



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE RECICLADO DE ACERO PARA  
MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
ADOQUIN F´C= 280 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Christian Emilio Alva Rodriguez  
Christian Paul Gutierrez Guzman

**Asesor:**

Mg. Germán Sagastegui Vásquez  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

2023

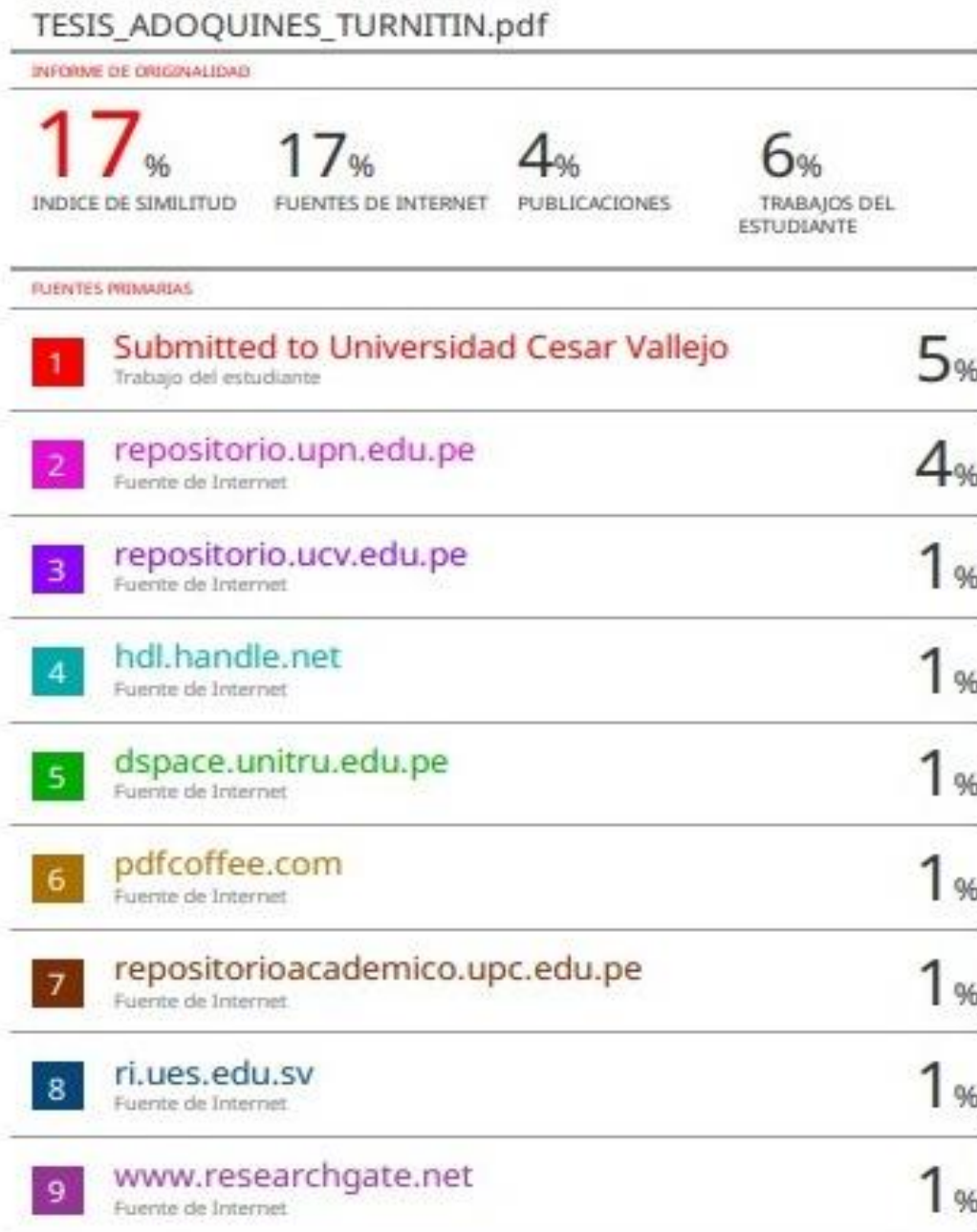
**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Luis Alberto Alva Reyes</b>	<b>42013371</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Nixon Brayan Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Cintha Vanessa Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



## DEDICATORIA

**A Dios**, por ser nuestra fortaleza y luz que guía nuestras vidas. Gracias señor por lo maravilloso de tus obras y hacer realidad otro de nuestros grandes anhelos, **ser nuevamente Profesional.**

Con profundo Amor y Gratitude a nuestros padres:

- **Emilio Alva y Pilar Rodríguez**
- **Segundo Gutiérrez y Rosse Guzmán**

Quienes con sus sabios consejos y su desmedido esfuerzo y sacrificio nos inculcaron el espíritu de lucha y superación constante que hizo posible nuestra formación profesional.

### **A nuestras amistades...**

Por estar siempre apoyándonos y dándonos esa fuerza que necesitamos para lograr nuestras metas.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por el éxito y la satisfacción de esta investigación, quien me regala los dones de la sabiduría para enfrentar los retos, las alegrías y los obstáculos que se me presentan constantemente.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional brindado para la culminación exitosa de este trabajo. Quien desde un inicio nos brindó su más sincero apoyo en la realización de la presente investigación.

A nuestro asesor Mg. Ing. German Sagastegui Vásquez, por el tiempo, dedicación, colaboración y excelente orientación en la elaboración de esta tesis.

A todos nuestros docentes quienes, con sus enseñanzas y consejos brindados, han contribuido en el desarrollo de nuestros conocimientos sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidad.

**Tabla de contenido**

Jurado calificador .....	2
Informe de similitud .....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>20</b>
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>20</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS	31
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	50

## Índice de Tablas

Tabla 1. Requisitos físico mecánicos: espesor nominal y resistencia a la compresión .....	18
Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables.....	22
Tabla 3. Número de probetas elaboradas a ensayar.....	23
Tabla 4. Caracterización de agregado grueso y fino .....	30
Tabla 5. Propiedades del cemento tipo I .....	31
Tabla 6. Valores del diseño de mezcla en seco .....	32
Tabla 7. Valores corregidos del diseño de mezcla .....	32
Tabla 8. Resultado de repeticiones y promedio del asentamiento .....	33
Tabla 9. Resultado de la resistencia a la compresión a 14 días .....	35
Tabla 10. Resultado de la resistencia a la compresión a 28 días .....	37
Tabla 11. Resultado del ensayo de absorción de los adoquines .....	39

## Índice de Figuras

Figura 1. Promedio del asentamiento de los adoquines .....	34
Figura 2. Promedio de la resistencia a la compresión de los adoquines a 14 días.....	36
Figura 3. Promedio de la resistencia a la compresión de los adoquines a 28 días .....	38
Figura 4. Promedio del ensayo de absorción .....	40
Figura 5. Comparación de los ensayos de resistencia a los diferentes días de curado .....	41



## RESUMEN

La presente investigación estudió como influye el reciclado de acero en las propiedades mecánicas del adoquín de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ , reemplazando en porcentajes de 4.5%, 6.5% y 8.5%. Se aplicó una metodología experimental donde se elaboraron 24 probetas con medidas de 20cm x 10cm x 6cm las cuales se curaron a 14 y 28 días.

Se realizaron ensayo de asentamiento en estado fresco y de resistencia a la compresión y absorción en estado endurecido; donde, para el asentamiento tuvo un mayor máximo de 3.8" para las probetas patrón y un valor mínimo de 3.2" para las probetas con adición de 8.5% de reciclado de acero; por otro lado las absorción presenta un valor máximo de 8.2% con la adición de 4.5% de reciclado de acero y un valor mínimo de 3.7% para la adición de 8.5%; y por ultimo para la resistencia a los 14 días de curado presenta un máximo valor de  $238.4 \text{ kg/cm}^2$  y un valor mínimo de  $230.3 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días un valor máximo de  $316.1 \text{ kg/cm}^2$  y un valor mínimo de  $282.2 \text{ kg/cm}^2$ .

Se concluyó que al realizar los ensayos influyen notablemente en las propiedades siendo la mejor adición las del 6.5% de reciclado de acero.

**PALABRAS CLAVES:** adoquín, diseño de mezcla, concreto, resistencia a la compresión, absorción

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Durante un tiempo como reacción al incremento necesario de reparación o mejora de las estructuras de los pavimentos, han aparecido nuevos métodos de refuerzo estructural, donde el uso de fibras como material de refuerzo del hormigón ha experimentado un importante auge en el diseño y producción de pavimentos. Sin embargo, esta no es una tecnología nueva en la construcción. De hecho, es anterior al cemento Portland y al concreto por muchos años, utilizando materiales como pasto, cuerdas y pelo de animales que se cree que se agregaron al adobe para evitar grietas y aumentar la resistencia a la tracción. (Bueno et al 2018)

Puede parecer trivial hablar de estos temas, pero 25 siglos después de su creación, los adoquines siguen siendo muy valorados por su nostalgia y durabilidad, pero la piedra tallada ha sido reemplazada por materiales modernos. Su preparación y colocación, además del nivel de confort, son quizás los aspectos más importantes de las carreteras construidas con estos materiales. Las dimensiones y la resistencia de los adoquines modernos reducen la carga a la que se somete el bloque y facilitan la transferencia de la carga a la capa subyacente. Un estudio inicial realizado por Allan Liley y John Knapton en el Instituto Británico de Cemento y Concreto a principios de la década de 1970 encontró que una capa de cobertura de 80 mm más una capa de arena de 50 mm, correctamente apisonada y compactada, tenía una rigidez equivalente a una capa de asfalto de 160 mm. concreto. (Madrid 2001)

En América Latina, ha habido más control a través de las regulaciones de reciclaje, como en Chile, donde la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Representantes aprobó a mediados de abril una nueva ley que promueve el reciclaje y amplía la responsabilidad del productor con el objetivo de prevenir el desperdicio. y aumentar el número de importadores y fabricantes para que tomen el control del final de la vida útil rentable de su producto y promuevan el reciclaje con otros posibles usos. Mucho se ha trabajado en el Ecuador para allanar el camino hacia el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, pero no existe un estándar que tome en cuenta el valor real y la extensión de lo que encuentran. Dado que las especificaciones se refieren a estándares internacionales, se analizan las características de los materiales utilizados en la producción de adoquines. Actualmente, el ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto se utiliza como ensayo de control de calidad, mientras que en otros países, como Colombia, Perú, Argentina y países europeos, este tipo de ensayo está obsoleto debido a que ha sido reemplazado por el ensayo de tracción indirecta, porque los adoquines fallan por el desarrollo de esfuerzos de tracción, cuyos valores se acercan más a los reales de Madrid (1992). (Saraguro et al 2021)

En mi país, los adoquines se diseñan principalmente para plazas, aceras y calles peatonales, porque los bloques de concreto tienen ventajas sobre otros pavimentos en cuanto a resistencia a la presión, estética y durabilidad; por otro lado, son fáciles de hacer. (Barrantes y Holguin, 2015).

Según Perú (Bazán, 2018), los residuos de construcción del acero o el reciclaje del acero no llaman la atención de las autoridades, no se implementan planes de manejo y tratamiento o, en general, todos los residuos que se permite obtener de su procesamiento y comercialización. Además, los residuos se disponen en diversas situaciones, lo que indica una falta de control previo y posterior de su contaminación o uso. Según (Bezzolo y D'Angelo, 2020) en los residuos de la construcción en acero hay que preguntarse cuánto se genera, qué tipo de residuo es y si este residuo tiene una finalidad o un uso, necesitamos entender dos características importantes de los residuos de la construcción

El adoquín es una gran alternativa en cuanto a las vías pero falta un manejo adecuado de materiales o elementos de reciclaje que permitan ser utilizados como una gran oportunidad de reutilizar, lamentablemente en nuestro país, aun no estamos preocupados en estos contextos, solo tenemos de manera general, por ello en esta investigación lo que se busca es reutilizar en este caso el acero, que muchas veces, se encuentra en la basura, en zonas de acopio, en demolición de obras e inclusive como chatarra.

En la ciudad de Trujillo donde se va a realizar esta investigación, el material reciclado en los últimos años no tiene un manejo adecuado, ni existe un área de manejo de residuos, a pesar que en nuestra ciudad contamos con más de 1 millón de habitantes, sin embargo ninguna autoridad hasta el momento ha realizado una planta de tratamiento de residuos que nos permita reutilizar y aprovechar en este caso estos elementos que podrían

tener un mejor fin como en el caso de adoquines para poder dar una alternativa de nuestros pavimentos en nuestra ciudad. Es por ello que esta investigación apunta a esos elementos reciclados para poder aportar a nuestra Ingeniería y a nuestra ciudad.

Se consideraron los siguientes antecedentes nacionales e internacionales ayudando a tener una base sobre los precedentes a esta investigación siendo estos los siguientes:

Como antecedente internacional, Hurtado Y Pincay (2019) presentaron la investigación donde tiene como objetivo elaborar adoquines eco amigables al ambiente con limalla y desperdicios de acero más materiales tradicionales para espacios públicos. Su diseño de investigación es experimental y su tipo de investigación es aplicada. Se utilizaron las proporciones de adoquines con 5%, 9% y 12% de desperdicio de acero en adoquines con dimensiones 10 x 20 x 6 cm para un concreto  $400 \text{ kg/cm}^2$ . Los resultados en la resistencia a la compresión con 5% de adición de desperdicio de acero a los 3 días  $286 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7 días  $379 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días  $394 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días  $443 \text{ kg/cm}^2$ , con 9% de adición de desperdicio de acero a los 3 días  $276 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7 días  $370 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días  $392 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días  $426 \text{ kg/cm}^2$ , con 12% de adición de desperdicio de acero a los 3 días  $270 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7 días  $369 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días  $391 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días  $426 \text{ kg/cm}^2$ . Se concluyó que no se desarrollaron anomalías entre el tradicional y el adicionado desperdicio de acero, así mismo con forme se adiciona la resistencia tiende a bajar. Esta investigación aporta la cantidad de elementos como parte de muestra, considerando el muestreo a conveniencia en nuestro capítulo de metodología.

Otro antecedente internacional, Nicolalde (2018) presentó la investigación tuvo como objetivo general el beneficio obtenido al agregar escorias y polvos de acería en la preparación del hormigón a ser utilizado en la fabricación de adoquines y bloques huecos

de hormigón. El tipo de investigación es aplicada y su diseño de investigación es experimental donde la fabricación de adoquines es 10, 15 y 20 cm de ancho en el caso de polvos de acería, el número de bloques por tablero varía dependiendo del ancho del bloque a producirse, 6 bloques de 10 cm de ancho, 4 bloques de 15 cm de ancho y 3 bloques de 20 cm de ancho, se observa en los resultados de resistencia a la compresión para bloques de 10 cm, 15 y 20 cm, existe un ligero aumento y no necesariamente cumplen para aliviamiento de losas de hormigón armado que es de 2 MPa, en el caso de absorción con polvo de acería con 10 cm de ancho con un promedio 12.54%, el caso de 15 cm de ancho con un promedio 13.80%, en el caso de 20 cm de ancho con un promedio 13.96%. Se concluyó los bloques fabricados con polvo de acería no cumplen con la normativa del Medio ambiente, por lo tanto, solo se usará para aliviamiento de losas de hormigón armado, tanto las escorias como polvo de acería cuentan con un alto contenido de metales pesados superiores a la normativa ambiental, los bloques con polvo de acería con respecto a los comunes cuestan más. Esta investigación aporta en costos, resultados de resistencia, absorción.

Como antecedente internacional, en Colombia Angarita Y Lizarazo (2018) presentaron en su tesis tuvo como objetivo principal evaluar mecánicamente adoquines de concreto reforzado con fibra de acero reciclada de neumático. Cuenta con un tipo de investigación aplicada y el diseño de investigación experimental. Los adoquines fabricados son para tráfico pesado con dimensiones 20 cm x 10 cm x 8 cm con un diseño de mezcla para 21 MPa, se consideró como muestra 9 cilindros y 5 adoquines, se adicionó 2%, 5%, 7% y 9% donde se evaluó a los 7, 14 y 28 días. En los resultados se puede observar que conforme se va aumentando el porcentaje la resistencia a compresión también aumenta, con respecto a la absorción para 2%, 5% y 7% con fibras gruesas o delgadas a los 28 días,

tiende a disminuir. Se concluye que a mayor porcentaje aumenta la resistencia a compresión, pero entre las fibras delgadas y gruesas, las fibras delgadas son las que tiende a tener mejor comportamiento, ya que presentan ondulaciones al largo de su longitud. Esta investigación aporta a nuestra investigación los tamaños de aceros reciclados para nuestro diseño de mezcla.

Además, también se tiene antecedente a nivel nacional, en Lima Miranda Y Rado (2019) presentaron la investigación donde su objetivo proponer una gama de mezclas de concreto reforzados con fibras de acero, cemento adicionado puzolánico y aditivos químicos para la construcción de pavimentos rígidos en la región Apurímac. Las muestra de concreto cuentan con un Agregado fino 64% y agregado grueso 36% las dosificaciones para M2 (360 kg de cemento, superplastificante 1% peso, incorporador de aire 0.045%, plastificante retardante 0.40%, fibras de acero 20 kg), M3 (360 kg de cemento, superplastificante 1.10% peso, incorporador de aire 0.030%, plastificante retardante 0.45%, fibras de acero 25 kg), M4 (360 kg de cemento, superplastificante 1.20% peso, incorporador de aire 0.010%, plastificante retardante 0.50%, fibras de acero 30 kg), M6 (380 kg de cemento, superplastificante 1.10% peso, incorporador de aire 0.045%, plastificante retardante 0.50%, fibras de acero 20 kg), M7 (380 kg de cemento, superplastificante 1.20% peso, incorporador de aire 0.045%, plastificante retardante 0.55%, fibras de acero 25 kg), M8 (380 kg de cemento, superplastificante 1.30% peso, incorporador de aire 0.020%, plastificante retardante 0.60%, fibras de acero 30 kg). Según sus resultados todas las mezclas con relaciona agua-cemento = 0.40 superan los  $45 \text{ kg/cm}^2$ . Los concretos de relación agua-cemento = 0.45 son los que se adaptan mejor a los requerimientos especificados y mantienen una variación aceptable en el costo de producción. En caso de utilizar dichos concretos con fibras de acero, los costos superarían

los beneficios de manera excesiva. La conclusión en la mezcla más eficiente que cumple las condiciones del expediente técnico es M6 (380 kg de cemento, superplastificante 1.10% peso, incorporador de aire 0.045%, plastificante retardante 0.50%, fibras de acero 20 kg) para realizar la aplicación en el tramo del proyecto de pavimentación en la provincia de Grau del departamento de Apurímac. El aporte de esta investigación identificar las proporciones considerando las cantidades de reciclado de acero para un concreto en adoquines.

Otro antecedente nacional, en Lima Rea (2022) a través de la investigación tiene como objetivo determina sus propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto con la adición de viruta metálica y caucho reciclado, en cantidades del 3%, 5% y 7%. en basadas al peso del cemento. El tipo de investigación es aplicada y su diseño de investigación es no experimental, la muestra se obtuvo 112 ensayos determinando: absorción, variación dimensional, alabeo, densidad, así mismo al concreto se adicionó 3%, 5% y 7% de viruta de acero reciclada y 3%, 5%, 7% de caucho reciclado. Según los resultados el concreto con 3% de viruta de acero reciclada a los 7 días tuvo una resistencia a la compresión de  $121.1 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días tuvo  $152.2 \text{ kg/cm}^2$ , con 5% de viruta de acero reciclada a los 7 días tuvo una resistencia a la compresión de  $197 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días tuvo  $280.6 \text{ kg/cm}^2$ , con 7% de viruta de acero reciclada a los 7 días tuvo una resistencia a la compresión  $195.8 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días tuvo  $309.6 \text{ kg/cm}^2$ . Se concluyó que la adición de viruta reciclada en un 7%, aceptable con lo requerido del trabajo de investigación y la norma técnica para la utilización en pavimentos con adoquines de concreto, respecto a la absorción con 5% y 7% de viruta de acero cumple también la normativa técnica, acerca de la densidad en adoquines se obtuvo resultados mayores en promedio de  $2.1 \text{ kg/m}^3$ , con la incorporación de viruta metálica, conteniendo 5% y 7% (son



adoquines con superior valor de resistencia a la compresión). Esta investigación nos aporta los resultados a obtener como resistencia a la compresión, absorción, densidad.

Como último antecedente a nivel nacional, en Lima Risco (2020) a través de la tesis tiene como objetivo determinar la influencia del polvillo de acero y de cascara de arroz reciclados en la resistencia a compresión, abrasión y absorción de humedad de adoquines. Su investigación es de tipo aplicada, cuasi-experimental, según sus resultados el 5% de polvo de acero y 5% de polvillo de cascara de arroz registró una resistencia a compresión de  $280.25 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, en la abrasión el diseño patrón tuvo 22%, el diseño con 2.5% Polvillo de acero y 2.5% cascara de arroz tuvo 20%, el diseño con 5% polvillo de acero y 5% cascara de arroz tuvo 17%, en la absorción a los 28 días el diseño patrón tuvo 22.15%, el diseño con 2.5% Polvillo de acero y 2.5% cascara de arroz tuvo 13.86% y con 5% polvillo de acero y 5% cascara de arroz tuvo 9.48%. La conclusión muestra que presenta un aumento positivo en la resistencia del concreto al incorporar el polvillo de acero y la cascara de arroz reciclados. Esta investigación aporta a mi investigación con los procedimientos de los ensayos en el laboratorio.

Las bases teóricas que sirvieron para entender los aspectos principales del fenómeno de estudio son las siguientes:

Se define al adoquín como un prefabricado de concreto, constituido por agua, cemento, agregado fino y agregado grueso; utilizados especialmente para la construcción de pavimentación permitiendo obtener un producto de manera mecánica en la mayoría de casos en diferentes formas y colores con diferentes resistencias dependiendo la utilización que se le dará. (Rea, 2022)

Los adoquines se clasifican según su forma: Tipo I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal Tipo II: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero Tipo III: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores. (Montañez, 2018)

**Tabla 1.**

*Requisitos físico mecánicos: espesor nominal y resistencia a la compresión*

TIPO	ESPESOR NOMINAL (m m)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMO en Mpa ( $\text{kg/cm}^2$ )	
		PROMEDIO (3 unidades)	UNIDAD INDIVIDUAL
<b>I</b> <b>(PEATONAL)</b>	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
<b>II</b> <b>(LIGERO)</b>	60	41 (320)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
<b>III</b> <b>(vehicular pesado, patios industriales o contenedores)</b>	$\geq 80$	55 (561)	50 (510)

*Nota:* La tabla muestra las propiedades mecánicas que deben de cumplir los adoquines de concreto de acuerdo a su clasificación. Norma Técnica Peruana NTP 399 611

Las características físicas y mecánicas que presentan los adoquines son aquellas que tienen que cumplir con algunos requisitos como son: Absorción: el porcentaje de absorción no debe superar el 6%, esto asegura que, en los cambios de clima, sobre todo en heladas estos puedan resistir. Esfuerzo de rotura: su resistencia no es inferior a 3.6Mpa. Resistencia al desgaste por abrasión: debe ser 23mm. Resistencia al deslizamiento: normalmente deben mantener esta resistencia durante toda su vida útil; sin embargo, en algunos casos se ve disminuida debido al pulido excesivo. (Arango, 2016)

Las fibras son secciones de acero bajo en carbono o acero inoxidable, variando su forma mejorando así el contacto entre fibra y cemento. Estas se caracterizan

geométricamente por su forma, longitud y diámetro; su forma puede ser recta, ondulada (irregular) o con dobleces en los extremos. Las fibras de acero están disponibles en acero al carbono, a veces aleado para mejorar las propiedades mecánicas y de ingeniería, y en acero inoxidable. También puedes encontrar fibra galvanizada o galvanizada, que es más económica que el acero inoxidable y más resistente a la corrosión. (Ramos, 2019).

Las virutas de madera son un subproducto de herramientas como cepillos o taladros, y nuevamente los autores sugieren que este residuo de la industria del metal tiene varios usos. El ACI (American Concrete Institute) El hormigón reforzado con fibra de acero se define como cemento hidráulico que contiene agregados de acero, fino, gruesos y discretos. (Deledesma, 2019)

Las fibras de acero con mayor resistencia a la tracción se producen con perfiles ondulados, superficies deformadas o con extremos ondulados. Este tipo de fibra tiene una mejor capacidad de anclaje que las fibras lisas. La resistencia de las fibras, la rigidez y la capacidad de adherencia son propiedades importantes del hormigón reforzado con fibras. La resistencia depende del material utilizado para fabricar las fibras y la rigidez de la sección transversal, mientras que la resistencia de la adherencia depende principalmente de la relación de aspecto. (Pacheco, 2016)

Las ventajas de agregar fibras de acero al concreto son: • Mayor resistencia al impacto, fatiga y agrietamiento. • Mejora la resistencia a la tracción y la flexibilidad. • Reduce el agrietamiento causado por la contracción del concreto. • Su forma ayuda a anclarlo mecánicamente al hormigón. (Medina & Ramos, 2021)

Hay diferentes tipos de limaduras de metal, y su resistencia en términos de propiedades mecánicas está directamente relacionada con la cantidad incluida en la mezcla. Virutas discontinuas: Hierro fundido y materiales similares al latón que se rompen

cuando se cortan, esparciendo pedazos muy pequeños. Viruta discontinua: Pertenece al material maleable, es difícil de cortar y es adecuado para hacer una pieza corta. Los fragmentos continúan sobresaliendo: este es un material maleable, así como un material adherido soldado a la superficie. (Abanto, 2017)

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el reciclado de acero para mejorar las propiedades mecánicas del adoquín  $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$ -Trujillo, 2022?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de reciclado de acero para mejorar las propiedades mecánicas del adoquín  $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$ -Trujillo, 2022

### 1.3.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar el diseño de mezcla para un concreto  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ .

OE2: Determinar el porcentaje ideal de reciclado de acero en un concreto  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ .

OE3: Comparar las propiedades mecánicas de un concreto convencional  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$  con un concreto adicionando el reciclado de acero.

## 1.4. Hipótesis

El reciclado de acero permite mejorar las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque de estudio fue *cuantitativo*, debido a que mediante la recolección de datos se comprobó la hipótesis en base a mediciones y análisis estadísticos estableciendo pautas de comportamiento y probar teorías. (Sánchez y Reyes, 2015)

El tipo de investigación fue *aplicada*, porque busca en base a la investigación básica, pura o fundamental en las ciencias fácticas o formales que se formulan problemas o hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad; como es la aplicación de los porcentajes de reciclado de acero en 4.5%, 6.5% y 8.5% determinando, así como influye en las propiedades de los adoquines. (Ñaupas, 2013)

El diseño de investigación fue experimental, Según Hernández, et al., (2014) considerando como la variable independiente es la causa hipotética de la relación entre las variables dadas, mientras que la variable dependiente es el efecto causado por la variable independiente. Luego se realizan analizando si la variable independiente afecta a una o más variables dependientes y por qué.

**Tabla 2***Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	nd.	Instrumentos	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: Reciclado de acero	EL acero es una aleación de hierro y carbono en un porcentaje variando en porcentaje de 0.03% y 1.075% en nada de su composición (Contreras & Peña, 2017)	Se realizará la aplicación al concreto del reciclado de acero en forma de viruta en porcentajes de 4.5%, 6.5%, 8.5% para su posterior evaluación	Dosificación	-4.5% reciclado de acero -6.5% reciclado de acero -8.5% reciclado de acero		Guía de observación	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE: E: Propiedades Mecánicas del Adoquín F'c= 280 Kg/cm <sup>2</sup>	Según Montiel (2017), Los adoquines son bloques simples de concreto que han pasado por un proceso de compactación por vibración, lo que proporciona un tránsito más rápido, cómodo y seguro, y es económico y funciona mejor en tiempo de lluvia, calles, aceras, patios, jardines, etc.	Realizará ensayos para luego elaborar el diseño de mezcla, luego adicionar reciclado de acero, mediante los adoquines para la rotura a los 14 y 28 días	Propiedades Mecánicas	-Resistencia compresión -Asentamiento -Densidad -Absorción	g/cm <sup>2</sup>	Guía de observación	Intervalo

En la investigación es considerado como población a los adoquines  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  adicionados con acero. La población debe conceptualizarse desde los términos siguientes: elementos, unidades de muestreo, alcance y tiempo (Bernal, 2016)

La muestra estuvo constituida por 24 adoquines en total elaborados para ambos ensayos los cuales se realizaron con porcentajes de 0%, 4.5%, 6.5% y 8.5% de reciclado de acero para una resistencia de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 y 28 días. La muestra es un subconjunto de la población que se obtiene de un proceso, es la que se desea investigar, se le denomina población de interés, debe ser representativo (Gómez, 2016)

**Tabla 3**

*Número de probetas elaboradas a ensayar*

<b>Tipo</b>	<b>Diseño de concreto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Edad de curado</b>	<b>N° de probetas</b>
Patrón	280	14	3
		28	3
Patrón con Adición del 4.5% de acero reciclado	280	14	3
		28	3
Patrón con Adición del 6.5% de acero reciclado	280	14	3
		28	3
Patrón con Adición del 8.5% de acero reciclado	280	14	3
		28	3
<b>Sub Total 1 de probetas</b>			<b>24</b>

*Nota:* Total de probetas que se elaboraron para realizar los ensayos primero el de absorción y luego en ensayo de resistencia a la compresión con un diseño de concreto de  $280\text{kg/cm}^2$  a los diferentes días de curado 14 y 28 y cada una con 3 repeticiones.

El muestreo fue no probabilístico a conveniencia. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La técnica que se utilizó fue la Observación, Según Romero, et al (2021) es el proceso de conocimiento de la realidad factual, mediante el contacto directo del sujeto cognoscente y el objeto o fenómeno por conocer a través de los sentidos. Se tomaron los datos mediante los ensayos en el laboratorio para el estudio de sus propiedades mecánicas del adoquín de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  convencional y con adición de reciclado de acero.

En la investigación como instrumento se consideró la Guía de observación. Según Tamayo (2004) definido como el dato del sistema pueden ser recolectados y registrados de manera uniforme, incluye variables o elementos que permiten una revisión clara y objetiva de los hechos, agrupar datos de acuerdo a necesidades específicas y responder preguntas estructurales sobre la estructura. Este instrumento permitió dar a conocer una mejor descripción de las características y/o propiedades de la actual unidad de estudio.

En el caso de Materiales, instrumentos y métodos se presentan a continuación detallados de la siguiente manera:

#### Materiales

- Mallas tamizadoras
- Recipientes metálicos
- Moldes de adoquines
- Baldes



- Cono de Abrams

#### Instrumentos

- Regla metálica
- Balanza

#### Equipos

- Equipo de compresión

#### Muestras

- Agregado grueso
- Agregado fino
- Cemento
- Reciclado de acero

Para el procedimiento de la investigación se procedió primero la recolección de la materia prima siendo el agregado grueso, agregado fino y reciclado de acero.

Se procedió a la realización de la caracterización del agregado grueso y agregado fino consistiendo en el ensayo de análisis granulométrico bajo la norma NTP 400.012 que consistió en pasar una cierta cantidad de muestra por las mallas previamente pesadas para luego después del tamizado ser pesadas con el material retenido en cada una de ellas y con los datos obtenidos se determinó el TMN y TM del agregado grueso y el Módulo de finura del agregado fino, siguiendo la siguiente formula:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Donde:

A: masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total

$W_1$ : masa de la fracción más fina que la malla de 4.75mm (N°4) en la muestra total.

$W_2$ : masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4.75mm (N°4) efectivamente tamizada

B: masa del incremento en la porción reducida tamizada.

El desarrollo del contenido de humedad bajo la norma ASTM C 566 que consistió en pesar los recipientes vacíos luego con muestra para después colocarla en el horno durante 16 horas a una temperatura de 110°C y con los datos obtenido se determinó el porcentaje de humedad de los agregados, siguiendo la siguiente formula:

$$\rho = 100 (W - D)/D$$

Donde:

$\rho$ : contenido de humedad total evaporable de la muestra en %

W: masa original de la muestra en gr

D: masa de la muestra secada en gr

Para el ensayo de peso unitario mediante la norma ASTM C29 determinados para el peso unitario suelto que se inició pesando el molde vacío y luego llenándolo hasta el borde enrasándolo y pesándolo y para el peso unitario compacto luego de pesar el molde vacío se agregó el material en 3 capas y chuseando para el reacomodo del material, guiándonos con la siguiente fórmula:

Para el peso unitario compactado:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M: peso unitario compactado en  $\text{kg/m}^3$

G: masa de los áridos más en el recipiente en kg

T: masa del recipiente en kg

V: volumen del recipiente en  $\text{m}^3$

Para el peso unitario suelto:

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M: peso unitario compactado en  $\text{kg/m}^3$

G: masa de los áridos más en el recipiente en kg

T: masa del recipiente en kg

F: factor del recipiente en  $\text{m}^3$

En el ensayo de absorción y peso específico bajo la norma ASTM C 127 para el agregado grueso se realizó mediante el ensayo de Arquímedes el cual consistió en sumergir la muestra durante 24 horas para obtener el peso saturado, luego en el equipo de Arquímedes se halló el peso sumergido y finalmente se coloca el agregado secado superficialmente con un paño en un recipiente para colocarlo en el horno a una temperatura de  $110^\circ\text{C}$  durante 16 horas, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico } (S) = \frac{A}{B - C} \quad (1)$$

$$\text{Peso esécífico } (SSS) = \frac{B}{(B - C)} \quad (2)$$

$$\text{Peso esécífico aparente} = \frac{A}{(A-C)} \quad (3)$$

$$\text{Absorción \%} = \left[ \frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A: masa al aire de la muestra de ensayo secado al horno en gr

B: masa al aire de la muestra en condición SSS en gr

C: masa aparente de la muestra saturada sumergida en agua en gr.

Para el ensayo de absorción y peso específico bajo la norma ASTM C 128 para el agregado fino por medio de una fiola se pesa una cierta cantidad de muestra y se agrega para luego pesarla, se llena con agua quitando previamente las burbujas se vuelve a pesar se retira el material en un recipiente previamente pesado y luego se deja reposar hasta que el material fino este suspendido totalmente se retira el exceso de agua y se coloca en el horno para proceder al secado.

Donde:

$$SH = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (1)$$

$$SSS = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (2)$$

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (3)$$

$$\text{Absorción \%} = \left[ \frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

A= masa del espécimen secado al horno.

B= masa del picnómetro llenado con agua hasta la marca de calibración, g

C= masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua hasta la marca de calibración, g

R1= lectura inicial del agua en el matraz Le Chatelier, ml

R2= lectura final del agua en el matraz Le Chatelier, ml

S=masa del espécimen saturado y superficialmente seco (usado en procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa) o en absorción con ambos procedimientos, g.

S1= masa del espécimen saturado y superficialmente seco (usado en el procedimiento volumétrico para densidad y densidad relativa (gravedad específica)), g

Luego de realizada la caracterización se hizo el cálculo para el diseño de mezcla para la elaboración de los adoquines de concreto, donde se utilizó el método ACI 211 en el cual se utilizó cemento tipo I. Se inició con la elaboración de los adoquines patrón y luego con las adiciones del reciclado de acero en los porcentajes de 4.5%, 6.5% y 8.5%. y en estado fresco se realizó el ensayo de asentamiento con las diferentes adiciones.

A continuación, se curaron a 14 y 28 días, pasado el tiempo de curado se realizaron los ensayos de resistencia y absorción de los adoquines

Para el análisis estadístico de la presente investigación se utilizó el método de inferencia estadística ANOVA, gráficos, tablas, registros anecdóticos, detallando como se resolvieron los procesos y validando que estén cumpliendo de acuerdo a las fechas programadas.

Con respecto a los aspectos éticos se tuvo en cuenta lo establecido por las normas ASTM y NTP para los ensayos que se desarrollaron en la presente investigación, así como también las normas del código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú el cual mejora el procedimiento de desarrollo y ejecución de la investigación teniendo en cuenta aspectos que regulan y promueve el adecuado ejercicio profesional. Los investigadores se enfocaron en que los resultados tengan veracidad y credibilidad de toda la información obtenida evidenciada en anexo los cuales se consiguieron realizándose por medio de ensayo en laboratorio.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se detallan los resultados de los ensayos de caracterización del agregado grueso y agregado fino; además de los ensayos realizados a los adoquines patrón y con dosificaciones de reciclado de acero.

Respondiendo al objetivo OE1: Determinar el diseño de mezcla para un concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> se inició con la caracterización de los agregados (fino y grueso) como se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 4**

*Caracterización de agregado grueso y fino*

CARACTERIZACIÓN	AGREGADO		
	GRUESO	FINO	
	<b>Tm</b>	1"	--
<b>Granulometría</b>	<b>TMN</b>	¾"	--
	<b>MF</b>	--	2.77
<b>Ph</b>		7.00	7.10
<b>Conductividad</b>		823.3 (uS/cm)	1982.3 (uS/cm)
<b>Peso Específico</b>		2578 (kg/m <sup>3</sup> )	2783 (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Absorción (%)</b>		4.2 (%)	1.8 (%)
<b>Peso Unitario Seco Suelto</b>		1600(kg/m <sup>3</sup> )	1611 (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Peso Unitario Compactado Seco</b>		1802 (kg/m <sup>3</sup> )	1810 (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Contenido De Humedad</b>		2.5 (%)	2.7 (%)

*Nota:* Muestra el resumen de los promedios de las pruebas de caracterización realizados para el agregado grueso y del agregado fino. Laboratorio del Grupo IMG

La caracterización de los agregados se obtuvo mediante diversos ensayos entre ellos tuvimos para el agregado grueso el ensayo de granulometría donde se determinó el TM el cual fue de 1" y el TMN el cual fue  $\frac{3}{4}$ " y para el agregado fino se determinó el Módulo de Finura el cual fue 2.77. para el ensayo de peso específico para el agregado grueso se determinó un valor de  $2578 \text{ kg/m}^3$  y para el agregado fino un valor de  $2783 \text{ kg/m}^3$ , para el ensayo de absorción para el agregado grueso un valor de 4.2% y para el agregado fino 1.8%, para el ensayo de peso unitario se determinó peso unitario suelto seco del agregado grueso un valor de  $1600 \text{ kg/m}^3$  y para el agregado fino  $1611 \text{ kg/m}^3$ , para el peso unitario compacto seco para el agregado grueso  $1802 \text{ kg/m}^3$  y para el agregado fino  $1810 \text{ kg/m}^3$ , y para el contenido de humedad para el agregado grueso un valor de 205% y para el agregado fino un valor de 2.7%.

**Tabla 5**

*Propiedades del cemento tipo I*

<b>Cemento</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Cemento Tipo I	3.12	$\text{gr/cm}^3$

**Nota:** Valor del peso específico del cemento utilizado para el diseño de mezcla.

Laboratorio del Grupo IMG

Dentro de los tipos de cemento se utilizó el cemento tipo I debido a que no contiene ningún tipo de adición y con respecto a las propiedades del cemento la que nos ayudó para la determinación del diseño de mezcla fue la del peso específico el cual tiene un valor de  $3.12 \text{ gr/cm}^3$ .



**Tabla 6**

*Valores del diseño de mezcla en seco*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	440
Agua	l/m <sup>3</sup>	205
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	552
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	1123

**Nota:** Valores de los componentes secos para la realización del diseño de mezcla.

Laboratorio del Grupo IMG

**Tabla 7**

*Valores corregidos del diseño de mezcla*

<b>CEMENTO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Proporción en peso</b>	<b>volumen m<sup>3</sup></b>
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	439.9	19	1.0	0.1
Agua	l/m <sup>3</sup>	219.8	9	0.5	0.2
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	567.2	24	1.3	0.2
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	1150.7	48	2.6	0.4
Peso Esp. Agua	1000	kg/m <sup>3</sup>		R a/c	0.50

**Nota:** Valores de presentación del diseño de mezcla en estado húmedo para un concreto patrón. Laboratorio del Grupo IMG

Para la determinación del diseño de mezcla fue según el método ACI 211 en el cual intervienen diversos pasos con datos obtenidos de la caracterización de los agregados y así poder determinar las cantidades de los materiales mostrados en las tablas 4 y 5. Se determinaron además la relación a/c la cual fue 0.50 y las diferentes proporciones en peso de los materiales secos y del agua.

Respondiendo al objetivo OE2: Determinar el porcentaje ideal de reciclado de acero en un concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ; se realizaron los ensayos de resistencia obteniendo el mejor porcentaje.

**Tabla 8**

*Resultado de repeticiones y promedio del asentamiento*

% RECICLADO DE ACERO	ASENTAMIENTO	
	REPETICION	PROMEDIO
0%	3.8	3.8
	3.8	
	3.9	
4.5%	3.5	3.5
	3.5	
	3.6	
6.5%	3.4	3.4
	3.5	
	3.4	
8.5%	3.2	3.2
	3.2	
	3.3	

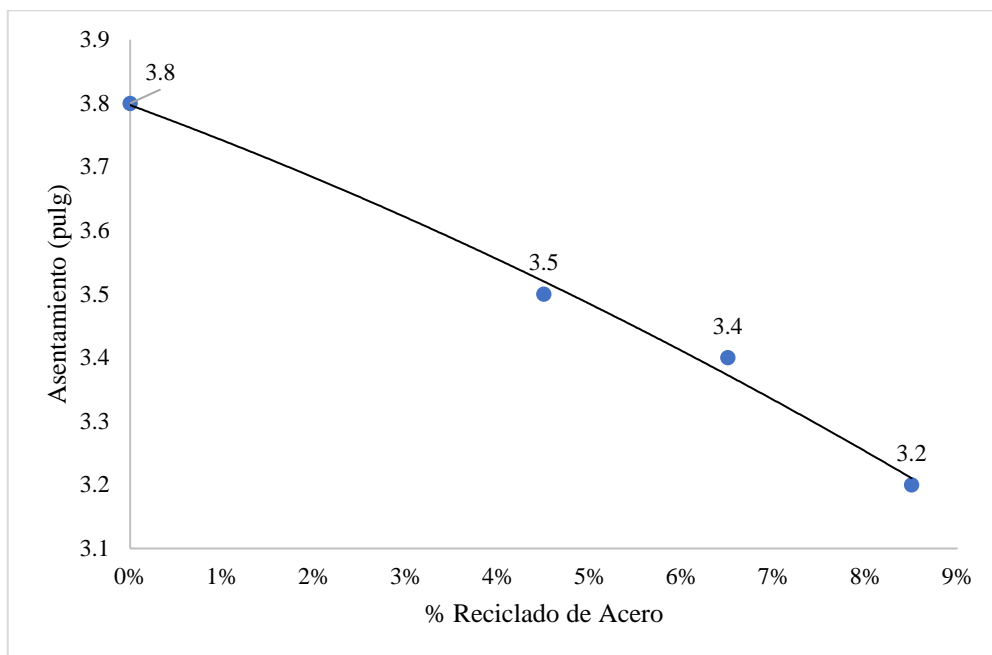
*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de asentamiento de la muestra patrón y de las dosificaciones de reciclado de acero.

Laboratorio del Grupo IMG

El asentamiento determinó la trabajabilidad que tiene el concreto en fresco según se observa para la muestra patrón varía entre 3.9pulg y 3.8pulg, para la adición de 4.5% de reciclado de acero varía entre 3.6pulg y 3.5pulg, para la adición de 6.5% varía entre 3.5pulg y 3.4pulg, para la adición de 8.5% varía entre 3.2pulg y 3.3pulg.

**Figura 1**

*Promedio del asentamiento de los adoquines*



*Nota:* En la figura se muestra los datos promedio del asentamiento mostrando una disminución al ir incrementando la adición del reciclado de acero. Laboratorio del Grupo IMG

Los resultados obtenidos muestran que conforme va aumentando la adición del reciclado de acero este va disminuyendo, su valor máximo es de la muestra patrón presentando un valor promedio de 3.8pulg y el valor mínimo es de la adición del 8.5% de reciclado de acero con un valor promedio mínimo de 3.2pulg.

**Tabla 9**
*Resultado de la resistencia a la compresión a 14 días*

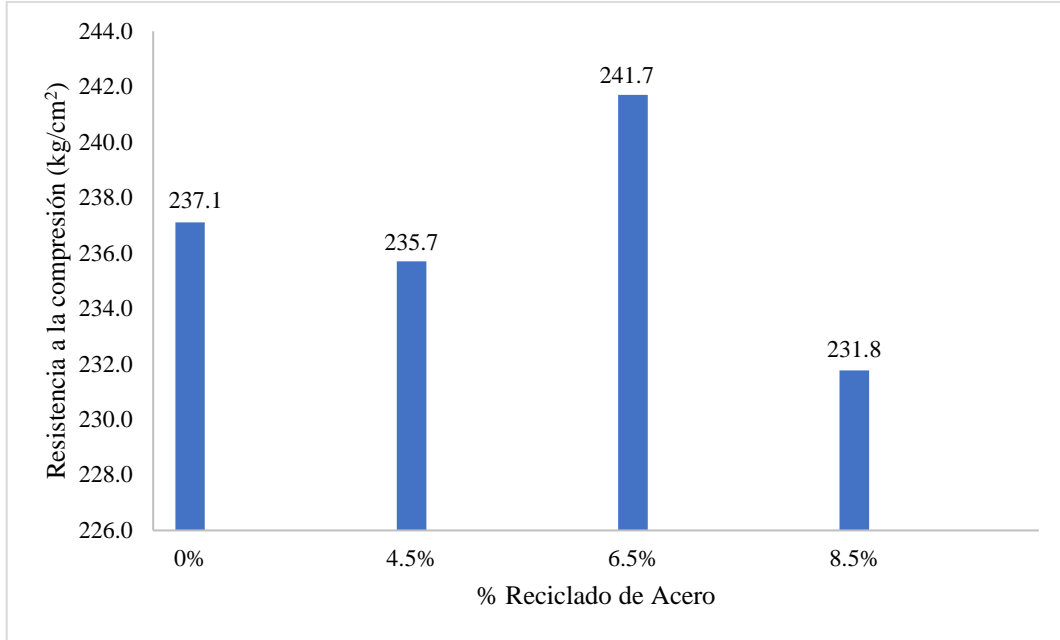
% RECICLADO DE ACERO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (14 DIAS) $\text{kg/cm}^2$	
	REPETICION	PROMEDIO
0%	238.63	237.1
	236.12	
	236.56	
4.5%	234.72	235.7
	237.32	
	235.07	
6.5%	240.05	241.7
	242.02	
	243.05	
8.5%	230.63	231.8
	233.01	
	231.66	

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de la muestra patrón y las que tienen adición. Laboratorio del Grupo IMG

El ensayo de resistencia a la compresión determinó la resistencia que tiene el concreto en estado endurecido después de 14 días de curado después de moldeo, según se observa para la muestra patrón varía entre  $238 \text{ kg/cm}^2$  y  $236 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 4.5% de reciclado de acero varía entre  $234 \text{ kg/cm}^2$  y  $237 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 6.5% varía entre  $240 \text{ kg/cm}^2$  y  $243 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 8.5% varía entre  $230 \text{ kg/cm}^2$  y  $233 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura 2**

*Promedio de la resistencia a la compresión de los adoquines a 14 días*



Nota: En la figura se muestra los datos promedio del ensayo de resistencia a la compresión realizada a los 14 días, donde muestra un mejor resultado en la adición de un 6.5%.

Laboratorio del Grupo IMG

Los resultados obtenidos muestran una variación entre las muestras patrón y las muestras con adición de reciclado de acero, la muestra patrón presenta un valor de  $237.1 \text{ kg/cm}^2$ , luego se observa una disminución al aumentar la primera adición de 4.5% de reciclado de acero con un valor de  $235.7 \text{ kg/cm}^2$ , su mayor valor se encuentra con la adición de 6.5% de reciclado de acero con un valor de  $241.7 \text{ kg/cm}^2$  y el valor mínimo es de la adición del 8.5% de reciclado de acero con un valor promedio mínimo de  $231.8 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 10**
*Resultado de la resistencia a la compresión a 28 días*

% RECICLADO DE ACERO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (28 DIAS) $\text{kg/cm}^2$	
	REPETICION	PROMEDIO
0%	291.52	293.7
	294.43	
	295.01	
4.5%	297.05	298.1
	296.97	
	300.38	
6.5%	320.66	324.2
	324.73	
	327.27	
8.5%	293.04	294.8
	296.52	
	294.91	

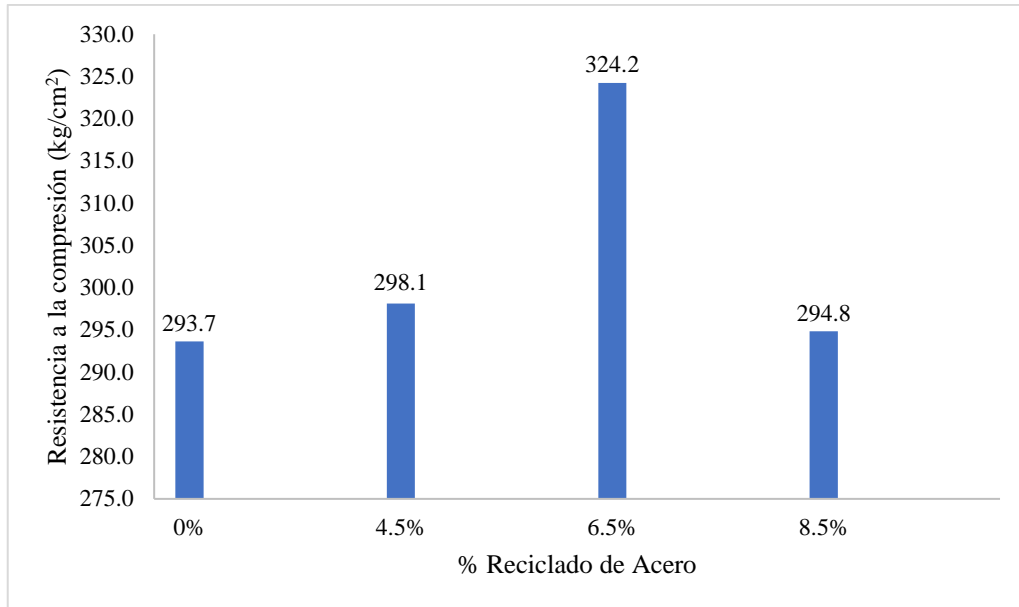
**Nota:** En la tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días de los adoquines patrón y con adición.

Laboratorio del Grupo IMG

El ensayo de resistencia a la compresión determinó la resistencia que tiene el concreto en estado endurecido después de 28 días de curado después de moldeo, según se observa para la muestra patrón varía entre  $291 \text{ kg/cm}^2$  y  $294 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 4.5% de reciclado de acero varía entre  $296 \text{ kg/cm}^2$  y  $300 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 6.5% varía entre  $320 \text{ kg/cm}^2$  y  $327 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de 8.5% varía entre  $293 \text{ kg/cm}^2$  y  $296 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura 3**

*Promedio de la resistencia a la compresión de los adoquines a 28 días*



**Nota:** En la figura se muestra los datos promedio de la resistencia a la compresión realizada a los 28 días, mostrando que el mejor resultado se da con la adición de 6.5%.

Laboratorio del Grupo IMG

Los resultados obtenidos muestran una variación entre las muestras patrón y las muestras con adición de reciclado de acero, la muestra patrón presenta un valor de  $293.7 \text{ kg/cm}^2$ , luego se observa un incremento al aumentar la primera adición de 4.5% de reciclado de acero con un valor de  $298.1 \text{ kg/cm}^2$ , su máximo valor se encuentra con la adición de 6.5% de reciclado de acero con un valor de  $324.2 \text{ kg/cm}^2$  y el valor mínimo es de la adición del 8.5% de reciclado de acero con un valor promedio mínimo de  $294.8 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 11**
*Resultado del ensayo de absorción de los adoquines*

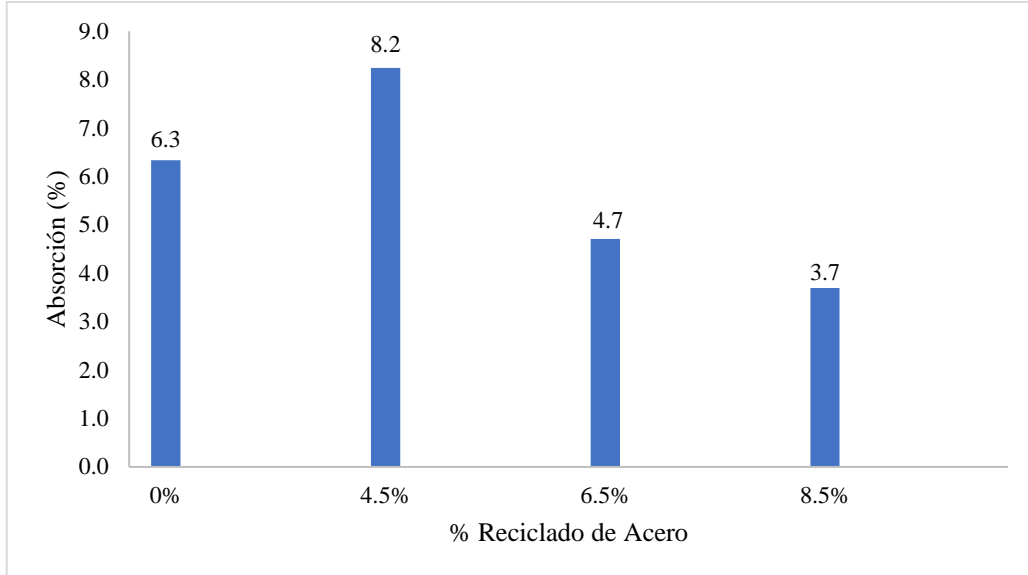
% RECICLADO DE ACERO	ABSORCIÓN (%)	
	REPETICION	PROMEDIO
0%	6.27	6.3
	6.26	
	6.48	
4.5%	8.38	8.2
	8.2	
	8.15	
6.5%	5.18	4.7
	4.58	
	4.37	
8.5%	3.56	3.7
	3.98	
	3.54	

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de la absorción de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

Laboratorio del Grupo IMG

El ensayo de resistencia a la compresión determinó la resistencia que tiene el concreto en estado endurecido después de 28 días de curado después de moldeo, según se observa para la muestra patrón varía entre 6.26% y 6.48%, para la adición de 4.5% de reciclado de acero varía entre 8.15% y 8.38%, para la adición de 6.5% varía entre 4.37% y 5.18%, para la adición de 8.5% varía entre 3.54% y 3.98%.



**Figura 4***Promedio del ensayo de absorción*

Nota: En la figura se muestra los datos promedios del ensayo de absorción de los adoquines patrón y con adición, donde muestra un aumento y luego una disminución.

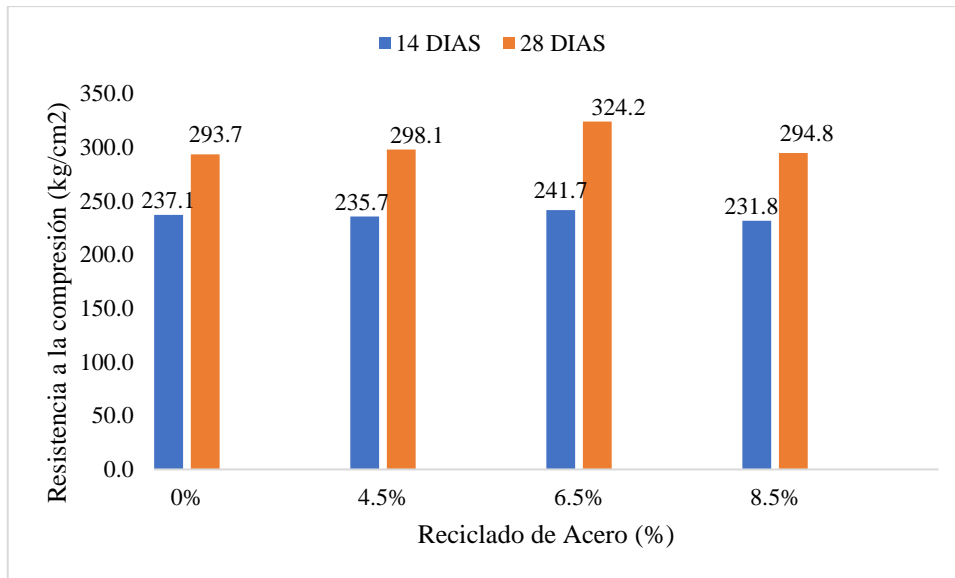
Laboratorio del Grupo IMG

Los resultados obtenidos muestran una variación entre las muestras patrón y las muestras con adición de reciclado de acero, la muestra patrón presenta un valor de 6.3%, luego se observa un incremento al aumentar la primera adición de 4.5% de reciclado de acero obteniendo un máximo valor de 8.2%, con la adición de 6.5% de reciclado de acero va disminuyendo con un valor de 4.7% y el valor mínimo es de la adición del 8.5% de reciclado de acero con un valor promedio mínimo de 3.7%.

Respondiendo al tercer objetivo OE3: Comparar las propiedades mecánicas de un concreto convencional  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con un concreto adicionando el reciclado de acero.

**Figura 5**

*Comparación de los ensayos de resistencia a los diferentes días de curado*



Nota: La figura muestra la diferencia entre las resistencias obtenidas a los diferentes días de curado. Laboratorio del Grupo IMG

Los resultados obtenidos muestran una variación entre las muestras patrón y las muestras con adición de reciclado de acero para los diferentes tiempos de curado de 14 días y 28 días, en ambos casos se observa que la adición del 6.5% de reciclado de acero tiene la máxima de resistencia y al aumentar el 8.5% de reciclado de acero disminuye. Para los 14 días entre los valores de la muestra patrón respecto con la mejor adición hubo un aumento de 1.9% y para los 28 días de curado los valores de la mejor adición de reciclado de acero con respecto a la muestra patrón un aumento de 9.4%.

**Tabla 12.**

*Análisis de varianza de un factor del ensayo de Absorción*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	0.195	0.04875	0.00132292
Columna 2	12	24	2	0.72727273
Columna 3	12	68.95	5.74583333	3.28671742

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma, promedios y varianza del ensayo de la absorción de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

**Tabla 13.**

*Análisis de Varianza del ensayo de Absorción*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	134.327892	2	67.1639461	38.0249097	2.6155E-08	3.38518996
Dentro de los grupos	44.1578604	25	1.76631442			
Total	178.485753	27				

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma de cuadrados, promedios de los cuadrados, F experimental y Valor crítico para F de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de la absorción de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

**Tabla 14.**
*Análisis de varianza de un factor del ensayo de Asentamiento*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	0.195	0.04875	0.00132292
Columna 2	12	24	2	0.72727273
Columna 3	12	42.1	3.50833333	0.05356061

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma, promedios y varianza del ensayo del asentamiento de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

**Tabla 15.**
*Análisis de Varianza del ensayo de Asentamiento*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	38.7450887	2	19.3725443	56.3605233	5.4544E-10	3.38518996
Dentro de los grupos	8.59313542	25	0.34372542			
Total	47.3382241	27				

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma de cuadrados, promedios de los cuadrados, F experimental y Valor crítico para F de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo del asentamiento de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

**Tabla 16.**

*Análisis de varianza de un factor del ensayo de Resistencia a la Compresión*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
Columna 1	4	0.195	0.04875	0.00132292
Columna 2	12	24	2	0.72727273
Columna 3	12	2838.84	236.57	15.1408909
Columna 4	12	3632.49	302.7075	175.128911

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma, promedios y varianza del ensayo de la resistencia a la compresión de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

**Tabla 17.**

*Análisis de Varianza del ensayo de Resistencia a la Compresión*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	716418.229	3	238806.076	4091.92488	1.1914E-45	2.86626555
Dentro de los grupos	2100.97179	36	58.3603276			
Total	718519.201	39				

*Nota:* En la tabla se muestra el resumen de los valores de la suma de cuadrados, promedios de los cuadrados, F experimental y Valor crítico para F de los resultados obtenidos y el promedio del ensayo de la resistencia a la compresión de los adoquines patrón y con adición de reciclado de acero.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para la realización del diseño de mezcla se obtuvieron los resultados de la caracterización al agregado grueso y agregado fino mediante el método ACI 211; definiendo la cantidad de los componentes para la mezcla; se trabajó con el cemento Pacasmayo tipo I y una relación agua cemento  $R a/c = 0.50$ .

Se realizaron los ensayos para la determinación del asentamiento donde se puede observar que va disminuyendo teniendo un valor máximo de 3.8 pulg para el adoquín patrón y un valor mínimo de 3.2 pulg para la máxima cantidad de adición; debido a ello es que la trabajabilidad disminuye haciendo que la mezcla este más espesa y difícil de manejar; del mismo modo la absorción presenta una disminución, como valor máximo se obtuvo la adición del 4.5% de reciclado de acero con un valor de 8.2% y como valor mínimo la adición de 8.5% de reciclado de acero con un resultado de 3.7%; esto se debe a que el material de reciclado de acero ayuda a disminuir la porosidad interna del material generando un mejor factor de empaquetamiento disminuyendo la porosidad interna que deja la mezcla de concreto y que durante el prensado genera mejor acople debido a que fueran te el proceso va reacomodándose en el adoquín y por eso se manifiesta en el descenso de la absorción; con respecto a la resistencia a la compresión influye el tiempo de curado los cuales fueron a 14 y 28 días; es por ello que al culminar el tiempo de curado presentan mejores valores, también el material reciclado de acero mejora esa resistencia a la compresión por el mismo motivo de rellenar la microporosidad interna del adoquín, lo que lleva a que existan menos defectos internos; y al haber mayor porcentaje del material reciclado de acero en comparación a la cantidad de mezcla por unidad de adoquinado

debido a eso y a la dificultad de acomodarse se genera un descenso de la resistencia a la compresión de los adoquines.

Con los resultados obtenidos se puede verificar que los mejores valores se observaron al adicionar el 6.5% de reciclado de acero a la mezcla para la elaboración del adoquín, mostrando mejor trabajabilidad con el ensayo de asentamiento, una baja absorción y una máxima resistencia a la compresión.

Comparando con el antecedente de Rea, (2022) en su investigación los resultados del concreto con 5% de viruta de acero reciclada a los 7 días son de una resistencia a la compresión de  $197 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días un valor de  $280.6 \text{ kg/cm}^2$ ; con 7% de viruta de acero reciclada a los 7 días tuvo una resistencia a la compresión  $195.8 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días tuvo  $309.6 \text{ kg/cm}^2$ ; presenta valores similares que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

Otra investigación que coincide con los resultados del presente estudio es la de Angarita & Lizarazo, (2018) obteniendo como resultados que conforme se va aumentando el porcentaje de fibras gruesas o delgadas a los 28 días la resistencia a compresión aumenta y con respecto a la absorción tiende a disminuir.

De igual manera Risco, (2020) a través de su tesis obtuvo resultados que coinciden con la presente investigación teniendo como resultado que el 5% de polvo de acero y 5% de polvillo de cascara de arroz presentó una resistencia a compresión de  $280.25 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, en la abrasión el diseño patrón tuvo 22%, el diseño con 2.5% polvillo de acero y 2.5% cascara de arroz tuvo 20%, el diseño con 5% polvillo de acero y 5% cascara de arroz tuvo 17%, en la absorción a los 28 días el diseño patrón tuvo 22.15%, el diseño con 2.5% Polvillo de acero y 2.5% cascara de arroz tuvo 13.86% y con 5% polvillo de acero y

5% cascara de arroz tuvo 9.48%, donde aumenta su resistencia en los adoquines y disminuye la absorción.

### **Limitaciones**

- Una limitación es el tamaño de muestra, para un mejor resultado se debería haber tenido en cuenta mayor número de repeticiones.
- Por horarios de trabajo nos limitó a poder realizar los ensayos en la fecha establecida

### **Implicancias**

- Se pudo verificar mediante los datos obtenidos que estaban dentro de los parámetros de investigaciones previas.
- Contribuir a tener datos que mejoran propiedades con materiales reciclados y dándole además un valor agregado.
- Se ratificó que en la curva granulométrica el material medio hace que se obtengan mejores propiedades mecánicas lo que conlleva un mayor grado de densificación.



## Conclusiones

Se logró determinar que el reciclado de acero influye mejorando las propiedades mecánicas del adoquín  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

Se logró determinar el diseño de mezcla para un concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> mediante los resultados obtenidos de la caracterización del agregado grueso y fino utilizando el método ACI.

De los resultados obtenidos se logró determinar el porcentaje ideal de adición de reciclado de acero propuesto, siendo este el 6.5%, debido a que con esta cantidad de material se obtuvieron los mejores resultados.

Se logró comparar las propiedades mecánicas de un concreto convencional  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con un concreto adicionando el reciclado de acero, teniendo como resultado que al adicionar el reciclado de acero presenta mejores resultados hasta cierto porcentaje.

## Recomendaciones

Se debe realizar estudio de adoquines con aditivos puzolánicos para evaluar su influencia.

Evaluar el uso de acero reciclado en otras dosificaciones y complementar la investigación.

Realizar pruebas de desgaste de rueda ancha a los adoquines para complementar la investigación.

## Referencias

- Abanto, O. (2017). *Resistencia mecánica del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de fibras de acero Dramix y Sika* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13479>.
- Albornoz, Y. (2014). *Parte II cemento asfáltico*. [Laboratorio de Suelos y Pavimentos Universidad de los Andes., Merida]. Obtenido de <https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/cemento-asfaltico.pdf>
- Angarita, D. y Lizarazo, O. (2018) *Análisis del comportamiento mecánico de adoquines de concreto con adición de fibra de acero de llantas recicladas*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle].
- Arango, J. (2016). *Adoquines de concreto: propiedades físico-mecánicas y sus correlaciones*. [Revistas Tecnológicas. Pg. 121 – 137]. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5062997.pdf>
- Barrantes, J. y Holguin, R. (2015). *Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Bazán, I (2018). *Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso)*. [tesis pregrado, Universidad Católica de Perú]. Repositorio Universidad Católica de Perú. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN\\_GARAY\\_CHARACTERIZACION\\_RESIDUOS\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN_GARAY_CHARACTERIZACION_RESIDUOS_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación, segunda edición, p. 164.
- Bezzolo y D'Angelo (2020). *Manejo de los residuos de la construcción producidos en la ciudad de Chiclayo. Su Tratamiento, Reciclaje y Eliminación a través de una escombrera*. [Tesis postgrado, Universidad Nacional de Piura]. Universidad Nacional de Piura, Perú
- Cabezas, M. (2014). *Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional. Quito], Repositorio de la Escuela Politecnica Nacional de Quito.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7225/1/CD-5387.pdf>
- Contreras, K. y Peña, J. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Del Norte].
- Deledesma, S. (2019). *Resistencia a compresión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo agregado fino por fibras y virutas de acero*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Pedro]. Universidad San Pedro, Ancash, Perú
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª edición)*. México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores S. A.
- Hurtado, L. y Pincay, K. (2019). *Elaboración de adoquines utilizando Limalla y desperdicio de acero más elementos tradicionales para espacios públicos*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

- Madrid, G. (2001) *Guía técnica para el diseño estructural de pavimentos de adoquines de concreto para tráfico peatonal y vehicular*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), Medellín
- Medina, G; Ramos, M. (2021). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria, lima, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28427/Medina%20L%20c3%a1zaro%20Grisley%20Javier%20-%20Ramos%20Arana%20M%20c3%a1ximo%20Percy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miranda, C. y Rado, M. (2019). *Propuesta de concreto reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimento rígidos en la región de Apurímac*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
- Montañez, E. (2018). *Pavimentos de adoquines de concreto una solución ambiental en la construcción de infraestructura vial colombiana*. [Trabajo de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17882/Hern%20C3%A1n%20de%20C3%A9peda%20Yomara%20Beatriz%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Montiel, J. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se pueden utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*. México.

- Nicolalde, S. (2018). *Utilización de escorias y polvo de acería en la producción de bloques y adoquines*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].
- Ñaupas, P. H. (2013). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Pacheco, G. A. (2016). *Resistencia a compresión axial del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  incorporando diferentes porcentajes de virutas de acero ensayadas a diferentes edades*. [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte].
- Rea, R. (2022). *Estudio de las propiedades físico-mecánicas en adoquines de concreto para tránsito peatonal incorporando viruta metálica y caucho reciclado, Andahuaylas 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]
- Risco, I. (2020). *Análisis de la resistencia a la compresión, abrasión y absorción de humedad de adoquines de concreto tradicional con adición de polvillo reciclado de acero y cenizas recicladas de cáscaras de arroz, Lima 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]
- Romero, H. et al (2021) *Metodología de la investigación*. 1ra edición, Editorial Corporativa Edicumbre
- [https://acvenisproh.com/libros/index.php/Libros\\_categoria\\_Academico/article/view/22/29](https://acvenisproh.com/libros/index.php/Libros_categoria_Academico/article/view/22/29)
- Saraguro, B. et al (2021) *La resistencia a la compresión y el desgaste en adoquines de concreto*, Revista Arbitrada Venezolana del Núcleo Luz-Costa Oriental del Lago, Universidad del Zulla, Venezuela
- TAMAYO, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El\\_proceso\\_\\_de\\_la\\_investigaci\\_n\\_cient\\_fica\\_Mario\\_Tamayo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf)

## ANEXOS

## Anexo N° 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Pregunta general:</b> ¿De qué manera influye el reciclado de acero para mejorar las propiedades mecánicas del adoquín <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup>- Trujillo, 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia de reciclado de acero para mejorar las propiedades mecánicas del adoquín <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> – Trujillo, 2022</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> OE1: Determinar el diseño de mezcla para un concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup>. OE2: Determinar el porcentaje ideal de reciclado de acero en un concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> OE3: Comparar las propiedades mecánicas de un concreto convencional <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> con un concreto adicionando el reciclado de acero</p>	<p>El reciclado de acero permitirá mejorar las propiedades mecánicas de un concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup></p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Reciclado de acero</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Adoquín</p>	<p>Dosificación de reciclado de acero</p> <p>Propiedades mecánicas del adoquín</p>	<p><b>Investigación</b></p> <p>Propósito: Aplicada</p> <p>Diseño: Experimental.</p> <p>Población: Todos los adoquines <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> adicionados con acero</p> <p>Muestra: 24 adoquines las cuales se realizará con porcentajes de 0%, 4.5%, 6.5% y 8.5% para una resistencia de <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 28 días</p> <p>Técnicas: Observación Instrumentos: Guía de observación Análisis de Datos: ANOVA</p>



## Anexo N° 2: Instrumentos de recolección de datos

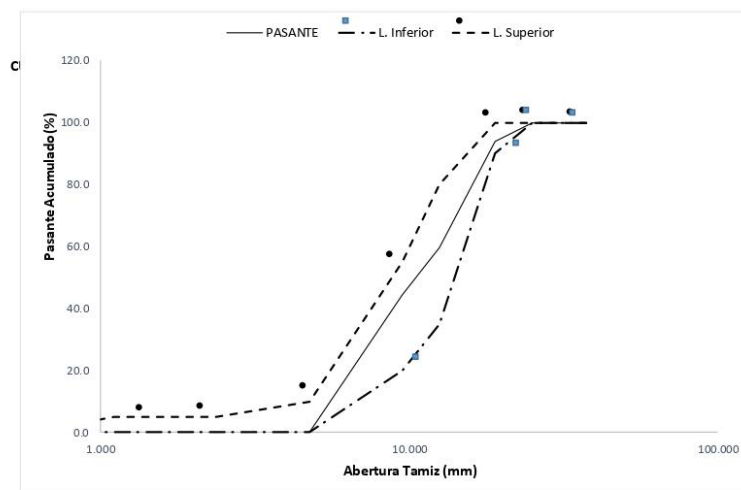


**GRUPO IMG**  
Ingeniería, materiales y geotecnia

### ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP 400.037

PROYECTO	: INFLUENCIA DEL REICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE	: ALVA RODRIGUEZ, CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTINA PAUL
CANTERA	: MILAGRO
UBICACIÓN	: TRUJILLO - LA LIBERTAD

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)		LÍMITES	
						RETENIDO	PASANTE	L. Inferior	L. Superior
1 1/2"	37.500	205.4	205.40	0.00	0.00	0.0	100.0	100	100
1"	25.000	175.05	175.05	0.00	0.00	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.000	171.01	261.01	90.00	6.00	6.0	94.0	90	100
1/2"	12.500	204.83	721.75	516.92	34.46	40.5	59.5		
3/8"	9.500	186.32	413.76	227.44	15.16	55.6	44.4	20	55
N°4	4.750	189.87	855.51	665.64	44.38	100.0	0.0	0	10
N°8	2.360	177.56	177.56	0.00	0.00	100.0	0.0	0	5
N°16	1.100	128.21	128.21	0.00	0.00	100.0	0.0	0	5
N°30	0.600	124.67	124.67	0.00	0.00	100.0	0.0	0	0
N°50	0.297	123.66	123.66	0.00	0.00	100.0	0.0	0	0
N°100	0.149	115.14	115.14	0.00	0.00	100.0	0.0	0	0
N°200	0.075	247.01	247.01	0.00	0.00	100.0	0.0		
FONDO	Fondo	218.84	218.84	0.00	0.00	100.0	0.0		
<b>PESO TOTAL</b>				1500.00	100	<b>T.M.</b>	<b>1"</b>		
						<b>T.M.N.</b>	<b>3/4"</b>		



*Jorge*  
Ing. Jorge Zamantes Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO**

NTP. 400.021 / ASTM C127

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS GRUESO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	g	428.61	426.73	427.58
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	267.96	269.54	267.93
Peso de bandeja	g	86.00	86.00	86.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	324.65	323.58	324.52
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	410.65	409.58	410.52
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>	2667.97	2714.74	2678.23
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>	5726.76	5987.79	5734.58
<b>Peso específico de masa</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>2556</b>	<b>2606</b>	<b>2571</b>
<b>Promedio del peso específico de masa</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>2578</b>		
<b>Peso específico de masa:</b>	<b>2578</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		

  
ing. Jorge Barrios Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 107264  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE ABSORCIÓN**

NTP. 400.021 / ASTM C127

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS GRUESO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg	428.61	426.73	427.58
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	410.65	409.58	410.52
<b>Porcentaje de absorción (%)</b>	%	<b>4.4</b>	<b>4.2</b>	<b>4.2</b>
<b>Promedio</b>	%	<b>4.2</b>		
<b>Absorción:</b>	<b>4.2</b>	<b>%</b>		

  
ing. Jorge Barrantes Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP 14 197284  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO**

NTP: 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS GRUESO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	18.124	18.238	18.123
<b>Peso Unitario Suelto (P.U.S.)</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1596</b>	<b>1607</b>	<b>1596</b>
<b>Promedio</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1600</b>		
<b>Peso Unitario Suelto (P.U.S.)</b>	<b>1600</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		

  
Ing. Jorge Barrantes Villanueva  
REGISTRO NACIONAL DE INGENIEROS  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO**

NTP. 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL REICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS GRUESO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	20.358	20.289	20.274
<b>Peso Unitario Compactado (P.U.C.)</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1807</b>	<b>1800</b>	<b>1799</b>
<b>Promedio</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1802</b>		
<b>Peso Unitario Compactado (P.U.C.)</b>	<b>1802</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		



Ing. Jorge Cortés Villalobos  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

P. 339.105 / ASTM C566

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL REICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS GRUESO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	68.59	69.48	69.32
Peso de la muestra natural	g	142.61	145.75	148.72
Peso de muestra seca + Tara	g	207.72	211.48	214.65
<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.3</b>
<b>Promedio</b>	%	<b>2.5</b>		
<b>Contenido de humedad:</b>	<b>2.5</b>	<b>%</b>		

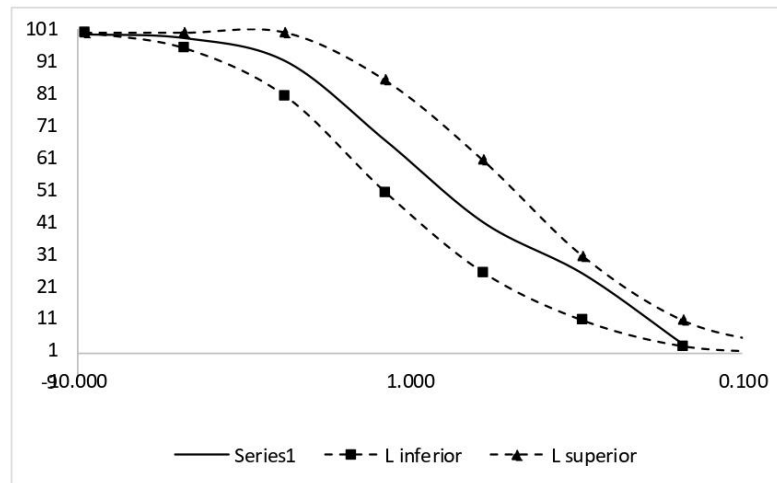


ing. Jorge Escobedo Villarreal  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N°: 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA**  
NTP 400.012

PROYECTO	: INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	: AGREGADO FINO
SOLICITANT	: ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	: MILAGRO
UBICACIÓN	: TRUJILLO - LA LIBERTAD

TAMIZ	ABERTUR A (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENID O (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500	186.32	191.64	5.32	0	0	100
Nº4	4.750	189.87	202.87	13.00	1	2	98
Nº8	2.360	177.56	256.05	78.49	7	9	91
Nº16	1.180	128.21	396.54	268.33	25	34	66
Nº30	0.600	124.67	399.51	274.84	25	59	41
Nº50	0.300	123.66	297.82	174.16	16	75	25
Nº100	0.150	115.14	352.95	237.81	22	97	3
Nº200	0.075	247.01	259.56	12.55	1	99	1
FONDO		218.84	234.34	15.50	1	100	0
<b>PESO TOTAL</b>				1080.00		100	
				<b>M. FINURA</b>		2.77	



*Jorge*  
Ing. Jorge Barruzes Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP Nº 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO**

NTP. 400.022 / ASTM C128

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO**

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm <sup>3</sup>	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	159.3	159.3	159.3
<b>B =</b> Peso de la fiola + Agua	g	625.8	631.9	629.4
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	612.5	615.9	611.7
<b>C =</b> Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	920.7	923.6	924.1
Peso del agua (5-4)	g	308.2	307.7	312.4
Peso de recipiente	g	115.4	116.2	115.4
Recipiente + Muestra seca	g	561.2	564.1	559.6
<b>A =</b> Peso de la muestra secada al horno	g	445.8	447.9	444.2
<b>S =</b> Peso de la muestra SSS (4-2)	g	453.2	456.6	452.4
Peso específico de masa SSS	kg/m <sup>3</sup>	2863	2769	2869
Peso específico aparente	kg/m <sup>3</sup>	2954	2867	2971
<b>Peso específico de masa</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>2816</b>	<b>2716</b>	<b>2817</b>
<b>Promedio peso específico de masa</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>2783</b>		
<b>Peso específico de masa:</b>	<b>2783</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		

  
Ing. Jorge Gutiérrez Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG



**ENSAYO DE ABSORCIÓN**  
NTP. 400.022 / ASTM C128

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CAJONERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra SSS (4-2)	g	453.2	456.6	452.4
Peso de la muestra secada al horno	g	445.8	447.9	444.2
Porcentaje de absorción (%)	%	1.7	1.9	1.8
<b>Promedio</b>	%	<b>1.8</b>		
<b>Absorción:</b>	<b>1.8</b>	<b>%</b>		

  
ing. Jorge Carrantes Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO**

NTP. 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO SUELTO DE AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	18.265	18.321	18.254
<b>Peso Unitario Suelto (P.U.S.)</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1609</b>	<b>1615</b>	<b>1608</b>
<b>Promedio</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1611</b>		
<b>Peso Unitario Suelto (P.U.S.)</b>	<b>1611</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		

  
ing. Jorge Barreras Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
C.I.P. N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO**

NTP. 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	$\text{m}^3$	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	20.354	20.245	20.568
<b>Peso Unitario Compactado (P.U.C.)</b>	$\text{kg/m}^3$	<b>1806</b>	<b>1796</b>	<b>1826</b>
<b>Promedio</b>	$\text{kg/m}^3$	<b>1810</b>		
<b>Peso Unitario Compactado (P.U.C.)</b>	<b>1810</b>	<b><math>\text{kg/m}^3</math></b>		



Ing. Jorge Bustos Villanueva  
REGISTRANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
NTP. 339.185 / ASTM C566

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	70.69	69.48	71.42
Peso de la muestra natural	g	143.83	143.69	140.99
Peso de muestra seca + Tara	g	210.64	209.65	208.57
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>2.8</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>2.7</b>		
<b>Contenido de humedad:</b>	<b>2.7</b>	<b>%</b>		

  
 .....  
 Ing. Jorge Santos Villalobos  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197364  
 GRUPO IMG

**ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD Y PH**

PROYECTO	:	INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN $f'c=280 \text{ KG/CM}^2$ EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADOS
SOLICITANTE	:	ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL
CANTERA	:	MILAGRO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

	Codigo	Nivel de pH	Conductividad (uS/cm)
<b>Agregado grueso</b>	A1	7	821.3
	A2	7	822.6
	A3	7	825.5
	Promedio	7.00	823.1
<b>Agregado fino</b>	P1	7.1	1987
	P2	7.2	1981
	P2	7	1986
	Promedio	7.10	1984.7
<b>Agua potable</b>		8	1402.60
<b>H2O destilada</b>		6.9	170.50

  
ing. Jorge Estuardo Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
C.RIP N° 197384  
GRUPO IMG

## DISEÑO DE MEZCLA - ACI

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO			Parámetros
Ensayo	Norma	Resultado	
Granulometría (MF)	NTP. 400.012 / ASTM C136	2.77	2.3 - 3.1
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	2.7	-
P.U.S.S. ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.017 / ASTM C29	1611	1500 - 1800
P.U.C.S. ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.017 / ASTM C29	1810	1600 - 1900
Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.022 / ASTM C128	2783	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	1.8	0.2 - 5.0

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO			Parámetros
Ensayo	Norma	Resultado	
Tamaño Máximo Nominal (TMN)	NTP 400.037	3/4"	-
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	2.5	-
P.U.S.S. ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.017 / ASTM C29	1600	1500 - 1800
P.U.C.S. ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.017 / ASTM C29	1802	1600 - 1900
Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ )	NTP. 400.021 / ASTM C127	2578	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.021 / ASTM C127	4.2	0.2 - 5.0

$f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$f'cr$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
< 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 99$

0)  $f'c$  requerida

$f'c =$	280	$\text{kg/cm}^2$
$f'cr =$	364	$\text{kg/cm}^2$

  
 Ing. Jorge Luis Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG

1) TMN del agregado

TMN =

2) Asentamiento requerido

SLUMP =  ASTM C143 (TABLAS)

3) Volumen unitario de agua

Agua =   $\text{l/m}^3$  (TABLAS)

4) Contenido de aire

Aire atrapado =  % (TABLAS)

5) Relación agua/cemento

$f'cr$ (28 días)	r a/c
350	0.48
364	x
400	0.43

(TABLAS)

r a/c = **0.47** relación a/c de diseño

6) Factor cemento

Cantidad de cemento = 439.9 kg

FC = 10.4

7) Volumen absoluto de la pasta (TIPO I: Pacasmayo)

Peso específico de cemento:  g/cm<sup>3</sup>  kg/m<sup>3</sup>

Cemento: 0.141 m<sup>3</sup>

Agua: 0.205 m<sup>3</sup>

Aire: 0.02 m<sup>3</sup>

m<sup>3</sup>

8) Volumen absoluto del agregado grueso:

0.634 m<sup>3</sup>

M.F. Agr. Fino	2.6	<b>2.77</b>	2.8
	0.64	x	0.62

x = 0.623 m<sup>3</sup>

Contenido del Agregado Grueso = 1122.68 kg/m<sup>3</sup>

Volumen del Agregado Grueso = 0.436 m<sup>3</sup>

Volumen (cemento, agua, aire, A.G.) = 0.802 m<sup>3</sup>

Volumen del Agregado Fino = 0.198 m<sup>3</sup>

Contenido del Agregado Fino = 552.35 kg/m<sup>3</sup>

Volumen Total = 1.000 OK

  
Ing. Jorge Somares Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
DITE N° 107384  
GRUPO IMG

9) Corrección de agua

Aporte de agua de los agregados:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{\text{Masa (Kg)}}{\text{Peso Especifico (Kg/m}^3\text{) @}}$$

<b>Peso húmedo:</b>	Agregado húmedo = Diseño Seco (1+Contenido de Humedad)/100	
	Agregado Fino =	567.2 kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso =	1150.7 kg/m <sup>3</sup>

Agua efectiva: vacíos por llenar

Agregado Fino =	-4.85	l/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso =	19.62	l/m <sup>3</sup>
Agua =	205	l/m <sup>3</sup>
<b>Agua Efectiva =</b>	<b>219.8</b>	<b>l/m<sup>3</sup></b>

10) Valores de diseño seco

Material	Unidad	Cantidad
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	440
Agua	l/m <sup>3</sup>	205
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	552
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	1123

11) Valores corregidos

CEMENTO MS	Unidad	Cantidad	%	Proporción en peso	volumen m3
Cemento Tipo I	kg/m <sup>3</sup>	439.9	19	1.0	0.1
Agua	l/m <sup>3</sup>	219.8	9	0.5	0.2
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>	567.2	24	1.3	0.2
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>	1150.7	48	2.6	0.4
Total =		2377.6	kg/m <sup>3</sup>		

Peso Esp. Agua	1000	kg/m <sup>3</sup>	R a/c	0.50
----------------	------	-------------------	-------	------



Ing. Jorge Barrios Villanueva  
REPRESENTANTE LEGAL  
CUIP N° 197534  
GRUPO IMG



**DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
**NTP-338.035/ASTM C143**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA RODRIGUEZ CHRISTIANEMILIO  
GUTIERREZ GUZMAN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUINES  $280 \text{ kg/cm}^2$

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	SLUMP $\text{mm}$		SLUMP $\text{cm}$		SLUMP PROM	TEMP (°C)
			PROM	IND	IND	PROM		
1.00	PATRON	15/04/2023	3.8		9.65			
2.00	PATRON	15/04/2023	3.8		9.65		9.74	22.6
3.00	PATRON	15/04/2023	3.9		9.91			

OBSERVACIONES:

*[Firma]*  
Ing. Jorge...  
REG. PROF. N° 197384  
GRUPO IMG

**DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
NTP 399.035/ASTM C143

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMAN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN 280 kg/cm<sup>2</sup> CON 4.5% RECIKLADO DE ACERO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	SLUMP patly	SLUMP FROM	SLUMP cm	SLUMP FROM	TEMP (°C)
1.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.5	3.5	8.89	8.97	22.8
2.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.5	3.5	8.89	8.97	22.8
3.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.6	3.6	9.14	9.14	22.8

OBSERVACIONES:

*[Firma]*  
Ing. Jorge Fernando...  
REG. Nº 197384  
GRUPO IMG

**DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
**NTP 339.038/ASTM C143**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KGCM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMAN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  CON 6.5% RECIKLADO DE ACERO

Nº DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	SLUMP pulg	SLUMP PROM	SLUMP cm	SLUMP PROM	TEMP (°C)
1.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	18/04/2023	3.4	3.4	8.64	8.72	23.1
2.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	18/04/2023	3.5	3.4	8.89	8.72	23.1
3.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	18/04/2023	3.4	3.4	8.64	8.72	23.1

OBSERVACIONES:

*[Handwritten Signature]*  
Ing. Christian Villanueva  
Ingeniero de Asesoría Legal  
CIP Nº 10800  
GRUPO IMG

**DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
NTP 399.035/ASTM C143

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMAN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN 280 kg/cm<sup>2</sup> CON 8.5% RECIKLADO DE ACERO

N° DE PRUEBA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	SLUMP patly	SLUMP PROM	SLUMP cm	SLUMP PROM	TEMP (°C)
1.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.2		8.13		
2.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.2	3.2	8.13	8.21	23.6
3.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	19/04/2023	3.3		8.38		

OBSERVACIONES:

*[Firma]*  
Ing. Jorge Ferrerides Villanueva  
Ingeniero Civil  
C.O.P. N° 197294  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL REICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN, CHRISTIAN PALL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 14 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA	RESISTENCIA	F'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	
											Mpa	(kg/cm <sup>2</sup> )		%	% PROMEDIO
1.00	PATRON	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	200.00	101.00	62.00	47,632.00	2,030.00	23.59	238.63	280	85.23	84.68
2.00	PATRON	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	201.00	100.00	63.00	46,898.00	2,010.00	23.33	236.12	280	84.33	
3.00	PATRON	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	200.00	102.00	60.00	47,695.00	2,040.00	23.38	236.56	280	84.48	

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almohadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 kN/s

*[Firma]*  
Ing. Jorge Barrios Villanueva  
RESPONSABLE TÉCNICO LOCAL  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL REICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 14 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO
1.00	4.5% REICLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	202.00	101.00	62.00	47,319.00	2,040.20	23.19	234.72	280	83.83
2.00	4.5% REICLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	203.00	99.00	61.00	47,128.00	2,009.70	23.45	237.32	280	84.76
3.00	4.5% REICLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	202.00	100.00	62.00	46,921.00	2,020.00	23.23	235.07	280	83.95

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almohadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 kN/s  
La resistencia a 7 días de curado debiera ser el 68% mínimo de la resistencia de diseño

Ing. Jorge Román Villanueva  
Ingeniero de Materiales LEGAL  
CIP Nº 197284  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN  $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN, CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 14 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TPO PROBETA	EDAD DAS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO
1.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	201.00	102.00	63.00	46,631.00	2,050.20	23.72	240.05	280	85.73
2.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	203.00	101.00	62.00	49,032.00	2,050.30	23.91	242.02	280	86.43
3.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	201.00	101.00	64.00	48,756.00	2,030.10	24.02	243.05	280	86.80

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 KN/s

*[Firma]*  
Ing. Jorge Luis Rodríguez  
Responsable Laboratorio Local  
C.M. N° 197386  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 14 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )		% OBTENIDO	
													280	280	%	% PROMEDIO
1.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	203.00	103.00	62.00	47,651.00	2,090.90	22.79	230.63	280	82.37	82.77	82.74
2.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	202.00	101.00	46,975.00	2,040.20	23.02	233.01	280	83.22			
3.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	8/05/2023	22/05/2023	ADOQUIN	14.00	204.00	104.00	48,567.00	2,121.60	22.89	231.66	280	82.74			

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensajaron con almudadas de neopreno en ambos lados para la correcta aplicación del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 kN/s

*[Firma]*  
Ing. Jorge Bustos Villanueva  
Ingeniero en Materiales  
GRUPO IMG



**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 28 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE ROTURA		TIPO PROBETA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA	RESISTENCIA	F'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	
		MOLDADO	ROTURA								Mpa	(kg/cm <sup>2</sup> )		%	% PROMEDIO
1.00	PATRON	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	201.00	104.00	62.00	60,217.00	2,090.40	28.81	291.52	280	104.11	
2.00	PATRON	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	203.00	103.00	63.00	60,832.00	2,090.90	29.09	294.43	280	105.15	
3.00	PATRON	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	202.00	101.00	62.00	59,475.00	2,040.20	29.15	295.01	280	105.36	104.88

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almudadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 kN/s

*[Firma]*  
Ing. Jorge Barrera Villaneda  
Ingeniero en Materiales  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN F'c= 280 KG/CM2 EN TRUJILLO. 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN 280 kg/cm<sup>2</sup> - 28 DIAS DE CURADO

N° DE PROBEA	DESCRIPCION	FECHA DE		TIPO	EDAD DAS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	
		MOLDEO	ROTURA											%	% PROMEDIO
1.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	202.00	102.00	63.00	60,479.00	2,060.40	29.35	297.05	280	106.09	
2.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	203.00	103.00	63.00	61,368.00	2,090.90	29.35	296.97	280	106.06	
3.00	4.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	201.00	104.00	63.00	62,047.00	2,090.40	29.68	300.38	280	107.28	

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almudadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 M/MS

*[Firma]*  
Ing. Carlos Villanueva  
Ingeniero de Materiales  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN F'c= 280 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022  
SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN, CHRISTIAN PAUL  
MATERIAL : ADOQUIN 280 kg/cm<sup>2</sup> - 28 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	
													Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
1.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	203.00	104.00	63.00	66.894.00	2.111.20	31.69	320.66	280	114.52
2.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	205.00	102.00	62.00	67.095.00	2.091.00	32.09	324.73	280	115.97
3.00	6.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	200.00	102.00	64.00	65.572.00	2.040.00	32.34	327.27	280	116.88

**OBSERVACIONES:**  
Las probetas se ensayaron con almohadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
La velocidad de ensayo fue de 5.3 MN/s

*[Firma]*  
Ing. Jorge Luis Villanara  
RESPONSABLE TÉCNICO LOCAL  
GRUPO IMG

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C - 39**

PROYECTO : INFLUENCIA DEL RECIKLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $F'c = 280 \text{ KG/CM}^2$  EN TRUJILLO, 2022  
 SOLICITANTE : ALVA GUTIERREZ, CHRISTIAN EMILIO  
 GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAIL  
 MATERIAL : ADOQUIN  $280 \text{ kg/cm}^2$  - 28 DIAS DE CURADO

N° DE PROBIETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBIETA	EDAD DMS	Longitud (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	CARGA N	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	
														%	% PROMEDIO
1.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	202.00	103.00	63.00	60,247.00	2,080.60	28.96	233.04	280	104.66	
2.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	201.00	101.00	65.00	59,482.00	2,030.10	29.30	296.52	280	105.90	105.29
3.00	8.5% RECIKLADO DE ACERO	26/04/2023	24/05/2023	ADOQUIN	28.00	203.00	102.00	64.00	60,341.00	2,070.60	29.14	294.91	280	105.33	

**OBSERVACIONES:**  
 Las probetas se ensayaron con almudadas de neopreno en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo  
 La velocidad de ensayo fue de 5.3 MM/s

Ing. Jorge Torres Alarcón  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 RUP N° 127284  
 GRUPO IMG

**ENSAYO DE ABSORCION  
ASTM C20**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN F C= 280KG/CM2, TRUJILLO, 2022  
**SOLICITANTE:** ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
**UBICACIÓN :** GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
 TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MUESTRA:** ADOQUIN PATRON

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCION (%)
1.00	1867.00	1984.00	6.27
2.00	1869.00	1986.00	6.26
3.00	1866.00	1987.00	6.48

*[Firma]*  
 Ing. Jorge Luis Rodríguez  
 Registrante Local  
 R.O.P. N° 10784  
 GRUPO IMG

**ENSAYO DE ABSORCION  
ASTM C20**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ , TRUJILLO, 2022  
**SOLICITANTE:** ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
 GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
**UBICACIÓN :** TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MUESTRA:** ADOQUIN 4.5% RECICLADO DE ACERO

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCION (%)
1.00	1968.00	2133.00	8.36
2.00	1989.00	2152.00	8.20
3.00	1976.00	2137.00	8.15

*[Firma]*  
 Ing. Jorge Bermúdez Maldonado  
 MIP n° 157344  
 GRUPO IMG

**ENSAYO DE ABSORCION  
ASTM C20**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE RECICLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $F_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ , TRUJILLO, 2022  
**SOLICITANTE:** ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
**UBICACIÓN:** GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL  
 TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MUESTRA:** ADOQUIN 6.5% RECICLADO DE ACERO

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCION (%)
1.00	2065.00	2172.00	5.18
2.00	2184.00	2284.00	4.58
3.00	2038.00	2127.00	4.37

*[Firma]*  
 Ing. Christian Emilio Rodríguez Alva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 GRUPO IMG

**ENSAYO DE ABSORCION  
ASTM C20**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE RECLADO DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOQUIN  $F'c = 280\text{KG}/\text{CM}^2$ , TRUJILLO, 2022

**SOLICITANTE:** ALVA RODRIGUEZ CHRISTIAN EMILIO  
GUTIERREZ GUZMÁN CHRISTIAN PAUL

**UBICACIÓN:** TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MUESTRA:** ADOQUIN 6.5% RECLADO DE ACERO

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCION (%)
1.00	2249.00	2329.00	3.56
2.00	2463.00	2561.00	3.98
3.00	2317.00	2399.00	3.54

  
 Ing. Juan Sebastián Villanueva  
 Ingeniero de Materiales  
 GRUPO IMG



### Anexo 3: evidencias fotográficas



**Figura 1:** Pesado de agregado grueso para ensayo de granulometría



**Figura 2:** Agregando el material a las mallas para el ensayo de granulometría



**Figura 3:** Ensayo de granulometría por tamizado



**Figura 4:** Pesado de agregado grueso retenido en cada malla



**Figura 5:** Pesado de agregado fino para ensayo de granulometría



**Figura 6:** Agregando el material a las mallas



**Figura 7:** Ensayo de peso unitario del agregado grueso



**Figura 8:** Ensayo de peso unitario del agregado grueso



**Figura 9:** Ensayo de peso unitario del agregado grueso



**Figura 10:** Ensayo de peso unitario del agregado fino



**Figura 11:** Ensayo de peso unitario compacto del agregado fino



**Figura 12:** Pesado de recipiente para ensayo de contenido de humedad natural



**Figura 13:** Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso



**Figura 14:** Ensayo de contenido de humedad de agregado fino



**Figura 15:** Colocando en horno para secado de ensayo de contenido de humedad



**Figura 16:** Retirando las muestras del horno del ensayo de contenido de humedad





**Figura 17:** Pesado de agregado fino para la elaboración del adoquín



**Figura 18** Pesado de agregado grueso para la elaboración del adoquín



**Figura 19:** Pesado del cemento para la elaboración del adoquín



**Figura 20:** Pesado de reciclado de acero para la elaboración del adoquín



**Figura 21:** Mezclando para la elaboración del adoquín patrón



**Figura 22:** Mezclado para la elaboración del adoquín con adición de reciclado de acero



**Figura 23:** Engrasado del molde de adoquín



**Figura 24:** Agregando la mezcla para la conformación del adoquín



**Figura 25:** Prensado de adoquín



**Figura 26:** Obtención del adoquín