37.4	5	30		
N° 100	0.150	161.2	32.2	94.8	5.2	0	10	Módulo de	
N° 200	0.075	25.4	5.1	99.9	0.1	0	5	finura: 2.5	
Fondo	-	0.4	0.1	100.00	0.0				
Total		500.0	100.0						

Análisis granulométrico por tamizado. El ensayo es desarrollado de acuerdo a la NTP 400.012, siguiendo los límites Huso 67 (NTP 400.037), en el que se identifica que los porcentajes que pasan para los tamiz 3/8, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 100 y N° 200, satisfacen los límites Huso, al encontrarse dentro de los límites máx y mínimos; sin embargo el Tamiz N° 50 tiene un % que pasa del 37.4% encontrándose fuera los límites de la NTP 400.037 (Tabla 9).

Proceso de elaboración de probetas

Para el ensayo de compresión y tracción. En el proceso se tuvo en cuenta el tamaño de la probeta, 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, resultado en un volumen de 0.001687

m³, a su vez se hará un total de 9 probetas iguales para cada combinación, generando un valor de 0.02 m³ por combinación.

Tabla 10

Proporciones de mezcla del diseño 210 kg/cm² para ensayo de compresión y tracción

Componentes del concreto	U.M	Proporción en volumen							
		M.P		M.P + 5%		M.P + 10%		M.P + 15%	
		1m ³	0.02m ³	1m ³	0.02m ³	1m ³	0.02m ³	1m ³	0.02m ³
Viruta de acero	Kg	0.0	0.0	16.8	0.336	33.7	0.674	50.5	1.01
Cemento	Bolsas	7.9	0.158	7.9	0.158	7.9	0.158	7.9	0.158
Agregado fino	m ³	0.2	0.004	0.2	0.004	0.2	0.004	0.2	0.004
Agregado grueso	m ³	0.4	0.008	0.4	0.008	0.4	0.008	0.4	0.008
Agua	litros	236.9	4.738	236.9	4.738	236.9	4.738	236.9	4.738

Para el ensayo de flexión. En el proceso se tuvo en cuenta el tamaño promedio de la viga, 15.1 cm de base y 15.2 cm de altura y 49 de longitud de tramo, resultado en un volumen de 0.01119 m³, a su vez se hará un total de 3 vigas iguales para cada combinación, generando un valor de 0.02 m³ por combinación.

Tabla 11

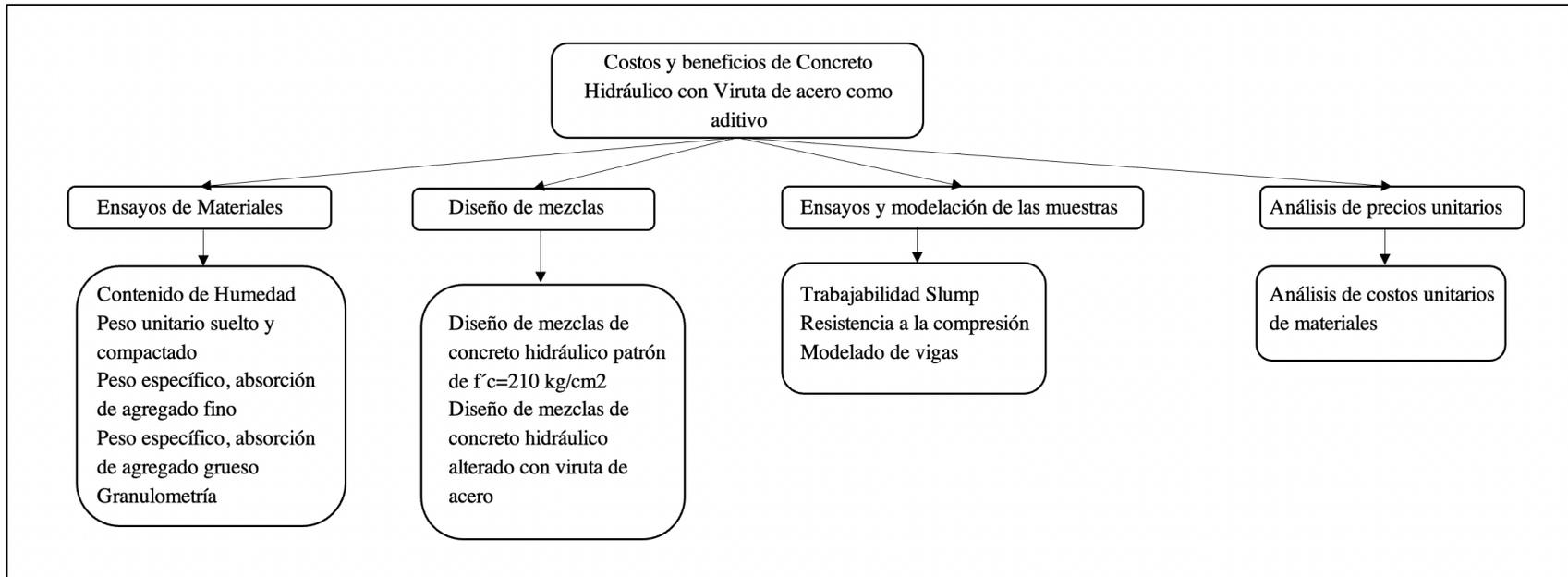
Proporciones de mezcla de diseño 210 kg/cm² para ensayo de flexión

Componentes del concreto	U.M	Proporción en volumen							
		M.P		M.P + 5%		M.P + 10%		M.P + 15%	
		1m ³	0.03m ³	1m ³	0.03m ³	1m ³	0.03m ³	1m ³	0.03m ³
Viruta de acero	Kg	0.0	0.0	16.8	0.56	33.7	1.12	50.5	1.68
Cemento	Bolsas	7.9	0.26	7.9	0.26	7.9	0.26	7.9	0.26
Agregado fino	m ³	0.2	0.01	0.2	0.01	0.2	0.01	0.2	0.01
Agregado grueso	m ³	0.4	0.01	0.4	0.01	0.4	0.01	0.4	0.01
Agua	litros	236.9	7.9	236.9	7.9	236.9	7.9	236.9	7.9

2.5. Diagrama de flujo del diseño de la investigación

Figura 1

Diagrama de flujo de trabajo



2.6. Aspectos éticos

Esta parte es crítica para la ejecución de la investigación, ya que busca proponer una forma de solución al problema especificado, involucrando a varios actores. Como resultado, el acceso al conocimiento a través de los avances tecnológicos se regirá por los ideales éticos de respetar los derechos de autor de cada documento utilizado, cumpliendo así con la ética que está directamente relacionada con la conducta del hombre y la educación moral. Basándose en esto, es imperativo considerar los principios éticos apropiados en referencia a comportarse, o no actuar, de manera honesta y responsable, evitando cometer errores que puedan afectar directa o indirectamente a los participantes durante el progreso del estudio (Gallardo, 2017).

En la investigación se ha logrado satisfacer los objetivos cumpliendo los principios éticos requeridos por todo estudio. Por lo que, no existió controversia entre partes, por el mismo hecho que se respetó los procedimientos para el desarrollo de los ensayos. A su vez, no hubo maleficencia, en ese sentido se tomó los resultados de los ensayos tal cuál y se analizó de acuerdo a ello. Sobre esta base, se llevó a cabo una investigación auténtica y única. En este sentido, estas cuestiones desempeñan un papel fundamental en la formulación y realización de la tesis, manteniendo el respeto no sólo a la propiedad intelectual, sino también al medio ambiente y a los seres vivos, de modo que el estudio se esfuerce verdaderamente por beneficiar a la sociedad con los resultados.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Objetivo general

Evaluar el costo – beneficio del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 a 28 días de curado.

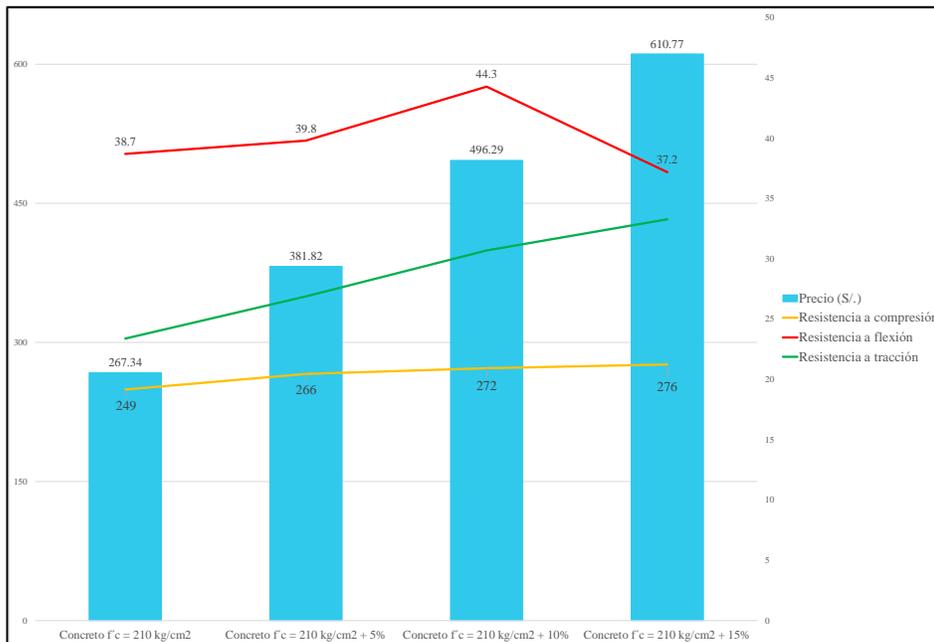
Tabla 12

Costo – Beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 a 28 días de curado

Resistencia	Precio (S./)	Var (%)	Compresión (kg/cm2)	Var (%)	Flexión (kg/cm2)	Var (%)	Tracción (kg/cm2)	Var (%)
Concreto f’c = 210 kg/cm2	S/267.3	-	249	-	38.7	-	23.4	-
Concreto f’c = 210 kg/cm2 + 5%	S/381.8	42.8	266	6.8	39.8	2.8	26.9	14.9
Concreto f’c = 210 kg/cm2 + 10%	S/496.2	85.6	272	9.2	44.3	14.4	30.7	31.2
Concreto f’c = 210 kg/cm2 + 15%	S/610.7	128.4	276	10.8	37.2	-3.8	33.3	42.3

Figura 2

Evaluación del Costo – Beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 a 28 días de curado



En la Tabla 12 y Figura 2 se analiza la comparación entre el precio por un m³ de las combinaciones para la elaboración de concreto hidráulico para pavimentos rígidos y los resultados de los ensayos de resistencia. Encontrándose que el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de viruta de acero es el que presenta las más altas variaciones positivas frente a la muestra patrón; sin embargo, contar con una adición al 10% involucra un crecimiento del precio del 85.64%, por lo que, la variación del precio no compensa con el crecimiento de las variaciones de las resistencias (variaciones positivas menores al 32%), a pesar de ser mayores a la normas establecidas. Lo mismo se evidencia para la adición al 5%, se obtiene un crecimiento del 42.82% en el precio por un m³, mientras que la resistencia a compresión (9.24%), flexión (14.47%) y tracción (31.20%), llegan a variar positivamente menor al 15%.

Según lo evaluado se tiene dos alternativas para satisfacer el costo y beneficios de uso de viruta, se tiene que el uso de una muestra patrón conlleva a un costo de S/.267.34 soles y permite satisfacer la norma para el uso de concreto hidráulicos para pavimentos rígidos. Por otro lado, si se hace uso de adición de 10% de viruta de acero, las resistencias a compresión (272 kg/cm²), flexión (44.3 kg/cm²) y tracción (30.7 kg/cm²) mejoran, superior a las demás, siendo la más adecuada por los beneficios que brindan en la producción.

Objetivos específicos

OE 1: Determinar los costos económicos del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

En este apartado se describen los costos por la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos en sus muestras patrón y con agregados con 5%, 10% y 15% de viruta de acero.

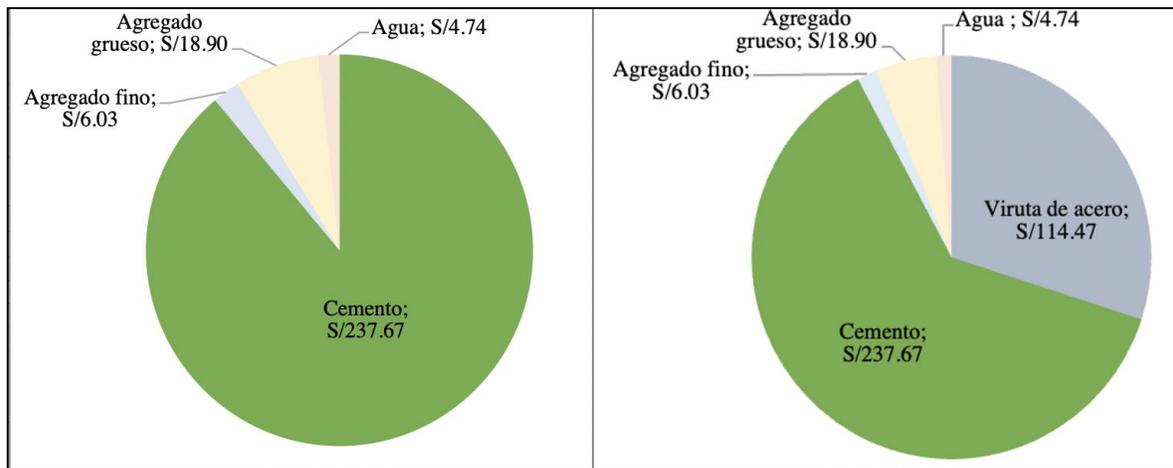
Tabla 13

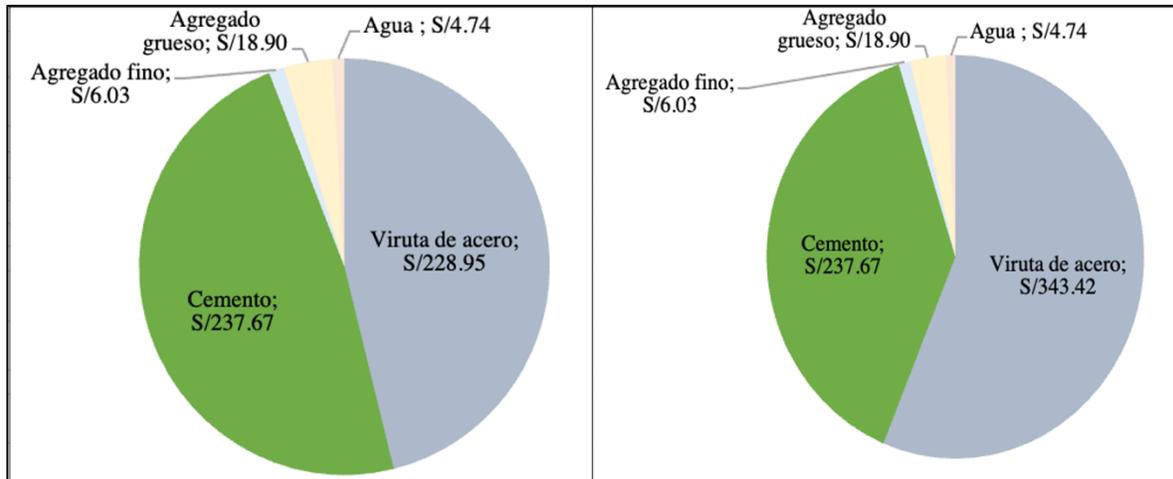
Costos económicos en la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos MP, adición al 5%, 10% y 15% de viruta de acero (Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

N°	Componentes	Unid.	Metrado	Precio	MP	Mt.	5%	Mt.	10%	Mt.	15%
				unitario (P.u)							
Precio total (P.t)											
1	Viruta de acero	Kg		S/6.8	-	16.8	S/114.4	33.6	S/228.9	50.5	S/343.4
2	Cemento	Bolsas	7.92	S/30.0	S/237.6	7.92	S/237.6	7.92	S/237.6	7.92	S/237.6
3	Agregado fino	m3	0.16	S/37.0	S/6.03	0.16	S/6.03	0.16	S/6.03	0.16	S/6.03
4	Agregado grueso	m3	0.39	S/48.0	S/18.9	0.39	S/18.9	0.39	S/18.9	0.39	S/18.9
5	Agua	litros	236.9	S/0.02	S/4.7	236.9	S/4.74	236.9	S/4.74	236.9	S/4.74
Total						S/.267.3		S/.381.8		S/.496.2	S/.610.7

Figura 3

Costos económicos en la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos MP, adición al 5%, 10% y 15% de viruta de acero (Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)





Para la muestra patrón se identifica que por 1m³ utilizan 7.92 bolsas de cemento, 0.16 m³ de agregado fino, 0.39 de agregado grueso y 236.93 litros de agua. Todo ello a un costo de S/267.34 soles para la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos (Concreto f'c = 210 kg/cm²) (ver Tabla 13 y Figura 3).

Para la muestra patrón con combinación de viruta de acero al 5% se identifica que por 1m³ utilizan 16.8 kg de viruta de acero, 7.92 bolsas de cemento, 0.16 m³ de agregado fino, 0.39 de agregado grueso y 236.93 litros de agua. Todo ello a un costo de S/381.82 soles para la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos (Concreto f'c = 210 kg/cm² + 5%) (ver Tabla 13 y Figura 3).

Para la muestra patrón con combinación de viruta de acero al 10% se identifica que por 1m³ utilizan 33.67 kg de viruta de acero, 7.92 bolsas de cemento, 0.16 m³ de agregado fino, 0.39 de agregado grueso y 236.93 litros de agua. Todo ello a un costo de S/496.29 soles para la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos (Concreto f'c = 210 kg/cm² + 10%) (ver Tabla 13 y Figura 3).

Para la muestra patrón con combinación de viruta de acero al 15% se identifica que por 1m³ utilizan 50.5 kg de viruta de acero, 7.92 bolsas de cemento, 0.16 m³ de agregado fino, 0.39 de agregado grueso y 236.93 litros de agua. Todo ello a un costo de S/610.77 soles para la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos (Concreto f'c = 210 kg/cm² + 15%) (ver Tabla 13 y Figura 3).

OE 2: Identificar las propiedades mecánicas del concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

Para el experimento del concreto hidráulico de f'c210 kg/cm² para pavimentos rígidos se han evaluado el ensayo de compresión, flexión y tracción.

Ensayo de resistencia a la compresión - MP

Tabla 14

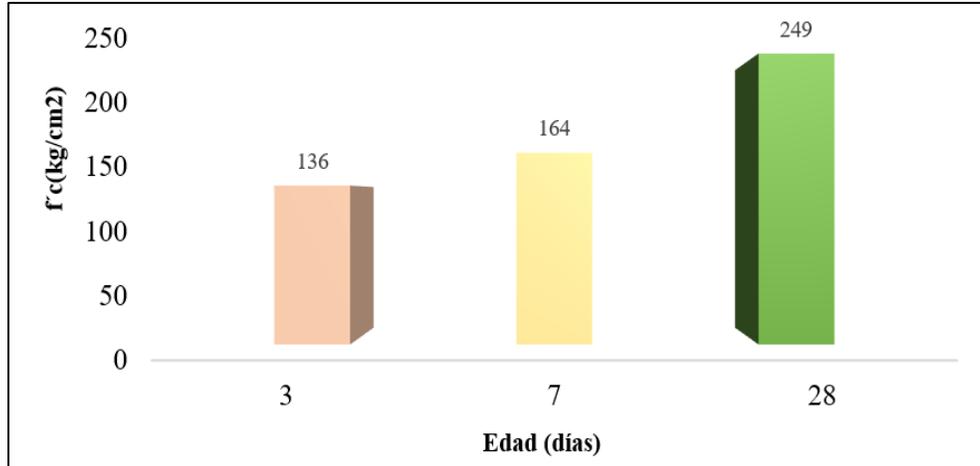
Ensayo de compresión del concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm ²	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
	Muestra Patrón (MP)	
3 días	136	
7 días	164	
28 días	249	

Según los resultados de la Tabla 14 se identifica que para la MP se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 249 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (136 Kg/cm²) y 7 días (164 Kg/cm²) (ver Tabla 14 y Figura 4).

Figura 4

Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)



Ensayo de resistencia a la flexión - MP

Tabla 15

Ensayo de flexión del concreto hidráulico en vigas apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)

Vigas de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²	
N° de días de curado	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
Muestra Patrón	
28 días	38.7

Según los resultados de la Tabla 15 se identifica que para la MP se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la flexión de 38.7 kg/cm².

Ensayo de resistencia a la tracción - MP

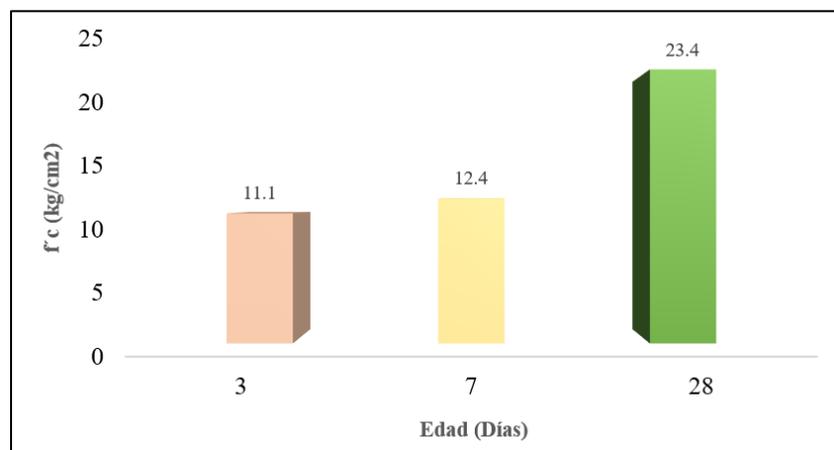
Tabla 16

*Ensayo de tracción del concreto hidráulico por compresión diametral en Trujillo al 2023
(ASTM C 496 – 96 / NTP 339.084)*

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²	
	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	
	Muestra Patrón	
3 días	11.1	
7 días	12.4	
28 días	23.4	

Figura 5

*Ensayo de tracción del concreto hidráulico por compresión diametral en Trujillo al 2023
(ASTM C 496 – 96 / NTP 339.084)*



Según los resultados de la Tabla 16 y Figura 5 se identifica que para la MP se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 23.4 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (11.1 Kg/cm²) y 7 días (12.4 Kg/cm²).

OE 3: Identificar las propiedades mecánicas del uso de virutas de acero con adición del 5%, 10% y 15% al concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

Resistencia a la compresión – adición al 5%, 10% y 15%

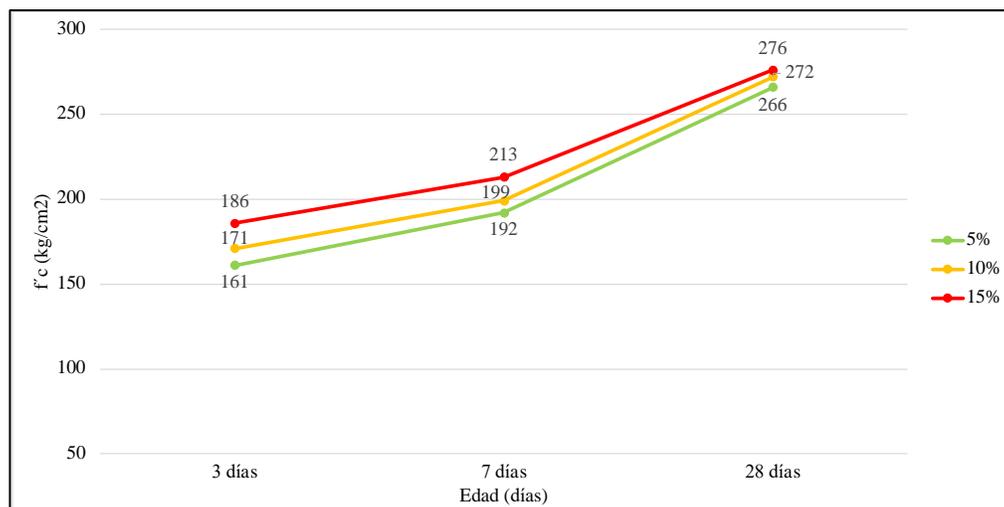
Tabla 17

Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²		
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	5%	10%	15%
3 días	161	171	186
7 días	192	199	213
28 días	266	272	276

Figura 6

Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)



Según los resultados de la Tabla 17 y Figura 6 se identifica que para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 266 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (161 Kg/cm²) y 7 días (192 Kg/cm²). Con respecto a adiciones al 10% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 272 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (171 Kg/cm²) y 7 días (272 Kg/cm²).

Mientras, que para adiciones al 15% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 276 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (186 Kg/cm²) y 7 días (213 Kg/cm²). Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la compresión tanto a los 3, 7 y 28 días, a su vez sucede cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico (ver Tabla 17 y Figura 6).

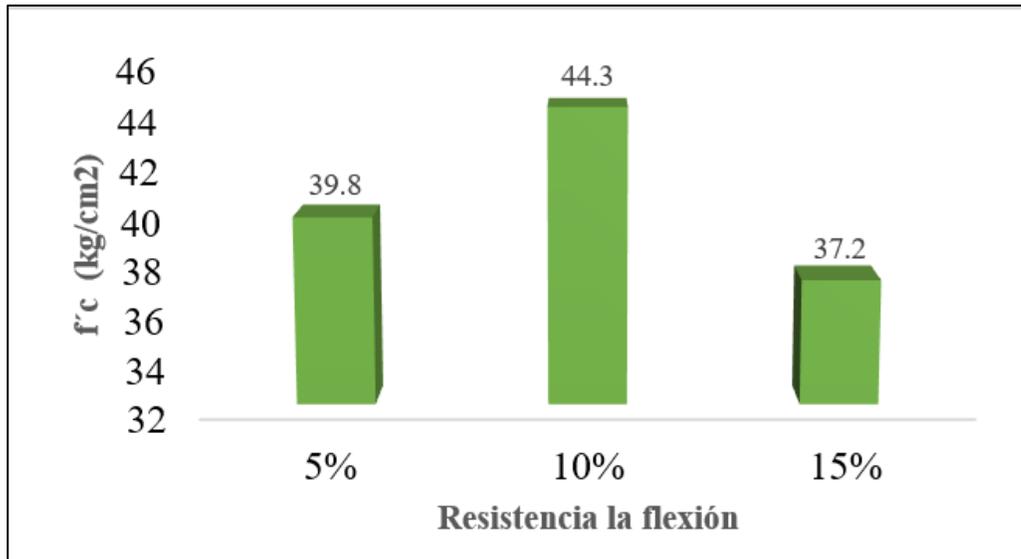
Tabla 18

Ensayo de flexión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² en vigas con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)

N° de días de curado	Vigas de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²		
	Resistencia la flexión (kg/cm ²)		
	5%	10%	15%
28 días	39.8	44.3	37.2

Figura 7

Ensayo de flexión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² en vigas con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)



Según los resultados de la Tabla 18 y Figura 7 se identifica que para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la flexión de 39.8 Kg/cm². Mientras que con respecto a adiciones al 10% una resistencia a la flexión de 44.3 Kg/cm². También, para adiciones al 15% de viruta de acero se ha obtenido una resistencia a la flexión de 37.2 Kg/cm². Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la flexión cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico.

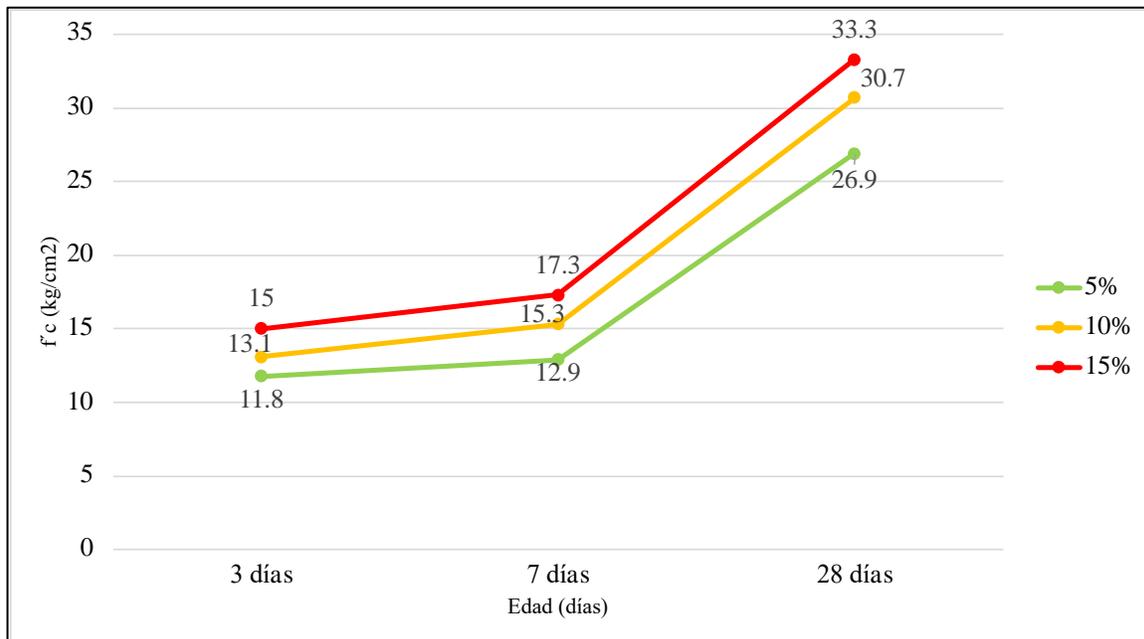
Tabla 19

Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²		
	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)		
	5%	10%	15%
3 días	11.8	13.1	15.0
7 días	12.9	15.3	17.3
28 días	26.9	30.7	33.3

Figura 8

Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)



Según los resultados de la Tabla 19 y Figura 8 se identifica que para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones de 5% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la tracción de 26.9 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (11.8 Kg/cm²) y 7 días (12.9 Kg/cm²). Con respecto a adiciones al 10% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la tracción de 30.7 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (13.1 Kg/cm²) y 7 días (15.3 Kg/cm²). Mientras, que para adiciones al 15% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 33.3 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (15 Kg/cm²) y 7 días (17.3 Kg/cm²). Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la compresión tanto a los 3, 7 y 28 días, a su vez sucede cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico.

OE 4: Comparar los resultados obtenidos en los ensayos del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² y con adición de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023.

Resistencia a compresión – MP, adición al 5%, 10% y 15%

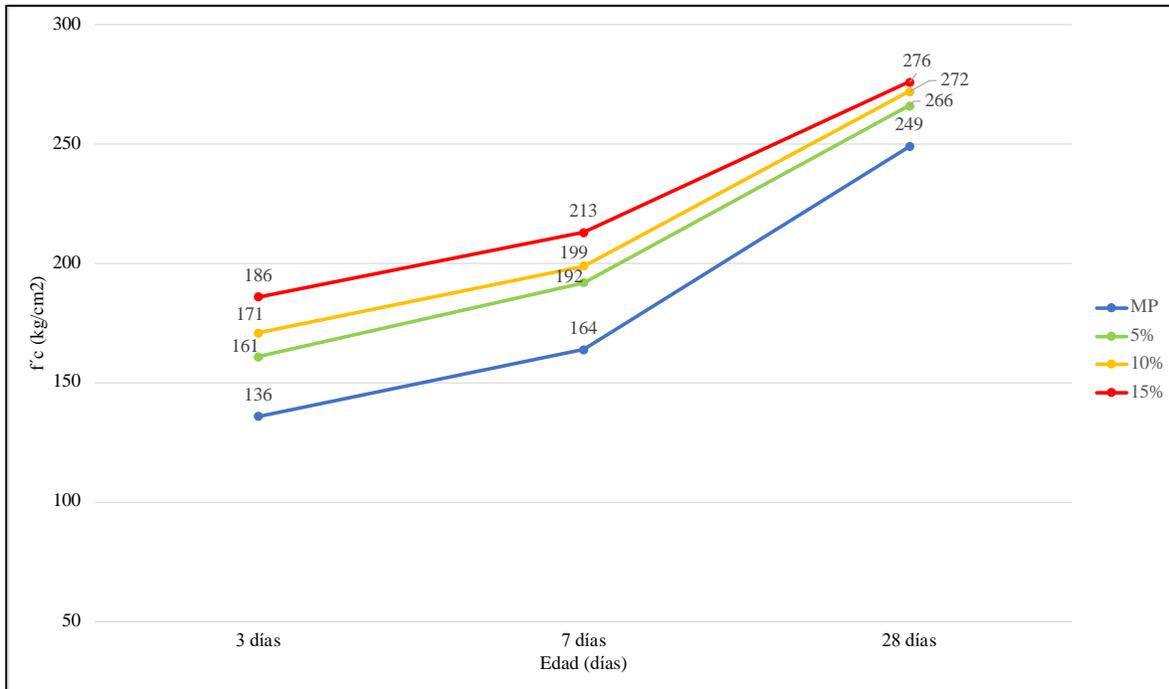
Tabla 20

Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 en MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²			
	Resistencia a la compresión			
	MP	5%	10%	15%
3 días	136	161	171	186
7 días	164	192	199	213
28 días	249	266	272	276

Figura 9

Ensayo de compresión del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 en MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero

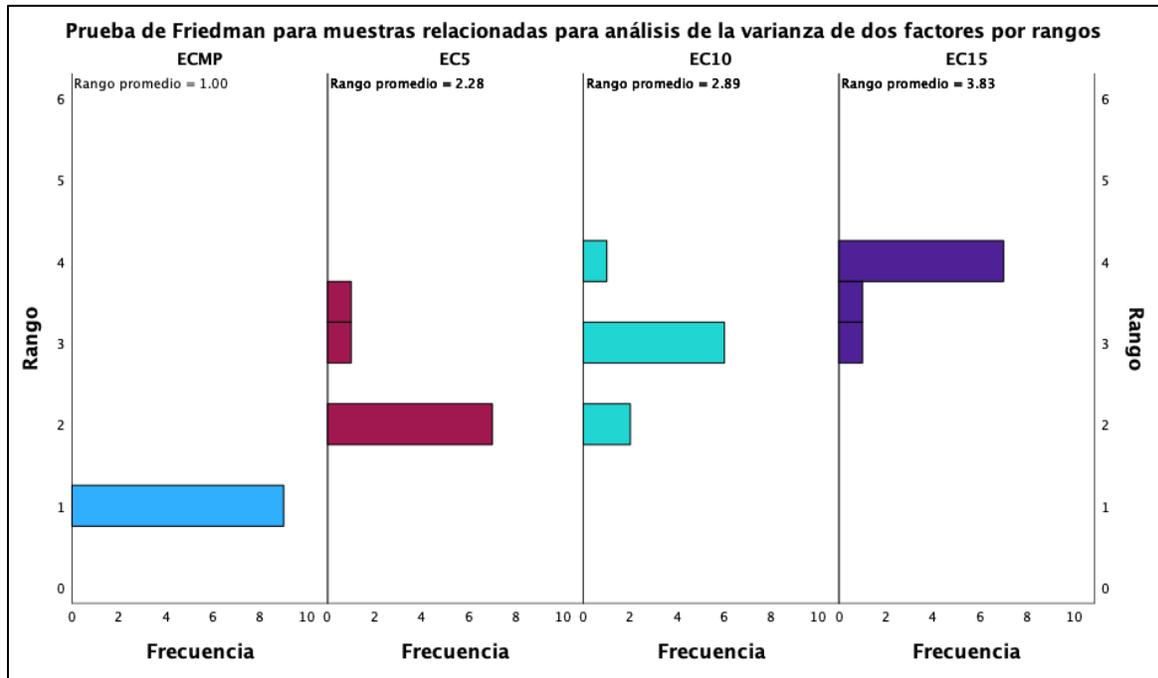


Según los resultados de la Tabla 20 y Figura 9 se puede evidenciar que la MP tiene los menores valores de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado, a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. A su vez el mayor valor de resistencia a la compresión es para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 15% de viruta de acero.

Mediante la prueba de friedman se comprueba las diferencias que existen entre los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero.

Figura 10

Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de compresión



De acuerdo a la Figura 10 se puede observar cambios crecientes en los resultados de las medias de los ensayos, demostrando el aumento de resistencia promedio conforme se añade mayor proporción de viruta de acero. Ello se comprueba con la prueba de Friedman que contrasta las siguiente hipótesis:

Ho: No existen diferencias de medias.

Hi: Existen diferencias de medias.

Criterio de decisión:

Si la significancia es menor a 0.05, se rechaza la Ho.

Si la significancia es mayor a 0.05, no se rechaza la Ho.

Tabla 21

Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de compresión

N total	9
Estadístico de prueba	23.090
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<.001

De acuerdo a la Tabla 21, se evidencia que el resultado de la prueba de friedman brinda un valor de significancia (Sig.) de <.001. Por lo que se demuestra que existen cambios en las medias, es decir, demuestra que es mejor el uso del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con adiciones de viruta, en especial para la adición al 15% de viruta de acero (EC15), por tener alto nivel de resistencia a compresión (ver Figura 3).

Resistencia a flexión – MP, adición al 5%, 10% y 15%

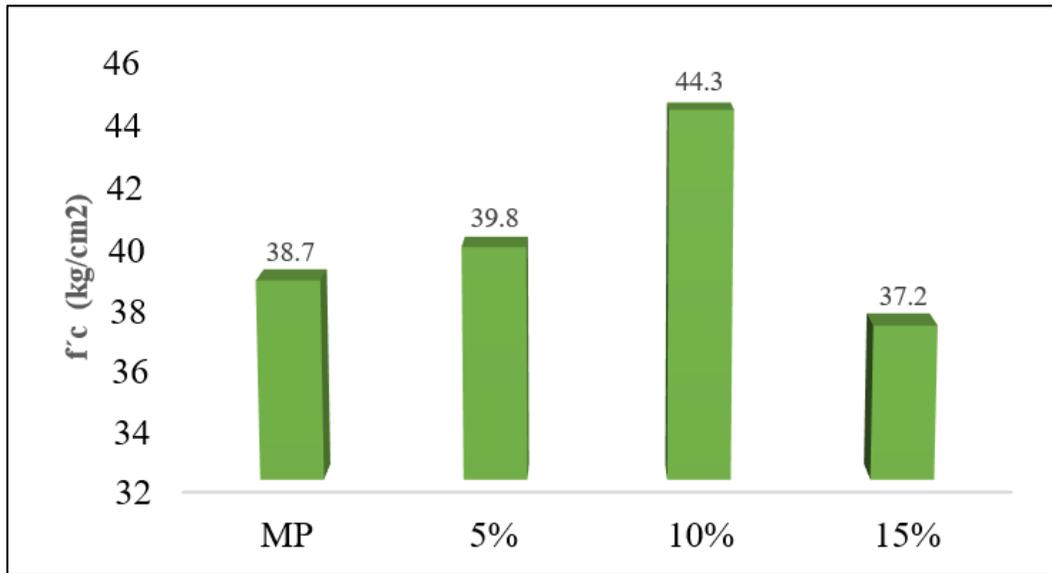
Tabla 22

Ensayo de flexión del concreto hidráulico en vigas y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (NTP 339.078 – ASTM C78)

N° de días de curado	Vigas de concreto hidráulico de f'c 210 kg/cm2			
	Resistencia a la flexión (kg/cm2)			
	MP	5%	10%	15%
28 días	38.7	39.8	44.3	37.2

Figura 11

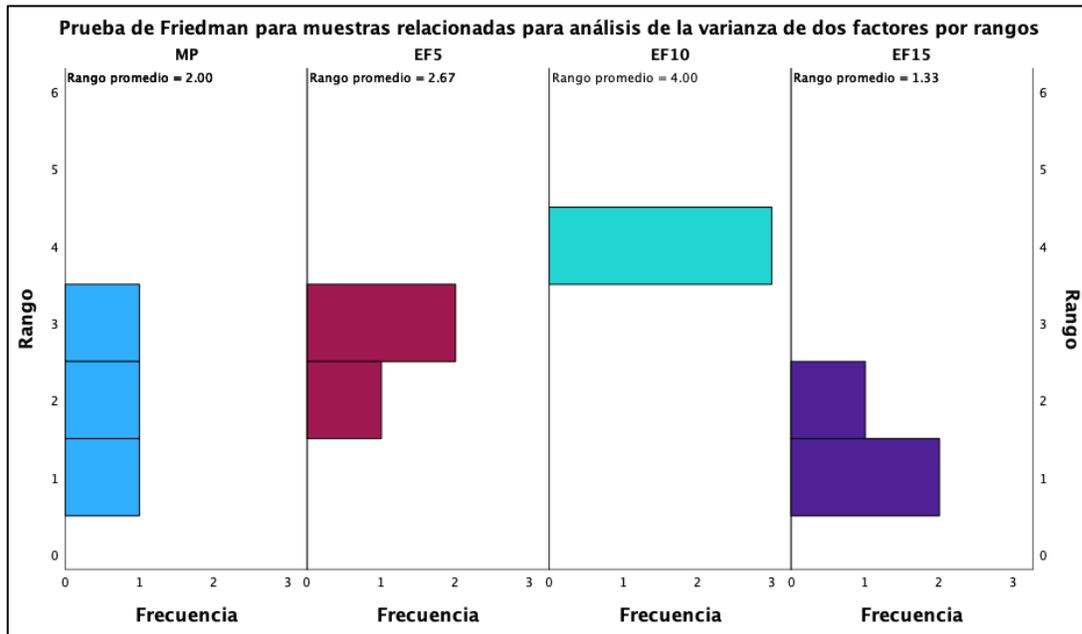
Ensayo de flexión del concreto hidráulico en vigas y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero apoyadas con cargas a los tercios del tramo en Trujillo al 2023 (28 días) (NTP 339.078 – ASTM C78)



Según los resultados de la Tabla 22 y Figura 11 se puede evidenciar que la MP tiene los menores valores de resistencia a la flexión a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm^2 con adiciones al 5% y 10% de viruta de acero. Sin embargo la MP tiene mayor valor de resistencia para la adición de 15% de viruta de acero.

Figura 12

Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de flexión



De acuerdo a la Figura 12 se puede observar cambios crecientes en los resultados de las medias de los ensayos hasta la adición del 10% de viruta de acero al concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm². Mientras, que para la adición al 15% su resistencia a la flexión pierde valor y es equiparable a la MP.

Ello se comprueba con la prueba de Friedman que contrasta las siguiente hipótesis:

H_0 : No existen diferencias de medias.

H_1 : Existen diferencias de medias.

Criterio de decisión:

Si la significancia es menor a 0.05, se rechaza la H_0 .

Si la significancia es mayor a 0.05, no se rechaza la H_0 .

Tabla 23

Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de flexión

N total	3
Estadístico de prueba	7.000
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.072

De acuerdo a la Tabla 23, se evidencia que el resultado de la prueba de friedman nos brinda un valor de significancia (Sig.) de .072. Por lo que se demuestra que no existen cambios en las medias entre algunas o todas las muestras, es decir, evidencia que no existe esa diferencia entre la MP y la adición al 15%. Sin embargo, si existe esa diferencia con la adición al 10%, siendo beneficioso el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 10% de viruta de acero, por tener un alto valor de resistencia a flexión a comparación de los otros ensayos.

Resistencia a tracción – MP, adición al 5%, 10% y 15%

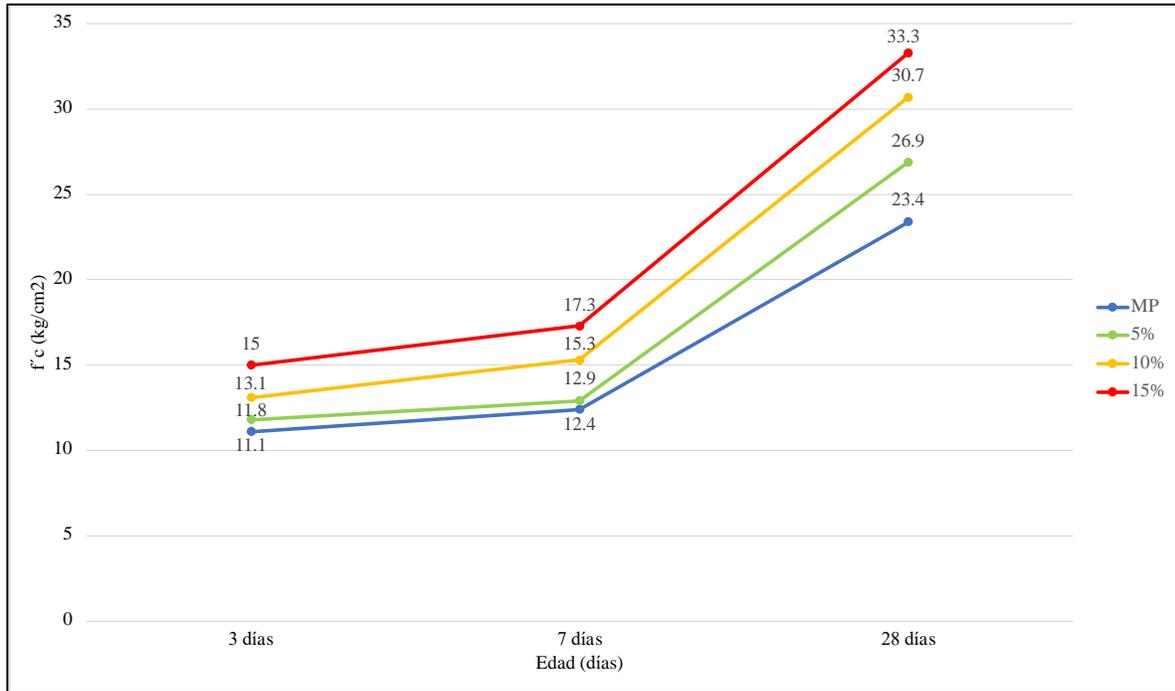
Tabla 24

Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)

N° de días de curado	Probeta cilíndrica de concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm ²			
	Resistencia a la tracción			
	MP	5%	10%	15%
3 días	11.1	11.8	13.1	15
7 días	12.4	12.9	15.3	17.3
28 días	23.4	26.9	30.7	33.3

Figura 13

Ensayo de tracción del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² y con adiciones de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023 (ASTM C39/C39M – NTP 339.034)

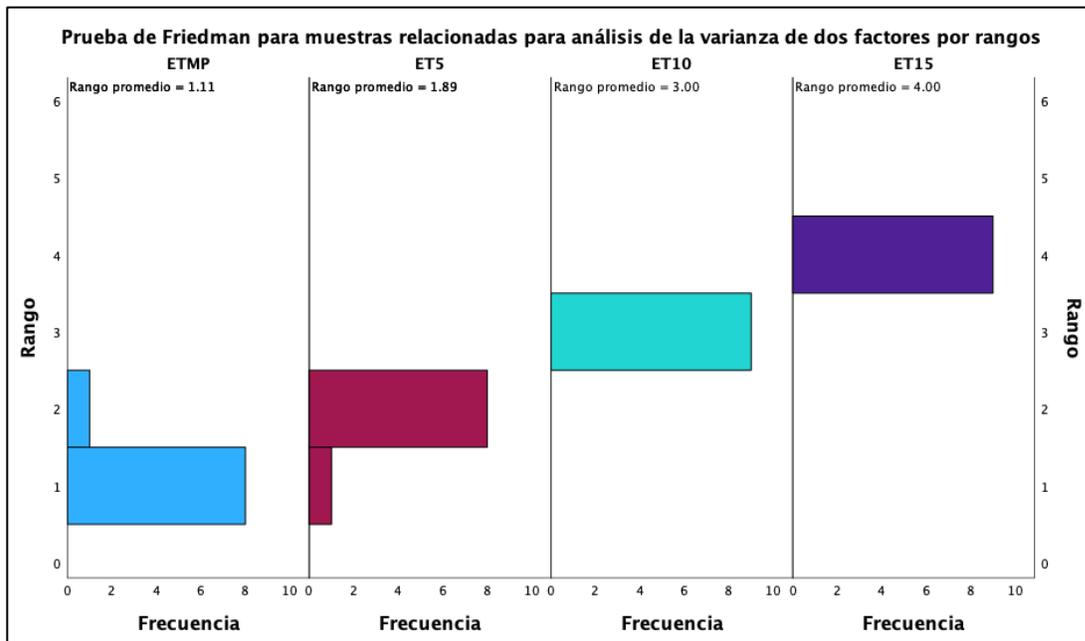


Según los resultados de la Tabla 24 y Figura 13 se puede evidenciar que la MP tiene los menores valores de resistencia a la tracción a los 3, 7 y 28 días de curado, a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. A su vez el mayor valor de resistencia a la tracción es para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 15% de viruta de acero.

Mediante la prueba de friedman se comprueba las diferencias que existen entre los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero.

Figura 14

Gráfico de barras de la prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de tracción



De acuerdo a la Figura 14 se puede observar cambios crecientes en los resultados de las medias de los ensayos, demostrando el aumento de resistencia promedio conforme se añade mayor proporción de viruta de acero. Ello se comprueba con la prueba de Friedman que contrasta las siguiente hipótesis:

H_0 : No existen diferencias de medias.

H_1 : Existen diferencias de medias.

Criterio de decisión:

Si la significancia es menor a 0.05, se rechaza la H_0 .

Si la significancia es mayor a 0.05, no se rechaza la H_0 .

Tabla 25*Prueba de friedman para varias muestras relacionadas del ensayo de tracción*

N total	9
Estadístico de prueba	25.933
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<.001

De acuerdo a la Tabla 25, se evidencia que el resultado de la prueba de friedman nos brinda un valor de significancia (Sig.) de <.001. Por lo que se demuestra que existen cambios en las medias, es decir, demuestra que es mejor el uso del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con adiciones de viruta, en especial para la adición al 15% de viruta de acero (EC15), por tener alto nivel de resistencia a tracción (ver Figura 3).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

En el objetivo general se evaluó el costo – beneficio del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. En el resultado, según lo evaluado se tiene dos alternativas para satisfacer el costo y beneficios de uso de viruta, se tiene que el uso de una muestra patrón conlleva a un costo de S/.267.34 soles y permite satisfacer la norma para el uso de concreto hidráulicos para pavimentos rígidos. Por otro lado, si se hace uso de adición de 10% de viruta de acero (S/496.2 soles), las resistencias a compresión (272 kg/cm²), flexión (44.3 kg/cm²) y tracción (30.7 kg/cm²) mejoran, superior a las demás, siendo la más adecuada por los beneficios que brindan en la producción. Ello satisface la hipótesis de investigación permitiendo aceptar que el concreto hidráulico de f'c210 kg/cm² con un porcentaje de viruta de acero es muy beneficioso en cuanto a comportamiento como parte estructural de un pavimento rígido y a la vez tiene un costo superior de ejecución.

Los resultados son favorables con los encontrados por Malek et al. (2021) ya que encontraron aumentó de la resistencia a la compresión (13.9% - 36.3%), flexión (7.1% - 18.2%) y tracción (4.2% - 38.4%). Por otro lado, si bien existe una contribución importante en las propiedades mecánicas, también se evidencia que su costo aumenta conforme se le añade mayor proporciones de viruta de acero. Tal resultado es reforzado por Vásquez (2021) ya que demuestra que con viruta de acero de 8% se tiene un costo de S/318.90 soles. Lo mismo es evidenciado por Rafael & Reynal (2020) ya que encuentra que la proporción al 4% de viruta de acero reciclado y convencional para la elaboración de concreto es de S/453.15 y

S/1153.81 soles, aunque su costo es mayor a comparación de los resultados encontrados. Por lo que resulta necesario tomar decisiones en función al presupuesto, debido a que los resultados satisfacen las condiciones para su uso. Así, la viruta de acero en concreto hidráulico se convierte en una opción viable y factible para pavimentos rígidos.

En el objetivo específico uno se determina los costos económicos del uso de virutas de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. En el resultado encuentran que para la muestra patrón por 1m³ utilizan 7.92 bolsas de cemento, 0.16 m³ de agregado fino, 0.39 de agregado grueso y 236.93 litros de agua; todo ello a un costo de S/267.34 soles. Mientras, que para adiciones al 5% de viruta de acero utilizan 16.7 kg de acero y con las mismas proporciones de materiales, el costo es de S/381.82 soles. También, para adiciones al 10% utilizan 33.67 kg de viruta de acero y con las mismas proporciones de materiales, el costo es de S/496.29 soles. Además, para adiciones al 15% utilizan 50.5 kg de viruta de acero y con las mismas proporciones de materiales, el costo es de S/610.77 soles.

Los resultados se refuerzan con Vásquez (2021) ya que encontró valores mayores cuando se adicionan más proporciones de viruta de acero. Así se encuentra que para una adición al 4% el costo es de S/305.06 soles y el de 8% es de S/318.90 soles. Estos costos son inferiores al demostrado. Mientras que para Rafael & Reynal (2020) el costo es mayor inclusive con menor proporciones ya que encontró que con viruta de acero al 1% el costo es de S/395.22 soles, al 2.5% es de S/423.68 soles y al de 4% es de S/453.15 soles. El resultante permite demostrar que es mayor el costo cuanto más se usa viruta de acero.

En el objetivo específico dos se identifica las propiedades mecánicas del concreto hidráulico de $f'c210$ kg/cm² para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. Para ello se han

evaluado las propiedades a compresión, flexión y tracción. Los resultados de la resistencia a la compresión para la muestra patrón se ha obtenido a los 28 días teniendo una resistencia de 249 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (136 Kg/cm²) y 7 días (164 Kg/cm²). Mientras, que los resultados de la resistencia a la tracción a los 28 días de curado, es de 23.4 kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (11.1 Kg/cm²) y 7 días (12.4 Kg/cm²). También, se halló la resistencia a la flexión y se encontró un valor de 38.7 kg/cm² a los 28 días de curado. Estos resultados son comparables con Burgos & Chavez (2022) ya que encuentra que en la muestra tradicional el valor encontrado de resistencia a compresión es de 140.87 kg/cm² a 7 días de curado, permitiendo reforzar lo encontrado. A su vez, con la resistencia a tracción, Peralta (2019) identificó un valor de 23.3 kg/cm², siendo similar al valor de 23.4 kg/cm² de la investigación a los 28 días de curado, reforzando el estudio por tener similares resultados. Ello evidencia que tener más días de curado genera altas niveles de compresión, tracción y flexión.

En el objetivo específico tres se identifica las propiedades mecánicas del uso de virutas de acero con adición del 5%, 10% y 15% al concreto hidráulico para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. Para ello se han evaluado las propiedades a compresión, flexión y tracción. Los resultados de la resistencia a la compresión en el uso de viruta de acero con adición del 5% se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 266 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (161 Kg/cm²) y 7 días (192 Kg/cm²). Con respecto a adiciones al 10% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 272 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (171 Kg/cm²) y 7 días (199 Kg/cm²). Mientras, que para adiciones al 15% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 276 Kg/cm², siendo

superior a lo manifestado a los 3 (186 Kg/cm²) y 7 días (213 Kg/cm²). Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la compresión tanto a los 3, 7 y 28 días, a su vez sucede cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico. Esto es comparable con el estudio de Burgos & Chavez (2022) ya que encuentra un valor de 172.45 kg/cm² para una adición de acero al 12% en 7 días de curado; lo manifestado es una refutación a lo encontrado porque evidencia que el estudio en 3 días de curado obtiene una resistencia parecida, permitiendo indicar la necesidad de hacer uso de los procedimientos de la investigación para obtener altos valores de resistencia a compresión.

Los resultados de la resistencia a flexión en el uso de viruta de acero con adición del 5% se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la flexión de 39.8 Kg/cm². Mientras que con respecto a adiciones al 10% una resistencia a la flexión de 44.3 Kg/cm². También, para adiciones al 15% de viruta de acero se ha obtenido una resistencia a la flexión de 37.2 Kg/cm². Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la flexión cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico. El resultado es refutado con Urbina (2022) ya que encuentra que la resistencia a flexión aumenta de 46 kg/cm² a 45.45 kg/cm² conforme se añade más proporción de viruta de acero, esto difiere con lo encontrado ya que se evidencia una pérdida de resistencia.

Los resultados a la resistencia a tracción del 5% se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la tracción de 26.9 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (11.8 Kg/cm²) y 7 días (12.9 Kg/cm²). Con respecto a adiciones al 10% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la tracción de 30.7 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (13.1 Kg/cm²) y 7 días (15.3 Kg/cm²). Mientras, que para adiciones

al 15% de viruta de acero se ha obtenido a los 28 días de curado una resistencia a la compresión de 33.3 Kg/cm², siendo superior a lo manifestado a los 3 (15 Kg/cm²) y 7 días (17.3 Kg/cm²). Se puede evidenciar que hay mayores valores de resistencia a la compresión tanto a los 3, 7 y 28 días, a su vez sucede cuando se aumenta mayor proporciones de viruta de acero al concreto hidráulico. El resultado se refuerza con Kumar et al (2022) porque demuestra que existe cambios en la resistencia a la rotura de tracción del 4.2% al 38.4%, evidenciado que las virutas de acero que se utilizan en la construcción de pavimentos mejora está característica mecánica de la mezcla de concreto.

En el objetivo específico cuatro se compara los resultados obtenidos en los ensayos del concreto hidráulico de $f'c$ 210 kg/cm² y con adición de 5%, 10% y 15% de viruta de acero para pavimentos rígidos en Trujillo al 2023. Los resultados se compararon para la resistencia a la compresión, flexión y tracción. Se identifica para el ensayo de resistencia a compresión que la MP tiene los menores valores de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado, a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. A su vez el mayor valor de resistencia a la compresión es para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 15% de viruta de acero. Ello significa que hay cambios positivos con el uso de viruta de acero en sus diversas proporciones, contrastado mediante la prueba de friedman al brindar un valor de significancia de $<.001$. Tal resultado se refuerza con Burgos & Chavez (2022) ya que determinó que existe diferencias entre el concreto tradicional y el no tradicional con agregado de acero, comparando los resultados a 7, 14 y 28 días, para 4%, 9%, 12% y concreto tradicional, se tiene mejor resultados del concreto con adición del 12% de agregado de acero al poseer una resistencia a compresión de 265.31 Kg/cm² en el día 28.

También, en el ensayo de resistencia a la flexión, para la MP se tiene los menores valores de resistencia a la flexión a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. Sin embargo la MP tiene mayor valor de resistencia para la adición de 10% de viruta de acero. Al contrastarse mediante la prueba de friedman nos brinda un valor de significancia (Sig.) de .072., lo que se deduce que no hay diferencias con la adición al 15%, pero sí con el de 5% y 10%. Ello se refuta con Rafael & Reynal (2020) ya que encuentra que la resistencia a flexión del compuesto de concreto con viruta de acero es mayor que el concreto convencional conforme se añade más viruta, pasando de 4.72 a 5.80 MPa (4% de viruta de acero reciclado y convencional).

Por último, en el ensayo a tracción, para la MP se tiene los menores valores de resistencia a la tracción a los 3, 7 y 28 días de curado, a comparación del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 5%, 10% y 15% de viruta de acero. A su vez el mayor valor de resistencia a la tracción es para el concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm² con adiciones al 15% de viruta de acero. Ello significa que hay cambios positivos con el uso de viruta de acero en sus diversas proporciones, contrastado mediante la prueba de friedman al brindar un valor de significancia de $<.001$. Tal resultado es reforzado por Revilla-Cuesta et al. (2021) ya que encontró que la resistencia a tracción permite aumentar en 65% por división con el uso de viruta de acero, concluyendo que a diferencia del concreto tradicional, el uso de viruta de acero mejoró todas las propiedades. Ante ello manifiesta El-Hakin et al. (2022) que el uso de viruta de acero mejora las propiedades mecánicas para el uso de mezcla de concreto.

También, el estudio ha presentado ciertas limitaciones como la búsqueda de viruta de acero en las canteras, ya que muchas veces se ha encontrado diversos tipos de metales que

no eran necesarias para el estudio. A pesar de ello se obtuvo las muestras representativas de virutas de acero.

Los resultados tienen implicancia prácticas, ya que puede evidenciarse que el uso de virutas de acero dan por entendido que genera mayor resistencia a la compresión, flexión y tracción, por lo tanto, es necesario recomendar a la entidades públicas o ministerio de vivienda, construcción y saneamiento su implementación. A su vez, tiene implicancias teóricas porque demuestra que las propiedades de compresión y tracción aumentan con el uso de viruta de acero, mientras que es necesario contrastar la resistencia a flexión por su evidente resultado desfavorable para elevadas proporciones de mezcla con virutas de acero. Por último, tiene implicancias metodológicas ya que ha mostrado un proceso comparable con otros estudios que permiten dar evidencia de los resultados favorables cuando se pueda implementar viruta de acero en concreto hidráulico para pavimentos rígidos.

Conclusiones

En la evaluación costo beneficio del uso de viruta de acero en concreto hidráulicos para pavimentos rígidos se ha encontrado que la mejor combinación es el concreto $f'c = 210$ kg/cm² + 10% de viruta de acero, porque tiene elevados valores en la resistencia a compresión, flexión y tracción, con un costo de S/496.29 soles. Lo encontrado corrobora la hipótesis general sobre las adiciones de viruta de acero, generando comportamiento beneficioso en la parte estructural del pavimento rígido y a su vez tiene un costo superior de ejecución.

Para la realización del concreto hidráulico para pavimentos rígidos en la muestra patrón y con adiciones de viruta de acero a 5%, 10% y 15%, se ha utilizado cemento,

agregado fino, agregado grueso y agua, permitiendo obtener costos de fabricación de S/276.34 soles para la muestra patrón, de S/381.82 soles para adiciones al 5%, de S/496.29 soles para adiciones al 10% y de S/610.77 soles para adiciones al 15%.

Referente a la muestra patrón, la producción de concreto hidráulico ha brindado elevados valores a nivel que aumentaba el día de curado para la resistencia a la compresión, flexión y tracción. Obteniéndose al 28 día de curado un valor de resistencia a compresión de 249 kg/cm², resistencia a tracción de 23.4 kg/cm² y resistencia a flexión de 38.7 kg/cm².

Sobre las adiciones de viruta de acero al 5%, 10% y 15%, la producción de concreto hidráulico ha brindado elevados valores a nivel que aumentaba el día de curado para la resistencia a la compresión y tracción, pero no para la flexión, ya que la resistencia a flexión en la adición al 15% (37.2 kg/cm²) fue menor que la resistencia en la adición al 5% (39.8 kg/cm²) y 10% (44.3 kg/cm²). A su vez el mayor valor de resistencia a compresión y tracción fue para la adición al 15% a 28 días de curado con 276 kg/cm² y 33.3 kg/cm².

Sobre la comparación de resultados entre la muestra patrón y las adiciones al 5%, 10% y 15% se evidencia mediante la prueba de friedman que existen diferencias significativas (<0.001) entre la producción de concreto hidráulico de la muestra patrón con las adiciones de viruta de acero, tanto para el ensayo de resistencia a la compresión como para el de tracción y a 3, 7 y 28 días. Mientras que no es significativo (0.072) para el ensayo de resistencia a flexión. Ello debido a que la adición al 15% (37.2 kg/cm²) tiene resultados inferiores a lo obtenido por la muestra patrón (38.7 kg/cm²), pero siguen siendo de importancia la adición al 5% (39.8 kg/cm²) y 10% (44.3 kg/cm²), al ser superiores a la MP.

RECOMENDACIONES

Para el objetivo general se recomienda al ministro de transportes que promueva evidencia suficiente para materializar una alternativa fehaciente en la construcción de concreto hidráulico para pavimentos rígidos con virutas de acero, su promoción permitirá el incentivo de protocolos, esquemas y diseños para su adecuada implementación a nivel nacional.

Se ha encontrado que producir concreto hidráulico con adiciones de viruta de acero es muy costoso que la muestra patrón, ante ello se recomienda que nuevos investigadores busquen alternativas de materiales que permitan adicionarse a la mezcla con el fin de minimizar el uso de viruta de acero, pero a su vez se tenga altos niveles de resistencia a compresión, flexión y tracción.

Todavía sigue siendo una alternativa el uso de concreto hidráulico para pavimentos rígidos con cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, ya que tiene elevados indicadores de resistencia a compresión, tracción y flexión conforme sean más días de curado, por lo que se recomienda que sea prioridad en las obras públicas de las municipalidades ya que no tienen presupuesto suficiente para realizar obras de gran envergadura.

Sobre la producción de concreto hidráulico con adiciones de viruta de acero, se recomienda la adición al 10% ya que permite obtener los valores más altos en la resistencia a la compresión, flexión y tracción.

Por último, en la comparación de la producción de concreto patrón y con las adiciones de viruta de acero se recomienda que se realicen más ensayos con otros materiales ya que

permitirá que se promueva nuevos indicadores para otorgar más conocimiento científico sobre si es el único material que puede brindar mayores valores en la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

REFERENCIAS

- Ahmad, J., Majdi, A., Arbili, M. M., Deifalla, A. F., & Naqash, M. T. (2022). Mechanical, Durability and Microstructure Analysis Overview of Concrete Made with Metakaolin (MTK). *Buildings*, 12(9), 1-14. <https://doi.org/10.3390/buildings12091401>
- Akorli, K., Danso, K., Ayarkwa, J., & Acheampong, A. (2021). Investigating the Compressive Strength Properties of Concrete Using Some Common Ghanaian Ordinary Portland Cements. *International Journal of Technology and Management Research*, 6(1), 154-166. <https://doi.org/10.47127/ijtmr.v6i2.135>
- Ashwathi, R., Vetrivel, A., & Abishek, M. (2022). Investigation on strength properties of concrete using steel slag as a partial replacement for fine aggregate. *Materials Research Proceedings*, 23(2022), 401-418.
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto. Diseño, construcción y supervisión.* Flujo libre. https://www.academia.edu/9036949/Autor_T%C3%B3picos_de_Pavimentos_de_Concreto
- Bernal, C. (2016). *Metodología De La Investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4ta edición). Pearson. https://www.academia.edu/44228601/Metodologia_De_La_Investigaci%C3%B3n_Bernal_4ta_edicion
- Burgos, D., & Chavez, A. (2022). *Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón no tradicional con agregado de fibra de acero* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5740/1/T-ULVR-4684.pdf>
- Çelik, A., Özkılıç, Y., Zeybek, Ö., Özdöner, N., & Tayeh, B. (2022). Performance Assessment of Fiber-Reinforced Concrete Produced with Waste Lathe Fibers. *Sustainability*, 14(19), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su141911817>

- Changa, M., Gozar, T., & Garamendi, D. (2022). Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas. *Gaceta Técnica*, 23(2), 23-37.
- Comité Colombiano de Productores de Acero. (2022). *Informe del sector siderúrgico 2020—2021* (p. 41). Comité Colombiano de Productores de Acero. [https://www.andi.com.co/Uploads/_Informe_Siderurgico_2020_2021%20\(M\)_638052421194700054.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/_Informe_Siderurgico_2020_2021%20(M)_638052421194700054.pdf)
- Correa-Zeña, A., Hurtado-Bravo, A., Muñoz-Pérez, S., Marín-Bardales, N., & Rodríguez-Lafitte, E. (2021). Uso de concretos utilizando acero fundido como agregados: Una revisión de literatura. *Paideia XXI*, 11(2), 457-489.
- Đurinová, M., & Mikolaj, J. (2019). Definition of pavement performance models as a result of experimental measurements. *Transportation Research Procedia*, 40(2019), 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.031>
- elEconomista. (2020). *PERUCÁMARAS: El 84,2% de carreteras en la Macro Región Norte no está pavimentado* - [eleconomistaamerica.pe](https://www.economistaamerica.pe/economia-eAm-peru/noticias/10884214/11/20/PERUCAMARAS-El-842-de-carreteras-en-la-Macro-Region-Norte-no-esta-pavimentado.html). <https://www.economistaamerica.pe/economia-eAm-peru/noticias/10884214/11/20/PERUCAMARAS-El-842-de-carreteras-en-la-Macro-Region-Norte-no-esta-pavimentado.html>
- El-Hakim, R., Elgendy, G., El-Badawy, S., & Amin, M. (2022). Performance evaluation of steel slag high performance concrete for sustainable pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(11), 3819-3837. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1922908>
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación* (1.ª ed.). Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- Gupta, T., & Sachdeva, S. (2019). Laboratory investigation and modeling of concrete pavements containing AOD steel slag. *Cement and Concrete Research*, 124(105808), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105808>

- Han, E.-S., Gong, J., Cho, D., & Park, S.-K. (2019). Experimental Investigation on the Application of Ultra-Rapid-Hardening Mortar for Rigid Small Element Pavement. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019(e2625437). <https://doi.org/10.1155/2019/2625437>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. Mc Graw Hill.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y tecnología*. Pearson. https://www.academia.edu/44318116/Manufactura_INGENIER%C3%8DA_Y_TecNOLOG%C3%8DA
- Kumar, P., Gladson, J., Chandramauli, A., Uma, B., Sunagar, P., & Jeelani, S. (2022). Influence of reinforcing waste steel scraps on the strength of concrete. *Materials Today: Proceedings*, 69, 1134-1137. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.179>
- Małek, M., Kadela, M., Terpiłowski, M., Szewczyk, T., Łasica, W., & Muzolf, P. (2021). Effect of Metal Lathe Waste Addition on the Mechanical and Thermal Properties of Concrete. *Materials*, 14(11), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ma14112760>
- Medina, C., & Pumaricra, S. (2019). *Elaboración de concreto hidráulico para pavimentos adicionando viruta de acero para la mejora de sus propiedades mecánicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3562/50094.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mehta, K., & Monteiro, P. (2014). *Concrete. Microstructure, properties, and materials*. Mc Graw Hill. <https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/a8a2d82a09d997cb/a23447d5355b9c16fe749ac698b56fbf08584d3422a5d81c9281c54449cc825a/book-summary.pdf>
- Millán, S. (2012). *Fabricación por arranque de viruta*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Ministerio de Economía y Finanzas.

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Mohod, M., & Kadam, K. (2016). A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13(3), 84-88. <https://doi.org/10.9790/1684-1303078488>
- Peralta, E. (2019). *Aplicación de viruta de acero para mejorar la resistencia del concreto en las Av, los rosales, Urb. Shangrila Puente Piedra 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50106/Peralta_GEZ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2014). *Manual del concreto estructural conforme con la norma COVENIN 1753:03*. PAG Marketing Soluciones. <https://pe56d.s3.amazonaws.com/p193k6ak6nqf8199a17uh1ukueue9.pdf>
- Rafael, B., & Reynal, A. (2020). *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Trujillo 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26571/Rafael%20Saavedra%20Brayan%20Aldair%20-%20Reynal%20Benites%20Abel%20Jhonatan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Revilla-Cuesta, V., Ortega-López, V., Skaf, M., Pasquini, E., & Pasetto, M. (2021). Preliminary Validation of Steel Slag-Aggregate Concrete for Rigid Pavements: A Full-Scale Study. *Infrastructures*, 6(5), 1-65. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6050064>
- Tang, L., Zhang, Y., Li, C., Zhou, Z., Nie, X., Chen, Y., Cao, H., Liu, B., Zhang, N., Said, Z., Debnath, S., Jamil, M., Ali, H. M., & Sharma, S. (2022). Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 35(1), 3-24. <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00667-z>

- Urbina, J. (2022). *Influencia del tamaño y dosificación de viruta de acero en la resistencia a la compresión y flexión en concreto 210kg/cm²* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/103051/Urbina_CJG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vásquez, C. (2021). *Ingeniería y procesos de manufactura I* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9917/V%c3%a1squez%20Tarrillo%20C%c3%a9sar%20Emanuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos

ANEXO N° 1. Ensayo de agregado grueso



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 28/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	283.1	282.6	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	4,317.6	4,327.4	
Peso recipiente + muestra seca	gr	4,271.9	4,283.3	
Peso de muestra húmeda	gr	4,034.5	4,044.8	
Peso de muestra seca	gr	3,988.8	4,000.7	
Peso de agua	gr	45.7	44.1	
Contenido de humedad	%	1.1	1.1	1.1

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSC. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 28/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	20.800	20.780	20.840	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	22.200	22.220	22.220	
Peso de recipiente	kg	6.540	6.540	6.540	
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.260	14.240	14.300	
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.660	15.680	15.680	
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,567	1,565	1,571	1,568
Peso unitario compactado	kg/m3	1,721	1,723	1,723	1,722

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 28/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3,078	3,329	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3,115	3,365	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,884	2,027	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.50	2.49	2.50
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.53	2.51	2.52
Absorción	%	1.2	1.1	1.2

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

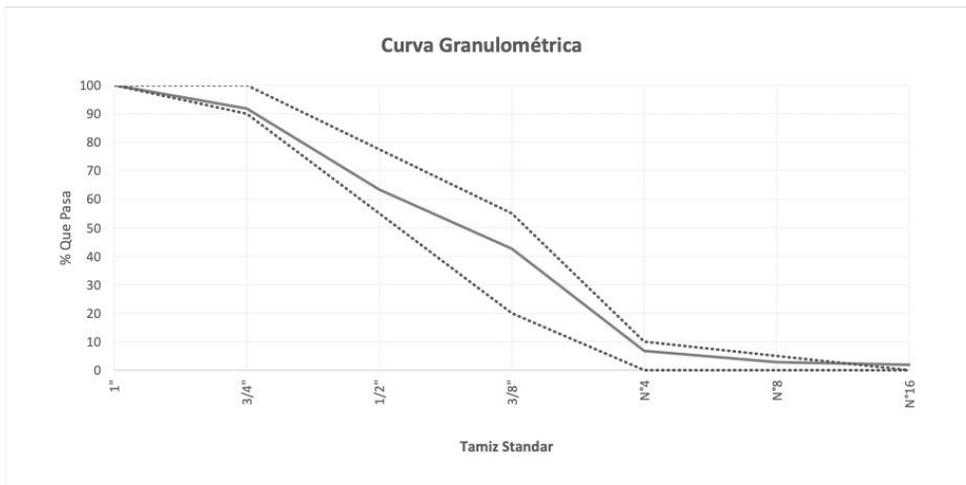
MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 28/06/2023

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Minimo	Maximo	
1½"	37.50	0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100	Características físicas: Tamaño Max. Nom.: 3/4" Cont. de Humedad: 1.1 % Modulo de Finura: 6.54
3/4"	19.00	408.8	8.2	8.2	91.8	90	100	
1/2"	12.50	1420.0	28.4	36.6	63.4			
3/8"	9.50	1038.2	20.8	57.4	42.6	20	55	
Nº4	4.75	1790.4	35.8	93.2	6.8	0	10	
Nº8	2.36	196.7	3.9	97.2	2.8	0	5	
Nº16	1.18	45.9	0.9	98.1	1.9			
Fondo	-	95.1	1.9	100.0	0.0			
		4995.1	100.0					



OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANEXO N° 2. Ensayo de agregado fino



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 27/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente	gr	0.0	0.0	0.0	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	500.0	500.0	500.0	
Peso recipiente + muestra seca	gr	489.7	490.7	489.7	
Peso de muestra húmeda	gr	500.0	500.0	500.0	
Peso de muestra seca	gr	489.7	490.7	489.7	
Peso de agua	gr	10	9	10	
Contenido de humedad	%	2.1	1.9	2.1	2.0

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 27/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	21.540	21.520	21.540	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	23.280	23.320	23.320	
Peso de recipiente	kg	6.560	6.560	6.560	
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.980	14.960	14.980	
Peso de muestra en estado compactado	kg	16.720	16.760	16.760	
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,646	1,644	1,646	1,645
Peso unitario compactado	kg/m3	1,837	1,842	1,842	1,840

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 27/06/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	491.5	490.1	
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	1,438.8	1,438.8	
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1,740.4	1,738.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	500.0	498.3	
Peso específico base seca	gr/cm3	2.48	2.47	2.48
Peso específico base SSS	gr/cm3	2.52	2.51	2.52
Absorción	%	1.7	1.7	1.7

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

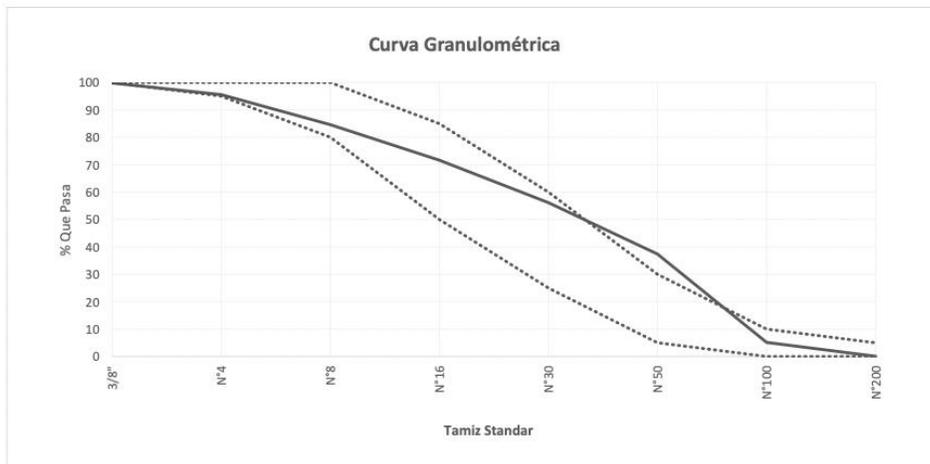


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : CANTERA EL MILAGRO - TRUJILLO
SOLICITANTE : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
FECHA DE ENSAYO : 27/06/2023

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Minimo	Maximo	
3/8"	9.500	1.0	0.2	0.2	99.8	100	100	Características físicas: Cont. de Humedad: 2.0 % Modulo de Finura: 2.50
N°4	4.750	21.2	4.2	4.4	95.6	95	100	
N°8	2.360	54.8	11.0	15.4	84.6	80	100	
N°16	1.180	64.8	13.0	28.4	71.6	50	85	
N°30	0.600	77.5	15.5	43.9	56.1	25	60	
N°50	0.300	93.7	18.7	62.6	37.4	5	30	
N°100	0.150	161.2	32.2	94.8	5.2	0	10	
N°200	0.075	25.4	5.1	99.9	0.1	0	5	
Fondo	-	0.4	0.1	100.0	0.0			
		500.0	100.0					



OBSERVACIONES:
La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANEXO N° 3. Ensayo de concreto en estado fresco



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

REGISTRO DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTES : JEISON FRANK DAVILA GARIZA / EDSON NEIL ESPINOLA GARCIA
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COSTO-BENEFICIO DEL USO DE VIRUTAS DE ACERO EN CONCRETOS
HIDRÁULICOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS, TRUJILLO 2023

2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)	Asentamiento (in)	P.U.C. (kg/m ³)
Concreto patrón	05/07/2023	24.5	5.75	2,435
Concreto con 5% de viruta de acero	05/07/2023	25.0	4.75	2,473
Concreto con 10% de viruta de acero	06/07/2023	24.5	2.50	2,484
Concreto con 15% de viruta de acero	06/07/2023	25.5	1.75	2,484
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANEXO N° 4. Ensayo de resistencia a compresión de la MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero en 3, 7 y 28 días



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 932-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia	Fecha de Emisión:	11-09-23
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023	Fecha de Moldeado:	05-07-23
Muestra :	Concreto patrón	Fecha de Ensayo:	08-07-23
		f'c (kg/cm²) :	210

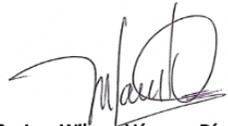
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P01	3	10.20	81.7	109.9	13.4	137	5
043-TEM-P02	3	10.20	81.7	102.1	12.5	127	5
043-TEM-P03	3	10.25	82.5	115.8	14.0	143	5
Promedio					13.3	136	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

** Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual*



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 933-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	12-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P04	7	10.20	81.7	130.4	16.0	163	5
043-TEM-P05	7	10.25	82.5	134.3	16.3	166	5
043-TEM-P06	7	10.20	81.7	132.0	16.2	165	5
Promedio					16.1	164	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 934-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto patrón

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	02-08-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P07	28	10.20	81.7	204.4	25.0	255	5
043-TEM-P08	28	10.20	81.7	197.3	24.1	246	2
043-TEM-P09	28	10.20	81.7	195.8	24.0	244	2
Promedio					24.4	249	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 935-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	08-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P10	3	10.25	82.5	130.9	15.9	162	2
043-TEM-P11	3	10.20	81.7	127.5	15.6	159	5
043-TEM-P12	3	10.20	81.7	130.3	16.0	163	5
Promedio					15.8	161	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 936-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	12-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P13	7	10.20	81.7	150.5	18.4	188	2
043-TEM-P14	7	10.20	81.7	150.6	18.4	188	2
043-TEM-P15	7	10.20	81.7	159.5	19.5	199	2
Promedio					18.8	192	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 937-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Garza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	02-08-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P16	28	10.20	81.7	213.9	26.2	267	5
043-TEM-P17	28	10.20	81.7	198.8	24.3	248	2
043-TEM-P18	28	10.20	81.7	227.6	27.9	284	2
Promedio					26.1	266	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 938-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	09-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P19	3	10.25	82.5	134.3	16.3	166	2
043-TEM-P20	3	10.20	81.7	141.8	17.3	177	2
043-TEM-P21	3	10.20	81.7	135.4	16.6	169	5
Promedio					16.7	171	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 939-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	13-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

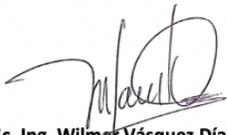
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

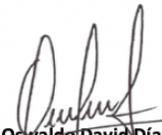
Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P22	7	10.20	81.7	158.4	19.4	198	5
043-TEM-P23	7	10.20	81.7	149.8	18.3	187	2
043-TEM-P24	7	10.20	81.7	169.6	20.8	212	2
Promedio					19.5	199	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 940-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	03-08-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P25	28	10.30	83.3	222.1	26.7	272	2
043-TEM-P26	28	10.30	83.3	214.1	25.7	262	5
043-TEM-P27	28	10.30	83.3	229.6	27.6	281	5
				Promedio	26.6	272	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 941-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	09-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P28	3	10.25	82.5	147.8	17.9	183	2
043-TEM-P29	3	10.20	81.7	149.7	18.3	187	5
043-TEM-P30	3	10.25	82.5	153.1	18.6	189	5
Promedio					18.3	186	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 942-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	13-07-23
f'c (kg/cm²) :	210

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P31	7	10.20	81.7	170.8	20.9	213	5
043-TEM-P32	7	10.20	81.7	168.8	20.7	211	5
043-TEM-P33	7	10.20	81.7	173.2	21.2	216	5
Promedio					20.9	213	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 943-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero

Fecha de Emisión:	11-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	03-08-23
f'c (kg/cm²) :	210

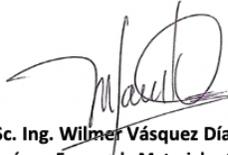
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
043-TEM-P34	28	10.20	81.7	217.1	26.6	271	2
043-TEM-P35	28	10.20	81.7	218.7	26.8	273	5
043-TEM-P36	28	10.20	81.7	227.8	27.9	284	5
Promedio					27.1	276	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

**ANEXO N° 5. Ensayo de resistencia a flexión de la MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero
28 días.**



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1009-23-TEM

Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

NTP 339.078 - ASTM C78

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto patrón
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	26-09-23
Fecha de Moldeo:	21-06-23
Fecha de Ensayo:	19-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA FLEXION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Ubicación de la Falla
043-TEM-V01	28	15.1	15.1	49.0	26.9	3.8	39.0	Tercio central
043-TEM-V02	28	15.0	15.2	49.0	28.4	4.0	40.9	Tercio central
043-TEM-V03	28	15.0	15.2	49.0	25.1	3.5	36.2	Tercio central
Promedio						3.8	38.7	

NOTAS:

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte a laboratorio y curado han sido realizados por el solicitante o responsable.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1010-23-TEM

Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

NTP 339.078 - ASTM C78

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	26-09-23
Fecha de Moldeo:	21-06-23
Fecha de Ensayo:	19-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA FLEXION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Ubicación de la Falla
043-TEM-V04	28	15.0	15.2	49.0	28.2	4.0	40.7	Tercio central
043-TEM-V05	28	15.0	15.2	49.0	27.3	3.9	39.4	Tercio central
043-TEM-V06	28	15.1	15.3	49.0	27.8	3.9	39.3	Tercio central
Promedio						3.9	39.8	

NOTAS:

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte a laboratorio y curado han sido realizados por el solicitante o responsable.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1011-23-TEM

Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

NTP 339.078 - ASTM C78

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente:	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto:	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra:	Concreto con 10% de viruta de acero
f_c (kg/cm²):	210

Fecha de Emisión:	26-09-23
Fecha de Moldeo:	24-06-23
Fecha de Ensayo:	22-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA FLEXION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Ubicación de la Falla
043-TEM-V07	28	15.1	15.2	49.0	29.7	4.2	42.5	Tercio central
043-TEM-V08	28	15.0	15.1	49.0	28.9	4.1	42.2	Tercio central
043-TEM-V09	28	15.2	15.1	49.0	33.3	4.7	48.0	Tercio central
Promedio						4.3	44.3	

NOTAS:

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte a laboratorio y curado han sido realizados por el solicitante o responsable.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f_b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1012-23-TEM

Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

NTP 339.078 - ASTM C78

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Jeison Frank Davila Gariza Edson Neil Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	26-09-23
Fecha de Moldeo:	24-06-23
Fecha de Ensayo:	22-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA FLEXION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Ubicación de la Falla
043-TEM-V10	28	15.2	15.0	49.0	27.2	3.9	39.7	Tercio central
043-TEM-V11	28	15.2	15.1	49.0	26.3	3.7	37.9	Tercio central
043-TEM-V12	28	15.1	15.2	49.0	23.8	3.3	34.1	Tercio central
Promedio						3.7	37.2	

NOTAS:

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte a laboratorio y curado han sido realizados por el solicitante o responsable.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

ANEXO N° 6. Ensayo de resistencia a tracción de la MP, al 5%, 10% y 15% de viruta de acero a 3, 7 y 28 días



TEM
TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1013-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia	Fecha de Emisión:	29-09-23
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023	Fecha de Moldeado:	05-07-23
Muestra :	Concreto patrón	Fecha de Ensayo:	08-07-23
f'c (kg/cm²) :	210		

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Díámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P37	3	10.20	20.2	33.4	1.0	10.5
0243-TEM-P38	3	10.20	20.1	33.2	1.0	10.5
0243-TEM-P39	3	10.20	20.1	38.7	1.2	12.3
Promedio					1.1	11.1

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1014-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto patrón
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	12-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P40	7	10.20	20.1	40.4	1.3	12.8
0243-TEM-P41	7	10.20	20.0	35.7	1.1	11.4
0243-TEM-P42	7	10.20	20.1	40.8	1.3	12.9
Promedio					1.2	12.4

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1015-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Nell, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto patrón
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	02-08-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P43	28	10.20	20.1	75.3	2.3	23.8
0243-TEM-P44	28	10.20	20.1	71.2	2.2	22.5
0243-TEM-P45	28	10.20	20.0	74.8	2.3	23.8
Promedio					2.3	23.4

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1016-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	08-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P46	3	10.20	20.0	39.5	1.2	12.6
0243-TEM-P47	3	10.20	20.0	35.2	1.1	11.2
0243-TEM-P48	3	10.30	20.2	36.8	1.1	11.5
Promedio					1.2	11.8

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1017-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	05-07-23
Fecha de Ensayo:	12-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P49	7	10.20	20.1	41.4	1.3	13.1
0243-TEM-P50	7	10.20	20.0	40.0	1.2	12.7
0243-TEM-P51	7	10.20	20.0	40.8	1.3	13.0
Promedio					1.3	12.9

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1018-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia	Fecha de Emisión:	29-09-23
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023	Fecha de Moldeado:	05-07-23
Muestra :	Concreto con 5% de viruta de acero	Fecha de Ensayo:	02-08-23
f'c (kg/cm²) :	210		

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P52	28	10.20	20.1	81.0	2.5	25.6
0243-TEM-P53	28	10.15	20.1	89.7	2.8	28.5
0243-TEM-P54	28	10.20	20.1	83.3	2.6	26.4
				Promedio	2.6	26.9

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1019-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	09-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P55	3	10.20	20.0	41.2	1.3	13.1
0243-TEM-P56	3	10.20	20.1	39.8	1.2	12.6
0243-TEM-P57	3	10.20	20.0	43.0	1.3	13.7
Promedio					1.3	13.1

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1020-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

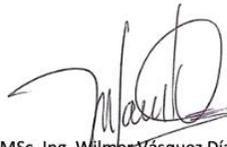
Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	13-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P58	7	10.25	20.1	50.1	1.5	15.8
0243-TEM-P59	7	10.20	20.1	46.7	1.5	14.8
0243-TEM-P60	7	10.20	20.1	48.3	1.5	15.3
Promedio					1.5	15.3

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1021-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 10% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	03-08-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P61	28	10.20	20.1	92.6	2.9	29.3
0243-TEM-P62	28	10.20	20.1	98.9	3.1	31.3
0243-TEM-P63	28	10.20	20.1	99.4	3.1	31.5
Promedio					3.0	30.7

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1022-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	09-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P64	3	10.15	20.0	43.3	1.4	13.8
0243-TEM-P65	3	10.18	20.2	50.8	1.6	16.0
0243-TEM-P66	3	10.20	20.0	47.7	1.5	15.2
Promedio					1.5	15.0

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1023-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	13-07-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Díámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P67	7	10.20	20.0	55.6	1.7	17.7
0243-TEM-P68	7	10.30	20.2	55.2	1.7	17.2
0243-TEM-P69	7	10.20	20.1	54.0	1.7	17.1
Promedio					1.7	17.3

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



RUC: 20608132016
 Contacto: 936194709-989712719
 Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 1024-23-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica
 ASTM C 496 - 96 / NTP 339.084

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Davila Gariza, Jeison Frank Edson Neil, Espinola Garcia
Proyecto :	Evaluación del costo-beneficio del uso de virutas de acero en concretos hidráulicos para pavimentos rígidos, Trujillo 2023
Muestra :	Concreto con 15% de viruta de acero
f'c (kg/cm²) :	210

Fecha de Emisión:	29-09-23
Fecha de Moldeado:	06-07-23
Fecha de Ensayo:	03-08-23

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
0243-TEM-P70	28	10.20	20.2	107.0	3.3	33.7
0243-TEM-P71	28	10.20	20.1	100.4	3.1	31.8
0243-TEM-P72	28	10.20	20.1	108.9	3.4	34.5
Promedio					3.3	33.3

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° CMC-070-2022, cumpliendo la norma ASTM C496 - 96.
4. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
5. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191


 Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

ANEXO N° 7. RECURSOS FOTOGRÁFICOS











