



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Elaboración De Adoquines De Concreto  
Adicionando Limadura De Acero Como Reemplazo  
Parcial Del Agregado Fino**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor:**

Bach. Cabrera Alcantara, Antonny Luis  
<https://orcid.org/0000-0002-5286-7744>

**Asesor:**

Mag. Salinas Vásquez, Néstor Raúl  
<https://orcid.org/0000-0001-5431-2737>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**



Universidad  
Señor de Sipán

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Cabrera Alcantara, Antony Luis	DNI: 75471171	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 10 de octubre de 2023.

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

### Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGRE

AUTOR

Antonny Luis Cabrera Alcantara

RECuento DE PALABRAS

16317 Words

RECuento DE CARACTERES

79343 Characters

RECuento DE PÁGINAS

75 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 24, 2023 10:25 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 24, 2023 10:26 PM GMT-5

#### ● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

#### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA  
DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO**

**Aprobación del jurado**

---

Mag. Salinas Vásquez, Néstor Raúl  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mag. Villegas Granados, Luis Mariano  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mag. Anacleto Silva, Harry Arnold  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatorias**

Dedico este trabajo a mis padres, Percida y Juan, a mi abuela y a mis hermanos. Mis padres han sido una constante fuente motivación y un vivo ejemplo de que, con persistencia, dedicación y esfuerzo, se pueden alcanzar todas las metas que uno se propone. Mi abuela que ha sido un modelo de valentía y optimismo para mí. Mis hermanos, siempre fieles amigos y fuente de alegría, han sido parte viva de mi vida. Mi hermana mayor, Janet, ha sido como una segunda madre para mí y un modelo a seguir. Juan y Henry, mis hermanos, de quienes he obtenido valiosas lecciones de vida. A estas personas, les dedico los años de esfuerzo que han culminado en la realización de este proyecto.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios, cuya fortaleza me ha acompañado a lo largo de estos años y ha hecho posible alcanzar una de mis metas más importantes que ha sido completar mi carrera universitaria.

Quiero agradecer de corazón a mis padres, quienes han brindado un apoyo incondicional, consejos sabios y un amor constante durante todo este tiempo. Este trabajo es solo una pequeña muestra de gratitud comparado con el enorme esfuerzo y tiempo que han invertido en mí.

Agradecer a los excepcionales docentes de esta institución educativa, que con pasión, dedicación y respeto han compartido su conocimiento y amor por esta maravillosa carrera.

A mis amigos y compañeros de aula con quienes compartimos innumerables anécdotas y buenos recuerdos que hicieron que toda esta etapa haya sido una de las mejores de mi vida.

# ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO

## Resumen

En el país gran parte de las redes viales no se encuentran pavimentadas, siendo la principal razón de este tipo de problemas la inexistencia de un plan nacional de infraestructura. Debido a la problemática anteriormente mencionada esta tesis tuvo como principal objetivo elaborar adoquines de concreto incluyendo limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino, bajo una metodología cuantitativa, cuasiexperimental, descriptivo y aplicada. Se obtuvo como resultados que el adoquín de concreto con inclusión 5% de limadura de acero ostenta el menor desgaste en comparación al diseño patrón y demás muestras analizadas. Así mismo el adoquín de concreto con adición del 10% de limadura de acero presentó una mayor absorción, respecto a las propiedades mecánicas, el adoquín de concreto +10% de limadura de acero alcanzó la mayor resistencia a compresión a los 28 días de curado que el resto de concretos, siendo mayor que el concreto patrón en 3.30%. Por otro lado, el adoquín de concreto con adición del 10% de limadura de acero alcanzó la mayor resistencia a flexión, en comparación al resto de muestras. De esta manera se concluyó, que la limadura de acero mejoró las propiedades del adoquín de concreto con una incorporación óptima del 10%.

**Palabras Clave:** Limadura, acero, absorción, abrasión, resistencia, flexión, compresión

## **Abstract**

In the country, a large part of the road networks are not paved, the main reason for this type of problems being the lack of a national infrastructure plan. Due to the aforementioned problems, the main objective of this thesis was to prepare concrete pavers including steel filings as a partial replacement for the fine aggregate, under a quantitative, quasi-experimental, descriptive and applied methodology. The results were obtained that the concrete paver with 5% inclusion of steel filings shows the least wear compared to the standard design and other samples analyzed. Likewise, the concrete paver with the addition of 10% steel filings presented greater absorption, with respect to mechanical properties, the concrete paver +10% steel filings achieved the highest compressive strength after 28 days of curing than the rest of the concrete, being greater than the standard concrete by 3.30%. On the other hand, the concrete paver with the addition of 10% steel filings achieved the highest flexural strength, compared to the rest of the samples. In this way, it was concluded that the steel filing improved the properties of the concrete paver with an optimal incorporation of 10%

**Keywords:** Filing, steel, absorption, abrasion, resistance, bending, compression

## Índice

Dedicatorias .....	V
Agradecimientos.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Índice de tablas´ .....	X
Índice de figuras .....	XI
Índice de fórmulas .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad Problemática. ....	12
1.2. Formulación del Problema. ....	19
1.3. Hipótesis. ....	19
1.4. Objetivos. ....	19
1.5. Teorías relacionadas al tema. ....	20
II. MATERIAL Y MÉTODO .....	39
2.1. Tipo y Diseño de Investigación. ....	39
2.2. Variables, Operacionalización.....	40
2.3 Población y muestra.....	42
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. 45	
2.5 Procedimiento de análisis de datos.....	46
2.6 Criterios éticos. ....	55
III. RESULTADOS.....	56
3.1. Resultados en Tablas y Figuras.....	56
3.2. Discusión de resultados. ....	80
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
4.1. Conclusiones.....	83
4.2. Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS.....	90
Anexo 01. Matriz de Consistencia.....	90

## Índice de tablas

Tabla I. Rango de absorción de agua del adoquín.....	33
Tabla II. Rango de resistencia a la flexión de los adoquines.....	34
Tabla III. Tabla de composición del acero.....	37
Tabla IV. Peso específico de los tipos de acero.....	38
Tabla V. Operacionalización de variables.....	41
Tabla VI Muestras para tanteo.....	42
Tabla VII Número de pruebas para concreto endurecido.....	43
Tabla VIII. Número de pruebas para los ensayos de resistencia.....	44
Tabla IX. Propiedades físicas del agregado grueso y agregado fino.....	58
Tabla X. Densidad del cemento.....	58
Tabla XI. Dosificación de concreto 320 kg/cm <sup>2</sup> .....	60
Tabla XII. Proporción por peso de concreto 320 kg/cm <sup>2</sup> .....	60
Tabla XIII. Proporción por volumen de concreto 320 kg/cm <sup>2</sup> .....	60
Tabla XIV. Proporción por cada tanda de adoquín de concreto.....	61
Tabla XV. Abrasión adoquín patrón.....	62
Tabla XVI. Abrasión adoquín patrón + 5% de limadura de acero.....	62
Tabla XVII. Abrasión adoquín patrón + 10% de limadura de acero.....	62
Tabla XVIII. Abrasión adoquín patrón + 15% de limadura de acero.....	63
Tabla XIX. Abrasión adoquín patrón + 20% de limadura de acero.....	63
Tabla XX. Absorción y densidad adoquín patrón.....	64
Tabla XXI. Absorción y densidad adoquín + 5% limadura de acero.....	64
Tabla XXII Absorción y densidad adoquín +10% limadura de acero.....	64
Tabla XXIII. Absorción y densidad adoquín + 15% limadura de acero.....	65
Tabla XXIV. Absorción y densidad adoquín + 20% limadura de acero.....	65
Tabla XXV. Resistencia a compresión adoquín patrón.....	66
Tabla XXVI. Resistencia a compresión adoquín + 5% limadura de acero.....	67
Tabla XXVII. Resistencia a compresión adoquín + 10% limadura de acero.....	67
Tabla XXVIII Resistencia a compresión adoquín + 15% limadura de acero.....	68
Tabla XXIX Resistencia a compresión adoquín + 20% limadura de acero.....	69
Tabla XXX Resistencia a compresión adoquín patrón.....	70
Tabla XXXI Resistencia a flexión adoquín + 5% limadura de acero.....	71
Tabla XXXII Resistencia a flexión adoquín + 10% limadura de acero.....	72
Tabla XXXIII Resistencia a flexión adoquín + 15% limadura de acero.....	73
Tabla XXXIV Resistencia a flexión adoquín + 20% limadura de acero.....	74
Tabla XXXV Resistencia a compresión adoquín + limadura de acero.....	77
Tabla XXXVI Resistencia a flexión adoquín + limadura de acero.....	79

## Índice de figuras

Fig. 1. Formas del adoquín.....	22
Fig. 2. Partes de un adoquín. ....	23
Fig. 3. Diagrama de flujo de proceso.....	47
Fig. 4. Limadura de acero.....	48
Fig. 5. Análisis granulométrico. ....	49
Fig. 6. Peso unitario del agregado grueso.....	49
Fig. 7. Contenido de humedad. ....	50
Fig. 8. Moldes para los adoquines de concreto.....	51
Fig. 9. Vaciado de mezcla en los moldes de adoquines.....	51
Fig. 10. Desencofrado de adoquines.....	52
Fig. 11. Secado de adoquines.....	52
Fig. 12. Ensayo de absorción del adoquín de concreto.....	53
Fig. 13. Ensayo de abrasión del adoquín de concreto. ....	53
Fig. 14. Ensayo de resistencia a compresión del adoquín de concreto.....	54
Fig. 15. Ensayo de resistencia a flexión del adoquín de concreto.....	54
Fig. 16. Curva granulométrica-Agregado grueso.....	56
Fig. 17. Curva granulométrica-Agregado fino.....	57
Fig. 18. Curva Granulométrica-Limadura de acero. ....	59
Fig. 19. Análisis comparativo en la abrasión del adoquín de concreto.....	75
Fig. 20. Análisis comparativo de la densidad del adoquín de concreto. ....	76
Fig. 21. Análisis comparativo en la absorción del adoquín de concreto. ....	76
Fig. 22. Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto. .....	78
Fig. 23. Resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto. ....	79

## Índice de fórmulas

Ecuación 1. Fórmula de resistencia a la compresión. ....	28
Ecuación 2. Fórmula de resistencia al desgaste. ....	30
Ecuación 3. Fórmula de coeficiente de fricción. ....	31
Ecuación 4. Fórmula para hallar la absorción del agua. ....	33
Ecuación 5. Fórmula para hallar el módulo de ruptura.....	34

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática.

Actualmente el deterioro estructural de los pavimentos afecta al nivel de seguridad vial relacionado con la aparición de defectos y particularidades que se relaciona debido a la homogeneidad y regularidad de la superficie de los pavimentos, estos aspectos tienen efectos negativos evidentes sobre la funcionalidad y el confort de conducción aumentando la probabilidad de accidentes [1].

La infraestructura vial sirve como un estímulo clave para el desarrollo de una economía sólida, el rápido aumento del desarrollo de la infraestructura y el espectacular progreso tecnológico en los últimos tiempos para hacer frente a la competitividad global expusieron la fragilidad de nuestro planeta y las lagunas de las políticas marco de infraestructura existentes [2].

A nivel mundial, países como Estados Unidos poseen alrededor de 4 millones de millas de pavimento que brindan servicio a 3 billones de millas por vehículo al año [3]. Sin embargo, en los últimos años, el vertiginoso crecimiento de la demanda de autos ha acelerado el deterioro y envejecimiento de los pavimentos provocando que el presupuesto gubernamental para el mantenimiento de estos aumente más de lo necesario [4].

En Pakistán se utilizan los adoquines de hormigón como una de las técnicas más viables para el pavimentado de carreteras por su alto rendimiento, así mismo el uso de pavimentos rígidos es valorado en los campos de maniobra [5]. Sin embargo, estos pavimentos se deforman fácilmente ya que transportan diferentes tipos de vehículos pesados o ligeros, por lo que llegan a soportar grandes cargas [6].

Asimismo, la presencia de lluvias en dicho territorio es un problema para los pavimentos donde uno de los mayores efectos destructivos llega a manifestarse de manera combinada con las cargas del tráfico debido a que el agua que se aloja en las fisuras y poros de los pavimentos por efecto de las presiones de los neumáticos de los vehículos pesados, generan presiones de vacíos que gradualmente generan la destrucción de los pavimentos [7].

En otro contexto, en el Perú, según el último reportaje de competitividad Global del WEF (Foro Económico Mundial) nuestro país se encuentra ubicado

en el lugar 88 de 140 países en el pilar de subestructura donde el 37.2% de la población se encuentra satisfecha, siendo este porcentaje menor a anteriores años, debido a la presencia de fallas en los pavimentos ocasionados por una deficiente pavimentación en sus carreteras, generando la baja satisfacción de los usuarios [8]. Estos problemas en gran parte son percibidos por la estructura y tipo de pavimento que se ha empleado, siendo muy común las características de los materiales, a un mal diseño y al no ser capaces de brindar el soporte óptimo de las cargas debidas al tráfico, siendo problemas muy comunes que están presentes en áreas urbanas [9].

Por tanto, los adoquines de concreto al presentar una resistencia a compresión alta y excelente durabilidad llegan a ser una de las alternativas de pavimentación más viables, asimismo en caso de reconstrucción o rehabilitación, estos tipos de pavimentos se puede reajustar y reutilizar sin pérdida sustancial en sus propiedades de diseño, aunque llega a ser conveniente optimizar sus propiedades por medio de la adición de nuevos materiales para un periodo de vida más largo y optimización en gastos de mantenimiento [10].

En función a literaturas internaciones tenemos a Liwu et al. [4], en su artículo "Preparation, microstructure and property of carbonated artificial steel slag aggregate used in concrete", desarrollo un estudio con la finalidad de utilizar el uso de escoria de acero como reemplazo parcial de los agregados naturales gruesos o finos en el concreto como una solución adecuada, para ello desarrollo un estudio aplicado y cuantitativo donde se determinó que Los agregados artificiales de escoria de acero se prepararon mediante carbonatación acelerada, cuya microestructura y propiedades se examinaron mediante mezclas de escoria de acero cemento Porlant y cenizas , encontrando viable y adecuado el funcionamiento dentro de la mezcla.

Ho et al. [6] en su artículo "Residual properties of steel slag coarse aggregate concrete after exposure to elevated temperaturas", incorporo el subproducto residual durante el proceso de fabricación de acero para la producción del hormigón, para ello se desarrolló un estudio cuantitativo y aplicado, elaborando una tasa de reemplazo de escoria por volumen (0%, 25%, 50%, 75% y 100%)

sobre el comportamiento de calentamiento, resistencia a la compresión residual, pérdida de peso y textura superficial del concreto bajo un período de curado de 28 y 91 días, después exposición a 25 °C (temperatura ambiente) donde se estudiaron diferentes proporciones de la aplicación de escoria de acero para identificar su comportamiento dentro del material del hormigón.

Himanshu [11], en su artículo “Durability of concrete made with steel filings as a replacement of fine Aggregate”, tuvo por finalidad evaluar la durabilidad del concreto elaborado con rellenos de acero como suplantar del compuesto fino. Como parte de la metodología de trabajo incorporaron relleno de acero en porcentajes de 10%,20%,30%,40% y 50%. Entre sus principales resultados encontraron que el cubo pierde trabajabilidad y revenimiento, cuando se aumenta el porcentaje de limaduras de acero por encima del 40%, mientras que la absorción de agua aumentó con el incremento de la proporción de relleno de acero. Como conclusión obtuvo que el porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por relleno de acero es del 40%.

Mohammed et al. [12], en su artículo “Properties of concrete using waste iron”, tuvieron por finalidad evaluar las propiedades del concreto con la sustitución del agregado fino por la limadura de hierro. Como parte de la metodología del artículo sustituyeron árido fino por limadura de hierro en porcentajes de 0 %, 10%, 20%, 30% y 40%. Obtuvieron como resultados que la resistencia a compresión del mezclado que contenían 10% al 40 % estuvo dentro del rango de (28,21 a 40,44) MPa a los 28 días, así mismo la resistencia a la flexión estuvo dentro del rango (de 4,51 a 6,51) MPa a los 28 días. Concluyendo que la adición de limadura de hierro disminuyó la resistencia a compresión y flexión en 38,51 % y 44,32 % a la edad de 28 días respectivamente.

Fattouh et al. [13], en su artículo “Improvement in the flexural behaviour of road pavement slab concrete containing steel fibre and silica fume”, investigaron el efecto del uso de fibra de acero y humo de sílice sobre el comportamiento a compresión y flexión de un pavimento de concreto. Para el desarrollo de su investigación realizaron el diseño de tres mezclados de concreto. El concreto

patrón, concreto con fibras de acero como aditivo con una fracción de volumen del 1%, y concreto con fibras de acero con una fracción en volumen del 1% y humo de sílice con una fracción en volumen del 10% como aditivo, así mismo la R a la compresión se evaluó a los 7 y 28 días, y el comportamiento de flexión solo se midió a los 28 días. Obtuvieron como resultados que la resistencia a la compresión del mezclado con incorporación de fibra de acero y humo de sílice aumentaron en un 21,20 % y un 14,40 %, respectivamente, en comparación con la mezcla patrón.

En función a literaturas nacionales tenemos a Neyra y Tacuri [14], en su tesis “Diseño de pavimentos con adoquines de concreto adicionando fibra de acero, Avenida César Vallejo, Villa el Salvador – Lima- 2019”, tuvieron por fin evaluar el efecto de la incorporación de fibra de acero en los adoquines de concreto para mejorar el comportamiento del pavimento de la avenida César Vallejo. El método del estudio fue aplicado, cuantitativo y experimental, en donde obtuvieron por resultados que la incorporación de fibra de acero en 20% alcanza una R de 640 kg/cm<sup>2</sup>, este aumento de R permite que el diseño del pavimento logre cumplir con el nivel de servicio demandado. Concluyeron que la incorporación de fibra de acero incrementa en gran proporción la resistencia de los adoquines de concreto.

Risco [15], en su tesis “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 cascara de arroz, Lima 2020”, tuvo por finalidad evaluar la influencia del polvillo de acero y la cáscara de arroz en la R a compresión, absorción y abrasión de los adoquines de concreto. El método del estudio fue aplicada, cuantitativo y cuasiexperimental. Obtuvieron como resultados que el concreto con incorporación del 5% de PC y CA alcanzó una R a compresión de 280.25 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo en la prueba de abrasión se obtuvo un 17%, a diferencia del concreto con adición del 2.5% de PC y CA se obtuvo el 20%. Por otro lado, en la prueba de absorción el concreto con 2.5% de PC y 2.5% de CA obtuvo un 13.86% y el concreto con 5% de CA y 5% de PA obtuvo un 9.48% de absorción. Concluyendo que, a mayor incorporación de ambos insumos, mayor es la R a compresión alcanzada.

Farfán et al. [16], en su artículo “Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto”, se propusieron evaluar cómo influye la incorporación de fibra de acero en la R a compresión del concreto. El método del estudio fue cuantitativo, aplicada, explicativo transversal y cuasiexperimental, por lo que realizaron la incorporación de fibra de acero en dosificaciones del  $25\text{kg/m}^3$  y  $30\text{kg/m}^3$ . Obteniendo como resultados que la adición del  $25\text{kg/m}^3$  de fibra de acero alcanza una R de  $214.27\text{kg/cm}^2$ , mientras que con la incorporación de  $30\text{kg/cm}^2$  se logra una resistencia de  $191.45\text{kg/cm}^2$ . concluyendo, que la incorporación de  $\text{kg/cm}^2$  de fibra de acero certifica una apropiada R a compresión en el concreto.

Cabanillas [17], en su tesis “Influencia del PET reciclado en la resistencia a la compresión de adoquines convencionales en la ciudad de Trujillo 2020”, el objetivo principal fue aprovechar nuevamente los materiales plásticos para crear adoquines de concreto ecológico. La metodología de investigación utilizada fue aplicada, experimental. Como resultado, se determinó de que el concreto que contenía un 10% de material reciclado PET mostraba la mayor resistencia a la compresión. Además, se observó que a medida que aumentaba la cantidad de residuos plásticos en el concreto, su resistencia a la compresión disminuía. Por lo que concluyeron de que el PET incrementa la resistencia en los adoquines de concreto.

Medina y Ramos [18], en su tesis “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria, Lima, 2021” se propusieron determinar en qué grado adicionar viruta de acero influye sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto, para ello se estableció una metodología con enfoque cuantitativo explicativo de diseño cuasi experimental donde se emplearon dosificaciones del 3%, 5% y 8% de viruta de acero para la elaboración de la mezclas, realizando diferentes estudios de los cuales se determinó que la proporción más beneficiosa de adicionar viruta de acero es en una proporción del 5% existiendo un mejor beneficio en las propiedades mecánicas del concreto endurecido en contraste con los demás porcentajes evaluados.

En función a literaturas locales tenemos a Villalobos [19], en su tesis “Evaluación de las propiedades mecánicas adicionando limaduras de acero”, tuvo como propósito fue examinar las propiedades mecánicas del concreto al agregar limadura de acero. El enfoque del estudio fue cuantitativo y cuasiexperimental. Los resultados mostraron que después de 28 días de curado, al agregar un 4% de limadura de acero al diseño de mezcla de un concreto con una resistencia de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , se obtuvo una resistencia de  $233 \text{ kg/cm}^2$ , lo que representó un aumento de  $38 \text{ kg/cm}^2$  en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto estándar. Por otro lado, al incorporar un 8% de limadura de acero en los diseños de mezcla se observó un aumento de  $51 \text{ kg/cm}^2$  en la resistencia a la compresión.

Correa [20] en su investigación “Elaboración de ecoconcreto usando residuos de acero fundido en reemplazo del agregado fino”, tuvo como objetivo desarrollar una mezcla de eco-concreto empelando elementos residuales de acero fundido como remplazo del agregado fino estudiando las propiedades tanto físicas y mecánicas del material, mediante una metodología cuantitativa y aplicada, se obtuvo como resultados que con la adición del 4% y 8% una resistencia a la flexión mayor que 12.86% y 11.09%, a la tracción mayor del 5.88%, 10.94% y a la compresión por encima de 13.48% y 3.19% dentro de un diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  en comparación a una mezcla de concreto tradicional, en tal sentido se concluyó que el acero fundido permite incrementar de manera significativa la resistencia a la compresión del concreto.

Córdova y Patazca [21] en su tesis “Diseño de concreto de alta resistencia adicionando escoria de acero como agregado fino ( $f'_c=350\text{kg/cm}^2$  y  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ ), para estructuras portuarias, Pimentel”, desarrollaron como objetivo el realizar el diseño de una mezcla de concreto de alta resistencia mediante la adición de escoria de acero como agregado fino ( $f'_c= 350 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c= 420 \text{ kg/cm}^2$ ). Para ello desarrollaron un diseño metodológico de tipo aplicada, cuantitativa y de diseño experimental para lo cual se evaluaron 216 probetas para aplicar pruebas de durabilidad y resistencia, donde se determinó que al agregar la escoria de acero la resistencia a la compresión aumenta al pasar los días de curado, alcanzando una máxima resistencia de  $399.37 \text{ kg/cm}^2$

y 505.99 kg/cm<sup>2</sup>, donde una sustitución del 15% de agregado fino por escoria resulta favorable también al medir la permeabilidad y resistividad eléctrica como control de la durabilidad, llegando a la conclusión que es viable incorporar este agregado metalúrgico en la composición de un concreto duradero con alta resistencia.

Suarez [22], en su tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión y flexión del concreto sustituyendo porcentajes del agregado fino por partículas finas de viruta de acero”, tuvo como objetivo en su investigación determinar la resistencia a compresión y flexión del concreto, remplazando en proporciones del 5%, 10% y 15% de agregado fino por viruta de acero en la mezcla de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para ello empleó un diseño metodológico aplicado correlacional y experimental donde se estudiaron 64 viguetas de concreto y 64 probetas cilíndricas en diferentes edades de curado, de lo cual se determinó que todas las evaluaciones mostraron mejorías en la resistencia a la compresión al agregar la viruta de acero, para el concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> se obtuvo un porcentaje de mejoría del 10% y para el de 280 kg/cm<sup>2</sup> se obtuvo un valor del 5%. Asimismo, se incrementó la resistencia a la flexión sin afectar la trabajabilidad del concreto puesto que el Slump permaneció dentro del rango admisible

Chavarry [23], en su tesis “Evaluación de la Mezcla de Concreto Agregando Cantidades Porcentuales de Limaduras de Acero”, desarrolló un estudio con la finalidad de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con la añadidura de cantidades porcentuales de limaduras de acero como agregado fino mediante una metodología de investigación aplicada de diseño experimental, donde se realizaron un total de 216 muestras para evaluar la resistencia a flexión, tracción, compresión así como el módulo de elasticidad adicionando las limaduras de acero en porcentajes de 5%, 7% y 10%. Determinando que la proporción de 10% presentó mejoras más significativas tanto en los diseños correspondiente al  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , concluyendo que el incorporar la limadura de acero favorece a mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Por los motivos anteriormente mencionados, esta tesis tiene por fin proponer una mejora del diseño de los adoquines de concreto para pavimentación, por medio del empleo de un material nuevo para su optimización en relación a sus propiedades, evitando posibles pérdidas de capacidad de soporte al desgaste o baja resistencia, beneficiando a la población en general, siendo este nuevo material, la limadura de acero como sustituto parcial del agregado fino, los que produzcan un impacto significativo por parte de sus componentes en la progresión de las propiedades del concreto e incentivar su uso o realización de estudios de este material alcanzando beneficios a largo plazo.

## **1.2. Formulación del Problema.**

¿Cómo influye la adición de limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino en la elaboración de adoquines de concreto?

## **1.3. Hipótesis.**

La adición de limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino mejora las propiedades del adoquín de concreto.

## **1.4. Objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo general.**

Elaborar adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino.

### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Identificar las propiedades físicas de los agregados que forman parte del diseño de mezcla de los adoquines de concreto.
- Identificar las propiedades físicas de la limadura de acero a emplearse en el diseño de mezclas para adoquines de concreto.
- Elaborar el diseño de mezcla del adoquín de concreto con un  $f'c = 320$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido de los adoquines de concreto con la adición de limadura de acero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%.

- Determinar el porcentaje óptimo de adición de limadura de acero.

### **1.5. Teorías relacionadas al tema.**

En esta sección, se espera que se tome en cuenta la teoría fundamental como cimiento sobre el cual se sustenta la investigación.

#### **1.5.1. Adoquín**

Jácome et al. [24], indican que los componentes de compacto de concreto es un componente prefabricado que se asemeja a un prisma recto. Sus bases pueden tener formas poligonales y se emplean para la construcción de superficies completas en pavimentos articulados. Estas superficies pueden ser de una sola capa o de dos capas. Estas piezas se ensamblan para formar una capa de rodadura en pavimentos, y también se utilizan en una variedad de aplicaciones que incluyen banquetas, suelos para áreas de carga en puertos y aeropuertos, así como en calles o avenidas para tráfico liviano y pesado, respectivamente.

Para Ledezma y Yauri [25] mencionan que, el adoquín es un elemento de construcción ampliamente utilizado en proyectos urbanos y de paisajismo, conocido por su versatilidad y durabilidad. Se trata de un bloque o ladrillo de concreto, piedra natural u otros materiales similares, generalmente de forma rectangular o cuadrada, diseñado específicamente para pavimentar superficies exteriores. Los adoquines se destacan por su resistencia a la intemperie, lo que los convierte en una opción ideal para calles, aceras, plazas y patios. Su diseño modular facilita la creación de patrones atractivos y estéticos, lo que añade un elemento decorativo a los espacios urbanos. Además, su fácil mantenimiento y reemplazo individual hacen que sean una elección práctica para áreas de alto tráfico. Los adoquines también son permeables, lo que permite la infiltración del agua y la reducción del riesgo de inundaciones.

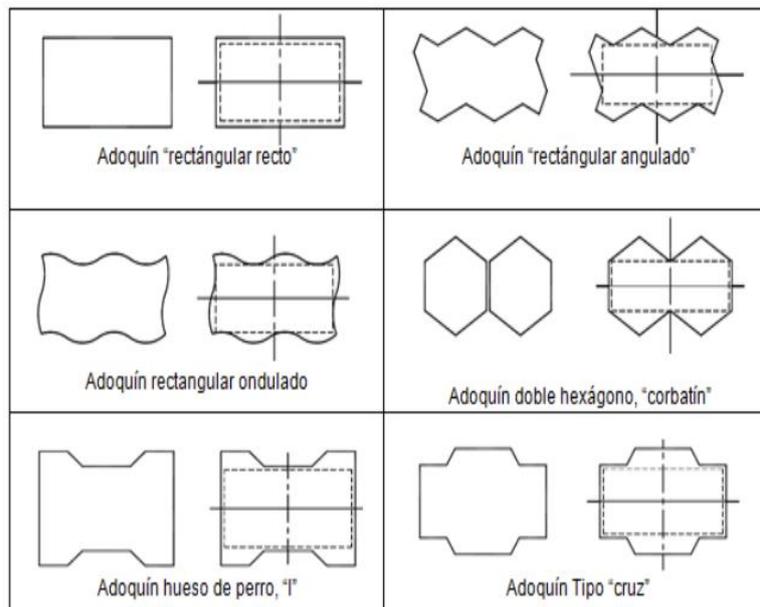
Leal y Cervera [26], menciona que los adoquines son componentes fabricados con materiales pétreos y cemento, y pueden tener diferentes formas, todas ellas

ajustar y simétricas. Estos bloques se colocan sobre una capa de arena de 3 a 5 cm de grosor. La función principal de esta capa de arena es absorber las irregularidades presentes en la base, permitiendo un adecuado acomodamiento de los adoquines y proporcionando un soporte uniforme en toda su superficie. Además, la capa de arena también ejerce un desarrollo notable en el drenaje del agua al filtrarlas juntas, invadiendo daños en la base.

#### **1.5.1.1. Forma y partes de un adoquín**

Buzón [27], señalan que el polígono establece tanto la superficie de desgaste, que incluye el bisel si está presente, como la cara de soporte de los adoquines. Además, este polígono define el prisma recto que les confiere su volumen. Entre las formas más habituales de adoquines se incluyen el rectángulo estándar, el rectángulo inclinado, el rectángulo en zigzag, los cuadrados, los hexagonales, el tipo cruz y el adoquín con forma de hueso de perro, conocido como tipo I. La figura uno ofrece una representación detallada de algunas de las formas convencionales utilizadas en los adoquines.

Así mismo, Sierra y Reyes [28] redactan que, un adoquín es una unidad de pavimentación utilizada en construcción y paisajismo. En términos de forma, generalmente tiene una estructura rectangular o cuadrada, con lados que pueden variar en dimensiones, aunque comúnmente se encuentra en dimensiones estándar de aproximadamente 10x10 cm o 20x10 cm. Está compuesto por varias partes clave, incluyendo una cara superior, que es la parte visible cuando se instala, una cara inferior que está en contacto con la base, bordes que delimitan su forma, y una serie de caras laterales. La superficie superior del adoquín a menudo presenta texturas o patrones que pueden ser funcionales, como ranuras para aumentar la tracción, o estéticos, con diseños decorativos. Los adoquines se ensamblan en patrones específicos durante la instalación para formar superficies pavimentadas. Estos patrones pueden variar desde el tradicional "en espiga" hasta diseños más elaborados, lo que agrega un elemento decorativo a paisajes urbanos y residenciales. La combinación de su forma y partes permite la creación de superficies duraderas y atractivas que resisten la erosión y el tráfico peatonal o vehicular.



**Fig. 1.** Formas del adoquín. [29]

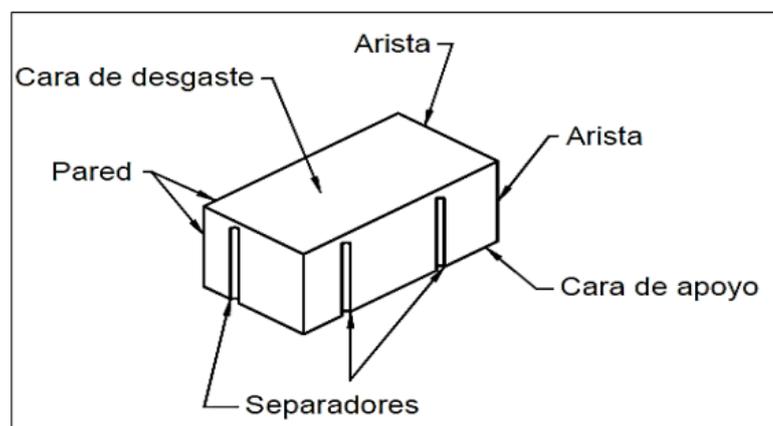
Un adoquín de concreto se compone de diferentes componentes esenciales que contribuyen a su estructura y propósito. Estas partes fundamentales incluyen:

- ✓ **Superficie superior:** Aldana [30], señala que es la parte visible del adoquín una vez instalado. Puede presentar diversos acabados, como liso, texturizado, rugoso o con patrones decorativos. La superficie superior proporciona la zona de rodadura y debe tener propiedades antideslizantes adecuadas.
- ✓ **Base inferior:** Pérez et al. [31], menciona que es la parte inferior del adoquín que hace contacto con la capa base o el lecho de arena durante la instalación. La base inferior puede ser lisa o tener una textura especial para mejorar la adherencia con la capa subyacente y prevenir el deslizamiento.
- ✓ **Bordes laterales:** Sánchez et al. [32], menciona que son los lados del adoquín que se unen a otros adoquines para formar una superficie pavimentada continua. Los bordes laterales pueden ser rectos, biselados o tener formas especiales para facilitar la interconexión y crear patrones de pavimentación.
- ✓ **Juntas:** Sánchez et al. [32], los define como espacios entre los adoquines que se llenan con arena, mortero u otro material de relleno.

Las juntas ayudan a mantener la estabilidad y el alineamiento de los adoquines, permiten la expansión y contracción, y aseguran un drenaje adecuado.

- ✓ **Grosor:** Aldana [30], menciona que es la medida del espesor del adoquín. El grosor puede variar según la aplicación y la carga esperada. Los adoquines más gruesos son generalmente más adecuados para áreas de tráfico pesado, mientras que los más delgados se utilizan en áreas con tráfico ligero o peatonal.
- ✓ **Conexiones de interbloqueo:** Pérez et al. [31], Algunos adoquines de concreto están diseñados con elementos salientes, ranuras o lengüetas en los bordes para lograr un encaje sólido entre ellos. Estas conexiones de interbloqueo contribuyen a mantener la estabilidad y resistencia del pavimento.

Cada una de estas partes desempeña un papel importante en la funcionalidad y durabilidad de los adoquines de concreto. La calidad de fabricación y la correcta instalación de cada componente garantizan la construcción de un pavimento resistente y duradero.



**Fig. 2.** Partes de un adoquín. [29]

### 1.5.1.2. Dimensiones nominales

Los adoquines de concreto deben cumplir con las directrices establecidas en la Norma Coguanor NTG 41086 [33], que define las tolerancias aceptables para el grosor, longitud y ancho de los adoquines. Según esta normativa, se permite un margen de error de  $\pm 3$  mm para el grosor y de  $\pm 2$  mm para la longitud y el ancho especificados.

En cuanto al grosor, se refiere a la distancia entre la superficie de desgaste y la cara de soporte del adoquín. El grosor estándar no debe ser inferior a 60 mm, y se prefieren medidas que sean múltiplos de 20 mm, como 60 mm, 80 mm, y ocasionalmente 100 mm.

El ancho se define como la dimensión del adoquín en la dirección del lado más corto del rectángulo inscrito, excluyendo los separadores. Para unidades pequeñas que forman parte de sistemas de adoquines, el ancho mínimo permitido es de 50 mm, aunque en general, el ancho nominal de un adoquín es de alrededor de 80 mm.

La longitud se refiere a la dimensión del adoquín en la dirección del lado más largo del rectángulo inscrito, excluyendo los separadores. La longitud nominal debe estar dentro del rango de 50 mm a 250 mm, siendo la longitud típica de un adoquín de entre 100 mm y 200 mm.

Además de estas dimensiones, la norma también detalla la proyección horizontal y vertical del bisel. Se refiere a la extensión del perfil del bisel sobre la superficie de referencia, mientras que la proyección vertical se refiere a la extensión del perfil del bisel sobre la pared del adoquín.

Estas especificaciones y tolerancias definidas por la Norma Coguanor NTG 41086 [33], son importantes para garantizar la calidad y uniformidad de los adoquines de concretos fabricados y utilizados en Guatemala.

Estas medidas nominales son esenciales para garantizar la uniformidad y precisión en la construcción de superficies pavimentadas, ya que permiten una colocación ordenada y un ajuste adecuado. Además de las dimensiones típicas,

existen adoquines con dimensiones personalizadas para satisfacer necesidades específicas de diseño y construcción.

Las dimensiones nominales también influyen en la resistencia y durabilidad de los adoquines, ya que afectan la distribución de cargas y tensiones en la superficie pavimentada.

### **1.5.1.3. Composición de los adoquines**

#### **Cemento:**

Los adoquines de concreto se componen principalmente de cemento, agregados y agua. Según Enríquez et al. [34], el cemento, como componente clave, aporta la capacidad de endurecimiento y resistencia al adoquín. El cemento Portland es el tipo más comúnmente utilizado, siendo un cemento hidráulico que se combina con agua para crear una mezcla que se transforma en una pasta que se solidifica con el paso del tiempo.

Por otra parte, Cabrera et al. [35] describen que, el cemento es un material fundamental en la construcción, reconocido por su versatilidad y capacidad para unir otros materiales de construcción. Se produce mediante la trituración y mezcla de materiales como piedra caliza, arcilla, esquisto y mineral de hierro, que luego se calcinan a altas temperaturas. El resultado es un polvo fino que, al mezclarse con agua, forma una pasta que se resiste con el tiempo, creando un material sólido y resistente conocido como concreto. El cemento es esencial en la construcción de edificios, puentes, carreteras y una amplia variedad de estructuras. Su capacidad de adaptación lo hace adecuado tanto para proyectos de pequeña escala como para obras de gran envergadura. Además, su durabilidad y resistencia a la compresión lo convierten en una elección confiable para garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones.

#### **Agua:**

Díaz et al. [36] menciona que el agua es un componente esencial para la reacción química del cemento y la formación de una pasta que se endurece y se une a los agregados. Es fundamental utilizar la porción apropiada de agua

para lograr una mezcla de concreto adecuada en términos de trabajabilidad y resistencia final.

### **Aditivos:**

Es posible emplear aditivos en la mezcla de concreto de manera opcional. Según Espinoza y Urdaneta [37], estos aditivos pueden mejorar ciertas propiedades del adoquín, como acelerar o retrasar el fraguado, mejorar la trabajabilidad o aportar características especiales. Los aditivos pueden ser aceleradores de fraguado, retardadores, plastificantes, fibras de refuerzo u otros productos químicos específicos.

Los aditivos en el adoquín de cemento son sustancias que se añaden intencionalmente durante el proceso de fabricación para mejorar sus propiedades físicas o químicas. Estos aditivos pueden ser de origen orgánico o inorgánico y desempeñan un papel crucial en la calidad y rendimiento del adoquín.

Uno de los aditivos comunes es el plastificante, que mejora la trabajabilidad del concreto y facilita la colocación del adoquín durante la construcción. Los retardadores de fraguado también se utilizan para ralentizar el endurecimiento del concreto, lo que es especialmente útil en climas cálidos o en proyectos que requieren tiempo adicional para el posicionamiento de los adoquines.

Es esencial considerar que las proporciones y características exactas de los materiales utilizados pueden variar según las especificaciones del proyecto, las normas locales y las sugerencias del hacedor. Los resultados óptimos, se recomienda seguir las instrucciones y pautas proporcionadas por los fabricantes de adoquines de concreto y las autoridades locales encargadas de la construcción de carreteras o pavimentación.

### **Los agregados:**

Vigo y Turpo [38] mencionan que los agregados desempeñan un papel crucial al proporcionar resistencia, estabilidad y volumen a los adoquines de concreto. Estos agregados pueden incluir arena, grava, piedra triturada u otros materiales

similares. La combinación adecuada de agregados gruesos y finos contribuye a alcanzar la resistencia y durabilidad deseadas en los adoquines.

- ✓ **Agregado grueso:** Los agregados empleados abarcan una variedad de materiales, como grava de río lavada por completo, grava triturada, piedra triturada y escoria de alto horno enfriada con aire. Es fundamental que estos materiales cumplan con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41007 (ASTM C33). Además, es esencial que el porcentaje de desgaste en el ensayo de abrasión de la máquina de los ángeles no supere el 40%, conforme a lo indicado en la Norma ASTM C131. Se recomienda especialmente el uso de un tipo de agregado que pueda pasar a través de un tamiz de 13 mm (1/2") y quedar retenido en un tamiz de 9 mm (3/8"). Importante destacar que el tamaño de este agregado no debe exceder el 1/5 del espesor nominal del adoquín.
- ✓ **Agregado fino:** El tipo de arena recomendada es la proveniente de ríos con origen basáltico o cuarzo, la cual debe estar completamente lavada y no contener arcilla, tierra vegetal, sales o basura. Además, no debe tener partículas de tamaño mayor a 6 mm y su paso por el tamiz número 30 no debe exceder el 25% de la muestra. Los agregados deben de seguir el reglamento de las normativas, como la NTG 41007 (ASTM C33) para añadidos de peso normal y la ASTM C331 para añadidos de peso liviano.
- ✓ **Pigmentos:** Los pigmentos colorantes son sustancias empleadas para proporcionar color a los productos hechos de concreto. En el caso de la fabricación de adoquines, los pigmentos utilizados deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma NTC 3760 (ASTM C979).

#### 1.5.1.4. Características mecánicas de los adoquines

Las propiedades mecánicas de los adoquines hacen referencia a sus atributos físicos y su capacidad de resistencia. Algunas de las propiedades mecánicas clave incluyen:

## **Resistencia a la compresión:**

Villa et al. [39], La resistencia a la compresión, también conocida como R a la compresión, es una medida esencial para determinar la capacidad de un adoquín para resistir las fuerzas de compresión que actúan sobre él. Esta propiedad se expresa en unidades de presión, generalmente en (MPa). Una resistencia a la compresión más alta indica que el adoquín puede soportar cargas más pesadas sin experimentar deformación o fractura, lo que es fundamental para la durabilidad y estabilidad.

La capacidad de resistencia a la compresión de los adoquines se evalúa a través de pruebas de laboratorio utilizando una máquina de ensayo de compresión. La fórmula fundamental para calcular esta resistencia a la compresión es la siguiente:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Fuerza máxima soportada}}{\text{Área de la sección transversal}}$$

**Ecuación 1.** Fórmula de resistencia a la compresión. [39]

Donde:

La resistencia a la compresión es un indicador clave en la selección de adoquines para proyectos de construcción, ya que garantiza que las superficies pavimentadas sean capaces de soportar las cargas previstas durante su vida útil. Esta información es esencial para la seguridad y el rendimiento de las estructuras.

Fuerza máxima soportada es la carga máxima que puede soportar el adoquín antes de que se produzca la rotura, así mismo el área de la sección transversal es el área de la superficie en la dirección perpendicular a la fuerza aplicada.

La R a la compresión expresada en unidades presión, como megapascales (MPa) o psi (libras por pulgada cuadrada). Este valor indica la capacidad del adoquín para resistir cargas compresivas sin sufrir deformación o rotura.

Es importante considerar que la R a la compresión puede variar según el tipo de adoquín, la mezcla de concreto utilizada en su fabricación, así como los

procesos de curado y endurecimiento. Cada tipo de adoquín puede tener una R a la compresión mínima requerida para cumplir con las normas y estándares de calidad.

### **Resistencia al desgaste:**

La resistencia al desgaste en los adoquines es fundamental para garantizar su durabilidad en condiciones de tráfico y uso constante. Esta propiedad se refiere a la capacidad del adoquín para mantener su integridad estructural y su apariencia estética a lo largo del tiempo, a pesar de la abrasión y el desgaste causados por vehículos y peatones.

Un adoquín con una alta resistencia al desgaste es capaz de resistir la fricción y la presión repetida, lo que se traduce en una vida útil más larga y un mantenimiento reducido. Esto es especialmente importante en áreas de alto tráfico, como calles, plazas o estacionamientos, donde la durabilidad y la apariencia son críticas para la funcionalidad y la estética del espacio.

La selección de adoquines con adecuada resistencia al desgaste es esencial para proyectos de construcción, ya que garantiza que las superficies pavimentadas puedan soportar las demandas diarias y sigan siendo visualmente atractivas con el paso del tiempo. Además, contribuye a reducir los costos de mantenimiento y la necesidad de reemplazos frecuentes, lo que beneficia tanto a la economía como al medio ambiente.

Pacori et al. [40], menciona que la resistencia al desgaste de los adoquines se evalúa mediante pruebas específicas, como la prueba de desgaste Los Ángeles o la prueba de desgaste por abrasión. No existe una fórmula única para calcular la resistencia al desgaste, ya que depende del método de prueba utilizado y de los resultados obtenidos.

La prueba de desgaste Los Ángeles, por ejemplo, mide la pérdida de peso de los adoquines después de someterlos a ciclos de impacto y abrasión en un tambor giratorio. La resistencia al desgaste se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia al desgaste} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}}$$

**Ecuación 2.** Fórmula de resistencia al desgaste. [40]

Donde:

Peso inicial es el peso inicial del adoquín antes de la prueba, el peso final es el peso del adoquín después de la prueba.

El resultado se expresa generalmente como un porcentaje, donde un valor más bajo indica una mayor resistencia al desgaste.

Es importante destacar que la resistencia al desgaste puede variar según el tipo de adoquín, la composición del material y los factores ambientales a los que estará expuesto, como el tráfico, la exposición al clima y la presencia de sustancias químicas. Las pruebas de laboratorio proporcionan un análisis preciso capacidad de los adoquines para resistir el desgaste y la erosión.

### **Resistencia al impacto**

Martínez et al. [41], la resistencia al impacto en los adoquines es una propiedad crucial que mide su capacidad para resistir fuerzas de impacto o golpes repentinos. Esta característica es de particular relevancia en áreas con tráfico pesado o donde existe la posibilidad de que objetos pesados caigan sobre los adoquines. Un adoquín con alta resistencia al impacto será menos susceptible a sufrir roturas o fisuras cuando se somete a golpes o cargas bruscas.

Es fundamental reconocer que la resistencia al impacto puede variar considerablemente según factores como el tipo de adoquín, la calidad del material utilizado y el diseño estructural específico de los adoquines. La realización de pruebas de laboratorio especializadas proporciona una evaluación precisa de la resistencia al impacto de los adoquines, ya que se basa en resultados específicos obtenidos durante estas pruebas.

En la planificación y selección de adoquines para proyectos de construcción, considerar la resistencia al impacto es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de las superficies pavimentadas, especialmente en áreas con tráfico intenso o condiciones que puedan generar cargas de impacto significativas. Esta propiedad contribuye en gran medida a la longevidad y el rendimiento de los adoquines en situaciones donde pueden enfrentar fuerzas inesperadas.

### **Resistencia al deslizamiento**

Es la capacidad del adoquín para proporcionar tracción adecuada a los vehículos y peatones. Los adoquines deben tener una superficie antideslizante para prevenir accidentes y caídas, especialmente en condiciones de lluvia o hielo.

Ceballos et al. [42], señala que la capacidad de los adoquines para resistir el deslizamiento se evalúa utilizando pruebas específicas, como la prueba de coeficiente de fricción. No existe una fórmula única para calcular la resistencia al deslizamiento, ya que depende del método de prueba utilizado y de los resultados obtenidos.

La prueba de coeficiente de fricción generalmente implica medir la fuerza necesaria para deslizar un objeto sobre la superficie del adoquín. El coeficiente de fricción se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{\text{Fuerza de fricción}}{\text{Fuerza normal}}$$

**Ecuación 3.** Fórmula de coeficiente de fricción. [42]

Donde:

Fuerza de fricción es la fuerza requerida para deslizar un objeto sobre la superficie del adoquín, así mismo la fuerza común es la fuerza perpendicular ejercida sobre la superficie del adoquín.

El coeficiente de fricción se expresa como un valor adimensional y es un indicador de la resistencia al deslizamiento se refiere a la capacidad de los

adoquines para evitar el deslizamiento involuntario en su superficie. Un coeficiente de fricción más elevado indica una mayor resistencia al deslizamiento.

Es importante tener en cuenta que la resistencia al deslizamiento puede verse afectada por varios factores, como el acabado de la superficie del adoquín, la presencia de agua o líquidos, la textura y la limpieza de la superficie. Las pruebas de laboratorio y las normas específicas proporcionan pautas y criterios para evaluar la resistencia al deslizamiento de los adoquines en diferentes situaciones y condiciones.

### **Durabilidad**

Ledezma y Yauri [25], señala como la capacidad del adoquín para mantener sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo, resistiendo la acción de factores ambientales como la humedad, capacidad de resistencia a los rayos UV y a las variaciones de temperatura. Un adoquín duradero mantendrá su resistencia y apariencia durante más tiempo.

La evaluación de las propiedades mecánicas de los adoquines se lleva a cabo mediante rigurosas pruebas de laboratorio, siguiendo normas y estándares específicos. Estas pruebas son esenciales para asegurar la calidad y el rendimiento de los adoquines en diversas aplicaciones. Al considerar la selección de adoquines para un proyecto en particular, es fundamental tener en cuenta estas características mecánicas.

Las propiedades mecánicas, que incluyen la resistencia a la compresión, al desgaste y al impacto, son determinantes para determinar la durabilidad y la capacidad de los adoquines para resistir el tráfico y las condiciones ambientales adversas. Evaluar estas propiedades de manera precisa garantiza que los adoquines seleccionados sean adecuados para la aplicación deseada, lo que contribuye a la seguridad y longevidad de las superficies pavimentadas.

## Absorción de agua

Ramírez et al. [44], indican que los adoquines deben satisfacer un criterio de absorción de agua total, el cual no debe exceder el 7% como promedio para las muestras que se entregan al comprador, de acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana Icontec 2017. Por otro lado, la Norma Guatemalteca Coguanor NTG 41086 categoriza los adoquines en diversas clases según su virtud de absorción de agua.

**Tabla I.**

**Rango de absorción de agua del adoquín**

Tipo de Adoquines	Rango de Absorción de Agua
hormigón	3% - 7%
piedra natural	1% - 3%
arcilla	5% - 10%
granito	0.1% - 0.5%
basalto	0.5% - 2%

*Nota.* Adaptado de Ramírez et al. [44].

La ( $A_a$ ) se determina por medio del cálculo utilizando la extracción mate., con una acercamineto de 0,1%.

$$A_a = \left[ \frac{Mh - M_s}{Mh - M_a} \right] \times 1000$$

$${}^0/0 A_a = \left[ \frac{Mh - M_s}{M_s} \right] \times 100$$

**Ecuación 4.** Fórmula para hallar la absorción del agua. [44]

Donde

$A_a$  = absorción de agua en  $\text{kg/m}^3$ ,  $M_s$  = masa seca del espécimen en g,  $Mh$  = masa saturada (humedad) del espécimen en g,  $M_a$  = masa inmersa en agua y suspendida del espécimen en g.

La absorción del agua ( $A_a$ ) se calcula utilizando la siguiente ecuación, donde  $A_a$  representa la absorción de agua en  $\text{kg/m}^3$ ,  $M_s$  es la masa del espécimen en gramos,  $Mh$  es la masa saturada (humedad) del espécimen en gramos y  $M_a$  es la masa del espécimen sumergido en agua y suspendido en gramos.

### Módulo de ruptura

Saraguro et al. [45], se hace referencia a que la R a la flexión representa la máxima tensión que un espécimen rectangular puede resistir antes de fracturarse durante una prueba de flexión de 3 puntos. Esta resistencia se expresa en ( $\text{N/m}^2$ ), Mega pascales o kilogramos por ( $\text{cm}^2$ ) con una precisión de 0,1 MPa (1  $\text{kg/cm}^2$ ).

**Tabla II.**  
**Rango de resistencia a la flexión de los adoquines**

<b>Tipo de Adoquín</b>	<b>Rango de Espesor (mm)</b>	<b>Rango de R a la Flexión (MPa)</b>
hormigón	50 - 100	3-Jun
piedra natural	20 - 150	45204
arcilla	30 - 100	45204
granito	20 - 100	44105
Adoquines de basalto	30 - 120	44105

*Nota.* Adaptado de Saraguro et al. [45]

Para determinar el módulo de ruptura, se deben elegir tres muestras representativas de la muestra total, asegurándose de que estén intactas y evaluando su apariencia y dimensiones. Después de calcular la densidad y la absorción de agua, se realiza un ensayo para obtener el módulo de ruptura. Esto se logra mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$Mr = \frac{3PL}{2BH^2}$$

**Ecuación 5.** Fórmula para hallar el módulo de ruptura. [45]

Donde,  $M_r$  es el módulo de rotura,  $P$  es la carga máxima de rotura;  $L$  es la distancia entre los ejes de los apoyos,  $B$  es la longitud del eje menor del rectángulo, por último  $H$  es el espesor del adoquín.

### **1.5.2. Acero**

Según Almendariz et al. [46], el acero es una aleación altamente versátil y ampliamente utilizada que está compuesta principalmente de hierro y carbono, además de otros ingredientes de aleación. Es conocido por su resistencia mecánica y capacidad de ser moldeado y conformado mediante procesos de fabricación. El acero es usado en diferentes industriales y de construcción, incluyendo estructuras metálicas, automóviles, barcos, puentes, maquinaria, herramientas y electrodomésticos.

Ospina et al. [47], define el hierro como el componente principal del acero y aporta resistencia y tenacidad al material. El carbono es un elemento clave que fortalece la estructura del acero. Además, otros elementos de aleación como el manganeso, níquel, cromo y molibdeno pueden ser añadidos en diferentes proporciones para conferir al acero propiedades específicas, como  $R$  a la corrosión, corrección y dureza.

La diversidad de tipos y grados de acero disponibles permite adaptar sus propiedades para satisfacer los requisitos particulares de cada aplicación. El acero es importante para el progreso industrial moderna y continúa siendo uno de los materiales más empleados gracias a sus propiedades mecánicas excepcionales, su accesibilidad y su capacidad de ser fabricado de manera eficiente.

El acero es una aleación versátil y ampliamente utilizada que combina hierro, carbono y otros elementos de aleación para proporcionar resistencia, ductilidad y una variedad de propiedades deseables. Su uso en numerosas aplicaciones industriales y de construcción ha sido fundamental para el progreso tecnológico y económico.

### **1.5.2.1. Composición química del acero**

La limadura de acero es un subproducto que se genera durante el proceso de mecanizado de piezas de acero, como el corte o rectificado. Durante estas operaciones, pequeñas partículas o virutas de acero se desprenden de la pieza principal y se conocen como limadura de acero. La composición química de la limadura de acero está estrechamente relacionada con la composición del acero utilizado en las piezas mecanizadas.

Almendariz et al. [46] menciona que el acero es una aleación de hierro y carbono, donde el hierro es el componente principal y el carbono actúa como un elemento clave para fortalecer la estructura del material. En general, la limadura de acero consiste principalmente en hierro y carbono, ya que estos elementos son los constituyentes principales del acero. Sin embargo, también es posible que la limadura de acero contenga trazas de otros elementos de aleación presentes en la composición original del acero utilizado en las piezas mecanizadas.

La presencia de otros elementos de aleación en la limadura de acero puede depender del tipo y grado de acero utilizado, así como de las especificaciones del proceso de mecanizado. Algunos ejemplos de elementos de aleación que pueden estar presentes en la limadura de acero son el manganeso, níquel y cromo. Estos elementos pueden haber estado presentes en la aleación de acero original y, por lo tanto, también se encontrarán en la limadura resultante.

Es importante tener en cuenta que la composición química precisa de la limadura de acero puede variar debido a varios factores, como las características del acero utilizado y los procesos de mecanizado específicos. Para obtener información precisa sobre la composición química de la limadura de acero en un contexto particular, se recomienda consultar las especificaciones técnicas del material o llevar a cabo pruebas de laboratorio específicas para obtener resultados precisos y actualizados. Esto asegurará que se obtenga la información adecuada y se tomen decisiones fundamentadas en base a ella.

**Tabla III.**  
**Tabla de composición del acero**

Elemento	Rango de composición típica (%)
Hierro (Fe)	98.0 - 99.5
Carbono (C)	0.02 - 2.0
Manganeso (Mn)	0.10 - 1.50
Silicio (Si)	0.10 - 0.60
Fósforo (P)	≤ 0.040
Azufre (S)	≤ 0.050
Vanadio (V)	≤ 0.20 (acero al carbono)   hasta 0.5 (acero de alta resistencia)
Molibdeno (Mo)	≤ 0.30 (acero al carbono)   hasta 3.0 (acero de alta resistencia)
Cobre (Cu)	≤ 0.40 (acero al carbono)   hasta 2.0 (acero de alta resistencia)
Níquel (Ni)	≤ 0.50 (acero al carbono)   hasta 30.0 (acero inoxidable)
Cromo (Cr)	≤ 0.50 (acero al carbono)   hasta 30.0 (acero inoxidable)

*Nota.* Adaptado de Almendariz et al. [46].

#### **1.5.2.2. Peso específico del acero**

Según el tipo de acero y su composición química exacta. Sin embargo, en general, el peso específico del acero se sitúa alrededor de 7.85 (g/cm<sup>3</sup>) o 7850 (kg/m<sup>3</sup>).

Ospina et al. [47], menciona que es importante tener en cuenta que el peso determinado del acero puede fluctuar ligeramente según las proporciones de los elementos de aleación presentes en la composición del acero. Además, existen diferentes tipos de acero con diferentes densidades específicas. Por ejemplo, el acero inoxidable, que contiene cromo y otros elementos, puede tener una densidad ligeramente diferente.

Cuando se requiere una precisión absoluta al trabajar con un tipo de acero específico, es aconsejable buscar fuentes adicionales de información. Esto puede incluir consultar especificaciones técnicas proporcionadas por fabricantes de acero reconocidos o consultar documentos de referencia de organizaciones de estándares industriales. Estas fuentes suelen ofrecer datos exactos y detallados sobre las propiedades y características específicas de cada tipo de acero.

Además, para aplicaciones críticas donde la selección del tipo de acero es fundamental, es recomendable contar con el asesoramiento de un ingeniero o especialista en materiales que pueda proporcionar orientación específica y garantizar que se cumplan los requisitos precisos de tu proyecto. Combinar el conocimiento experto con la información de fuentes confiables es la mejor manera de garantizar que se elija el tipo de acero adecuado para una aplicación particular, maximizando así la seguridad y el rendimiento.

**Tabla IV.**

**Peso específico de los tipos de acero**

<b>Tipo de Acero</b>	<b>Peso Específico (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Carbono	7.85
Inoxidable (304)	7.93
Inoxidable (316)	8
Alta Resistencia	7.80 - 7.85
Galvanizado	7.80 - 8.05

*Nota.* Adaptado de Almendariz et al. [46].

## II. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación.

#### **Enfoque de investigación**

Es estudio está dada por el enfoque cuantitativo, ya que, al analizar las variables de las propiedades de los adoquines de concreto, están tendrán resultados con representación numérica. Tal como afirma Ñaupas et al. [48], una investigación es cuantitativa cuando se basa en el análisis estadístico, y emplea métodos de recolección de datos para medir variables que de alguna manera proporcionan datos numéricos.

#### **Tipo de investigación**

Se emplea esta metodología con el propósito principal de avanzar en la generación de nuevos conocimientos acerca de cómo la incorporación de limadura de acero afecta las características del adoquín de concreto. Para Azuero [49], una investigación es aplicada cuando busca generar nuevos conocimientos a través de una aplicación directa.

#### **Nivel de investigación**

Según Maldonado [50], se considera a una tesis de nivel explicativo siempre que tenga por fin evaluar las características de un grupo determinado, el cual es sometido a un análisis.

El enfoque adoptado es explicativo, dado que en esta investigación se detallan los procedimientos utilizados para analizar las propiedades del adoquín, así como se proporcionará una explicación detallada sobre cómo la inclusión de la limadura de acero influye en dichas propiedades del adoquín de concreto.

#### **Diseño de investigación**

Para Azuero [49], el estudio es cuasi experimental, se realiza la extracción de diferentes muestras para luego realizar el procesamiento de datos. En esta tesis se realizan ensayos en el adoquín patrón y en el adoquín con una sustitución parcial de agregado fino por limadura de acero.

## **2.2. Variables, Operacionalización.**

Se apreciará en la Tabla V con las variables que se muestran a continuación:

- Variable Independiente: Limadura de acero
- Variable Dependiente: Adoquines de concreto

**Tabla V.**  
**Operacionalización de variables.**

Variables Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Limadura de acero	La limadura de acero es un subproducto que se genera durante el proceso de mecanizado de piezas de acero, como el corte o rectificado [46]	La adición de la limadura como reemplazo del agregado fino se realizó en porcentajes respecto a este, para el diseño de mezcla objetiva f'c=320 kg/cm <sup>2</sup>	Propiedades físicas	Módulo de fineza	Guía de observación	Adimensional		
				Composición química	Guía de análisis documental	Adimensional		
				Peso específico	Guía de observación	gr/cm <sup>3</sup>	Numérica	De razón
				5%		%		
				10%	Guía de análisis documental	%		
		Porcentaje de incorporación		15%		%		
				20%		%		
Variable Dependiente	Son elementos fabricados con materiales pétreos y cemento, y pueden tener diferentes formas, todas ellas ajustar y simétricas [26]	La evaluación de los adoquines de concreto se da por medio de pruebas de laboratorio tantas físicas como mecánicas, con el fin comprobar la calidad, para su uso en las obras de construcción.	Propiedades físicas	Absorción		%		
Densidad					Kg/cm <sup>3</sup>			
Abrasión				Guía de observación	%	Numérica	De razón	
Resistencia a compresión					kg/cm <sup>2</sup>			
Resistencia a flexión					kg/cm <sup>2</sup>			

*Nota.* Elaboración propia.

## 2.3 Población y muestra.

### Población

La población abordada en esta tesis está compuesta por los pavimentos articulados que se encuentran en la ciudad de Chiclayo.

### Muestra

La muestra está ajustada por 129 especímenes, los cuales servirán para realizar el tanteo para el diseño de mezcla, y de los ensayos de, absorción, densidad, abrasión, resistencia a compresión y flexión.

### Muestreo

El tiempo de muestreo que se ha realizado es el no probabilístico con conveniencia.

**Tabla VI**  
**Muestras para tanteo**

<i>a/c</i>	Resistencia a compresión a los 7 días de curado
0.40	3
0.42	3
0.45	3
Total	9

Nota. Elaboración propia

**Tabla VII**  
**Número de pruebas para concreto endurecido.**

<b>Ensayos</b>	<b>Adición de limadura de acero</b>	<b>Cantidad de Pruebas a Realizar por dosificación</b>	<b>Total, de pruebas por Ensayo</b>
Absorción y densidad	0%	3	15
	5%	3	
	10%	3	
	15%	3	
	20%	3	
Abrasión	0%	3	15
	5%	3	
	10%	3	
	15%	3	
	20%	3	

Nota. Elaboración propia

**Tabla VIII.**  
**Número de pruebas para los ensayos de resistencia.**

Ensayos	Adición de limadura de acero	Cantidad de especímenes			Sub Total por dosificación	Total, por Ensayo
		7 días	14 días	28 días		
Resistencia a la compresión	0%	3	3	3	9	45
	5%	3	3	3	9	
	10%	3	3	3	9	
	15%	3	3	3	9	
	20%	3	3	3	9	
Resistencia a flexión	0%	3	3	3	9	45
	5%	3	3	3	9	
	10%	3	3	3	9	
	15%	3	3	3	9	
	20%	3	3	3	9	

*Nota.* Probetas de 20 cm \* 10 cm \* 4 cm para el ensayo de resistencia a compresión y el ensayo de resistencia a flexión.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **Técnicas de recolección de datos**

Se utilizaron técnicas de recolección de datos que involucraron la observación y el análisis de documentos. La observación se usó con el propósito de registrar los resultados obtenidos en pruebas relacionadas con la plasticidad, el tiempo de fraguado, así como la R a la compresión y a la flexión.

Por otro lado, la técnica de análisis documental se usó para el procedimiento de búsqueda y para el estudio de los datos ajuntados por investigaciones previas, esta técnica permitió calcular los esfuerzos permitidos, así mismo con esta técnica se pudo constatar que los resultados se encuentren dentro de los lineamientos y normativa establecida por las entidades respectivas.

### **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento es aquella herramienta empleada para la recolección de información que responderá al planteamiento del problema para lograr un objetivo establecido [51]. El tipo de instrumento que se emplee dependerá del campo o tipo de investigación, así como de los datos a recopilar.

Para el desarrollo de esta tesis se emplearon instrumentos tales como la guía de observación y la guía de análisis documental.

A continuación, se hace mención a las guías de observación usadas en la presente tesis.

- Indicador 1: Guía para ensayo propiedades físicas de los agregados.
- Indicador 2: Guía para el ensayo de abrasión
- Indicador 3: Guía para el ensayo de absorción y densidad
- Indicador 3: Guía para el ensayo de resistencia a compresión
- Indicador 4: Guía para el ensayo de resistencia a flexión

## **Validación de instrumentos**

Para la recolección de datos, se utilizarán los instrumentos de los informes de observación y la guía de revisión documental, cuyas pautas se encuentran definidas en la NTP 339.007. En consecuencia, esta información no necesita ser sometida a una validación a través de la opinión de expertos.

## **Confiabilidad de instrumento**

Los instrumentos empleados se encuentran estandarizados ya que han sido usado en anteriores investigaciones, razón por la cual proporciona la seguridad de la ficha de observación, consintiendo ser manejado en la presente investigación.

## **2.5 Procedimiento de análisis de datos.**

Para el presente trabajo de investigación, resultado fundamental tener información acerca de los procedimientos usados para la obtención de los materiales. Estos son el cemento, la arena gruesa, los adoquines de concreto y la limadura de acero. Esto con el fin de ser sometidos a los ensayos de laboratorio pertinentes para la determinación de sus diferentes propiedades físicas. Después de esto al elaborar las muestras previamente mencionadas con los diferentes diseños de mezcla se procederá a determinar las diferentes propiedades físicas y mecánicas de este, con el fin de analizar e interpretar sus resultados.

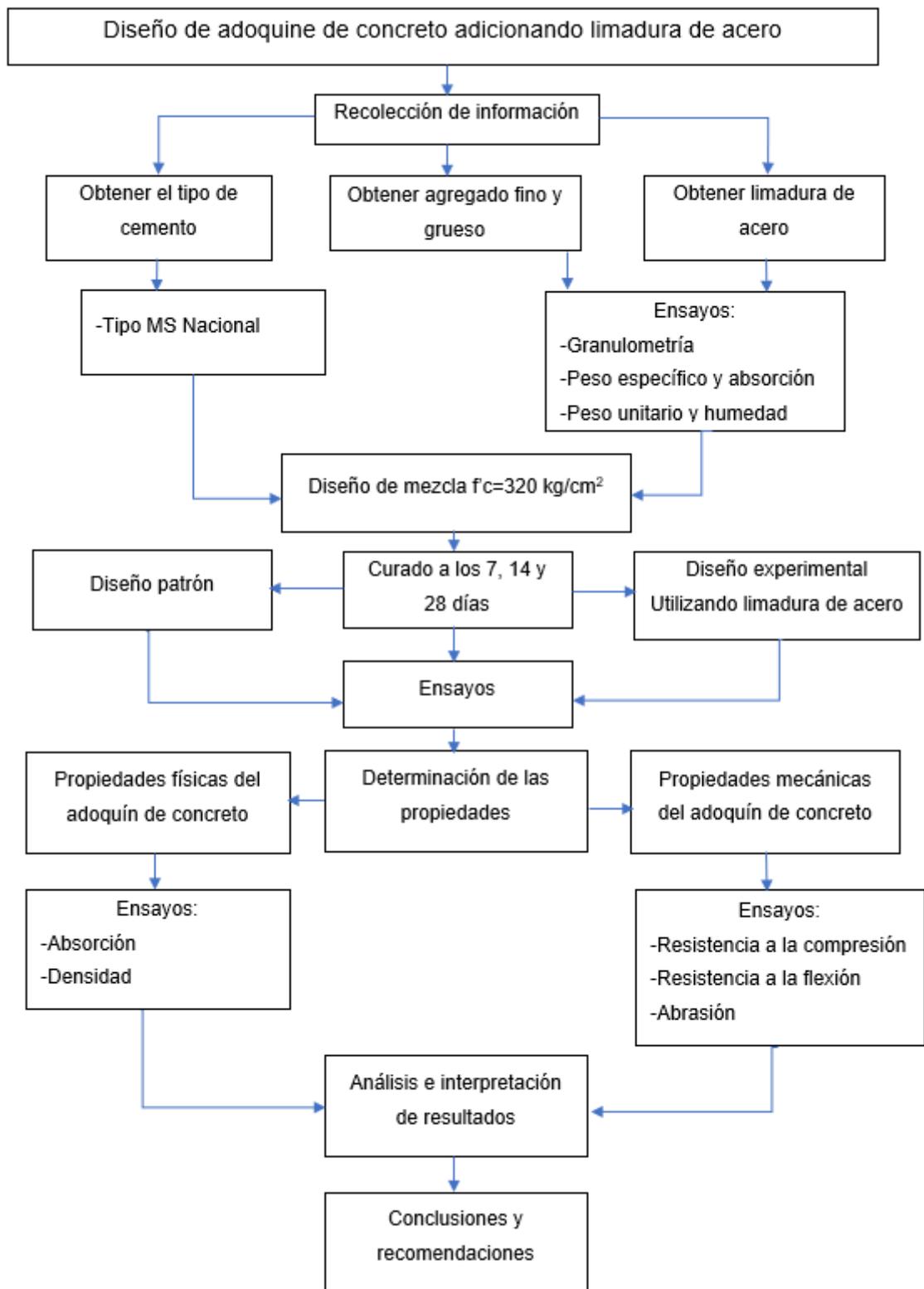


Fig. 3. Diagrama de flujo de proceso.

### **Etapa 1. Recolección de información.**

Se considera información relacionada a nuestro tema en estudio, en base a páginas web, libros y artículos de fuentes de prestigio como complemento para desarrollar los objetivos de la investigación, así como de las normas a emplear para los diferentes ensayos.

### **Etapa 2. Recolección de materiales.**

En este punto se realiza la búsqueda y compra de los materiales, en base a los agregados, cemento y limadura de acero, para el desarrollo de los adoquines de concreto.



**Fig. 4.** Limadura de acero.

La limadura de acero fue adquirida mediante la compra del insumo.

### **Etapa 3. Estudio de los materiales.**

En esta etapa, se realiza el estudio de las propiedades de los agregados que van a conformar el diseño de mezcla en base a la norma técnica peruana y al manual de ensayo de los materiales.

Análisis granulométrico de los agregados  
-Análisis granulométrico



**Fig. 5.** Análisis granulométrico.

- Peso unitario suelto y compactado.



**Fig. 6.** Peso unitario del agregado grueso.

Peso suelto y compactado del agregado grueso.

- Contenido de humedad.



**Fig. 7.** Contenido de humedad.

Contenido de humedad del agregado grueso y fino.

#### **Etapas 4. Diseño de mezcla**

Por medio del método ACI realiza el diseño de mezcla para elaborar el adoquín de concreto, por medio de la determinación óptima del contenido de agregados, agua y cemento.

#### **Etapas 5. Elaboración de los adoquines de concreto**

Al conocer las cantidades óptimas de material a emplear se procedió a realizar los siguientes procedimientos:

- Elaboración de moldes para adoquines de concreto.



**Fig. 8.** Moldes para los adoquines de concreto

- Vaciado de la mezcla a los moldes.



**Fig. 9.** Vaciado de mezcla en los moldes de adoquines

- Secado y limpieza de los adoquines de concreto final.



**Fig. 10.** Desencofrado de adoquines

- Curado de los adoquines de concreto.



**Fig. 11.** Secado de adoquines

### **Etapas 6. Ensayo físicos y mecánicos del adoquín de concreto.**

A través de ello, se determina qué las propiedades tanto físicas como mecánicas del adoquín de concreto.

- Evaluación de las propiedades físicas del concreto (absorción)



**Fig. 12.** Ensayo de absorción del adoquín de concreto

-Ensayo de abrasión

A través de ellos se determina el desgaste que tiene el adoquine de concreto.



**Fig. 13.** Ensayo de abrasión del adoquín de concreto.

-Ensayo de resistencia a la compresión

A través de ello, se determina qué resistencia presentan los adoquines de concreto con adición de limadura de acero a comparación del adoquín sin adición, desarrollándose por medio de la máquina para este ensayo.



**Fig. 14.** Ensayo de resistencia a compresión del adoquín de concreto.

Ensayo de resistencia a flexión

Mediante este ensayo se evaluará la resistencia ante las fuerzas perpendiculares que actúan sobre el adoquín de concreto.



**Fig. 15.** Ensayo de resistencia a flexión del adoquín de concreto.

## **2.6 Criterios éticos.**

El juicio de los autores de los repositorios revisadas se ha honrado y respetado mediante una adecuada citación siguiendo el estilo IEEE. Se implementará Turnitin para prevenir cualquier forma de plagio, garantizando así que los datos obtenidos sean atribuibles al autor del estudio. Además, se seguirán de manera rigurosa las directrices la ética investigativa de la USS, garantizando la objetividad y transparencia en la recopilación e interpretación de los datos.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Resultados en Tablas y Figuras.

##### 3.1.1. Propiedades físicas de los agregados que forman parte del diseño de mezcla de los adoquines de concreto.

Para un adecuado diseño de mezclado se tuvo que determinar en primer lugar las propiedades de los agregados, para con ello verificar que estas cumplan con los requerimientos establecidos.

El agregado grueso que utilizamos en nuestros proyectos proviene de la cantera La Victoria, la cual se encuentra ubicada en el distrito de Pátapo. Esta cantera ha demostrado ser una fuente confiable y de alta calidad para nuestros materiales de construcción a lo largo de los años. Para asegurarnos de que los agregados cumplan con nuestros estándares de calidad, realizamos una serie de análisis exhaustivos. Estos análisis incluyen la evaluación de propiedades clave como la capacidad de absorción, el contenido de humedad, la granulometría y el peso específico de los materiales.

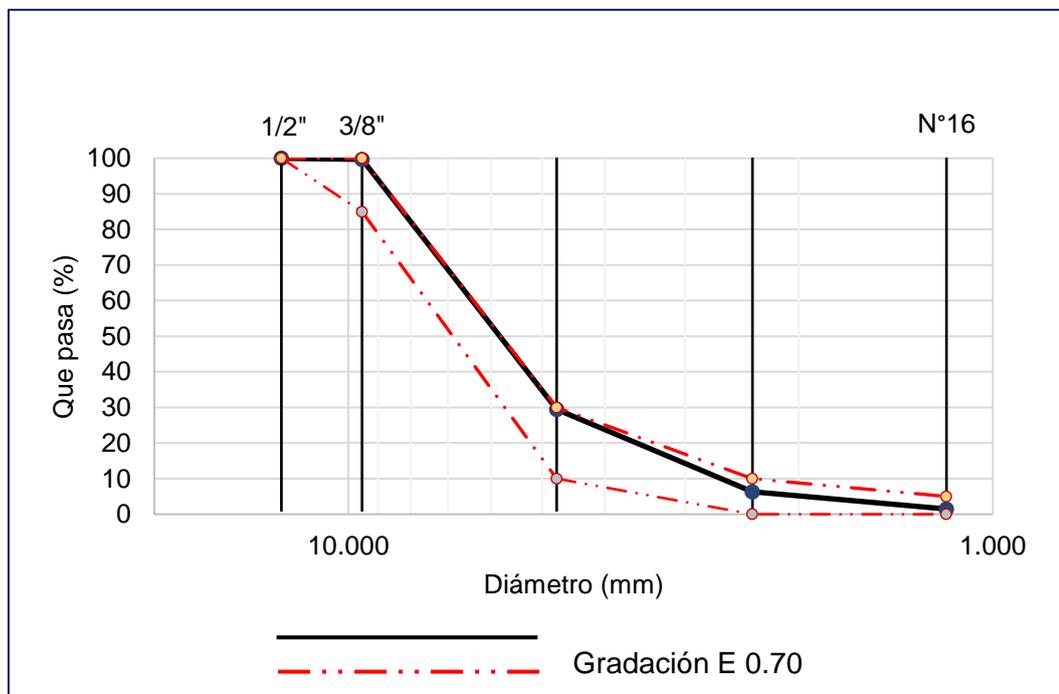
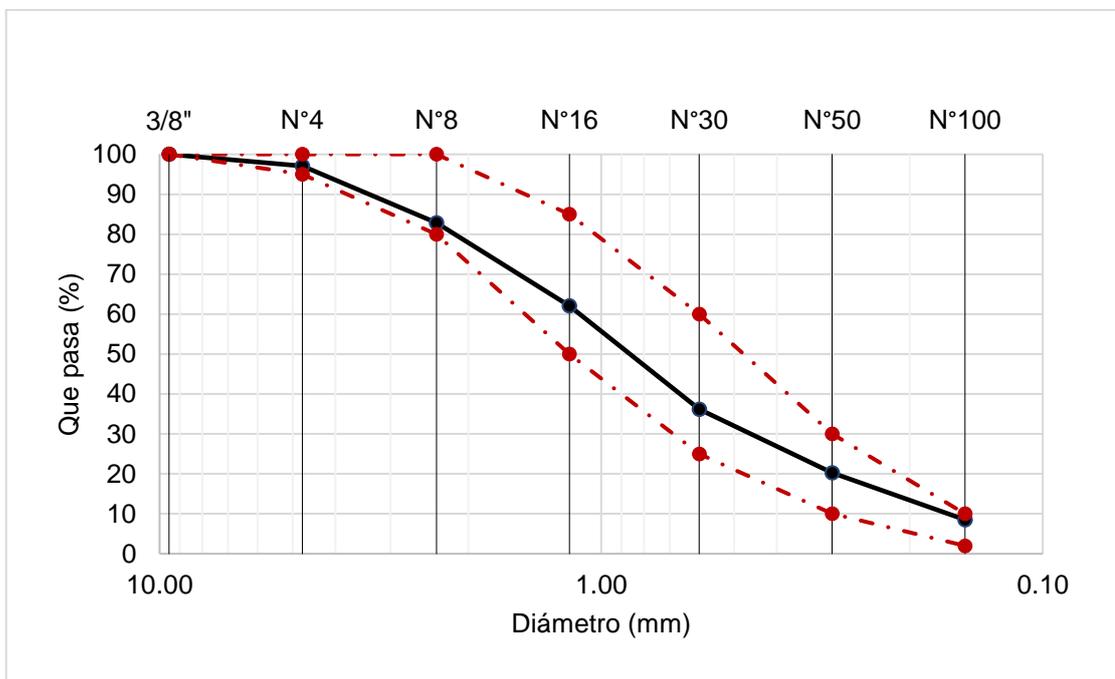


Fig. 16. Curva granulométrica-Agregado grueso.

En cuanto al agregado fino, es importante destacar que proviene de la cantera de Tres Lomas, ubicada en la hermosa provincia de Ferreñafe, que forma parte del pintoresco departamento de Lambayeque. La elección de esta cantera se basa en su reputación por proporcionar un agregado fino de excelente calidad. Los resultados del análisis muestran un índice de finura de 2.93 para este agregado fino, lo que indica una granulometría adecuada para las construcciones. Esta precisión en la selección de materiales es esencial para garantizar la cohesión y resistencia en nuestros proyectos, y refuerza nuestro compromiso con la excelencia en la construcción.



**Fig. 17.** Curva granulométrica-Agregado fino.

A continuación, se presentan los resultados detallados de los ensayos realizados en el agregado grueso y fino, proporcionando información clave sobre sus propiedades físicas y químicas. Estos resultados son esenciales para respaldar las decisiones de diseño y garantizar la calidad en nuestros proyectos de construcción. Su análisis minucioso nos permite optimizar la durabilidad y rendimiento de nuestros productos finales.

**Tabla IX.****Propiedades físicas del agregado grueso y agregado fino**

Propiedad	Valor AG	Valor AF	Unidad
a) Tamaño máximo nominal	3/8"	-----	pulgadas
b) Peso Unitario suelto seco	1364.5	1692.4	kg/cm <sup>3</sup>
c) Peso Unitario compactado seco	1542.3	1836.1	kg/cm <sup>3</sup>
d) Peso específico de masa seco	2516.7	2505.4	kg/cm <sup>3</sup>
e) Contenido de humedad	0.69	0.84	%
f) Contenido de absorción	1.8	1.1	%
g) Módulo de fineza (adimensional)	-----	2.9	

Nota. El agregado grueso muestra un tamaño límite nominal de 3/8", un peso unitario suelto de 1364.5 kg/cm<sup>3</sup>, peso específico de 2516.7 kg/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad de 0.69% y contenido de absorción de 1.8%. El agregado fino presenta un peso unitario suelto de 1364.5 kg/cm<sup>3</sup>, peso específico de 1692.4 kg/cm<sup>3</sup>, humedad de 0.84% y absorción de 1.1%.

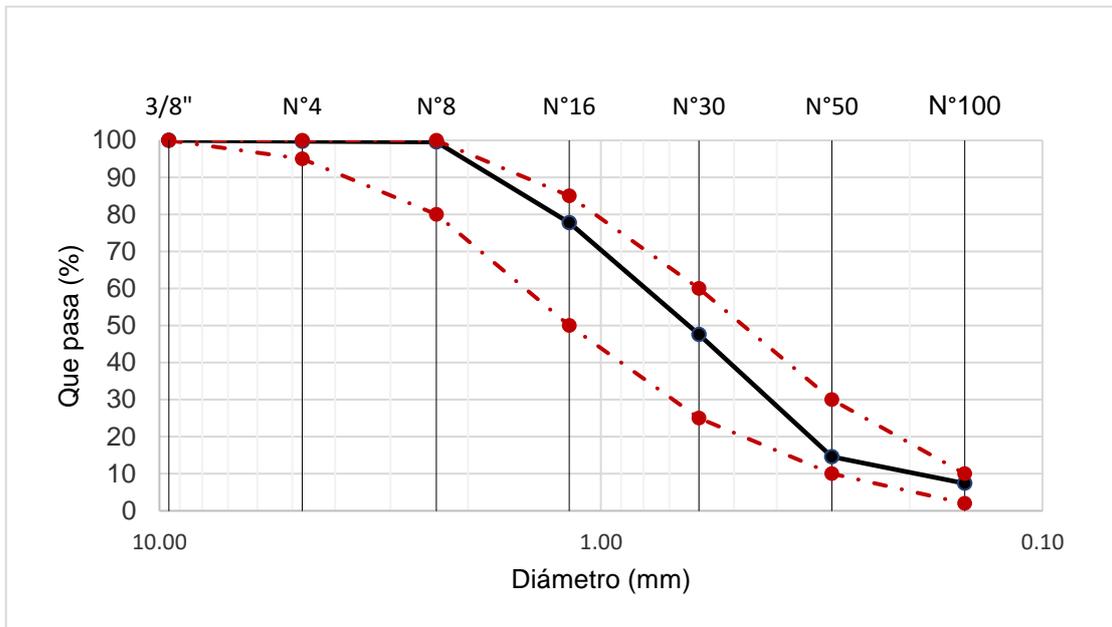
Para obtener las propiedades físicas del cemento se realizó el ensayo normalizado de densidad, obteniendo los resultados que se mencionan a continuación.

**Tabla X.****Densidad del cemento**

Descripción	Datos	Und
Volumen inicial	-0.3	cm <sup>3</sup>
Volumen final	21.9	cm <sup>3</sup>
Masa del cemento	65	gr
Temp.	20	°C
Densidad del cemento	2.93	gr/cm <sup>3</sup>

Nota. El cemento presenta una densidad de 2.93 gr/cm<sup>3</sup>.

Para el diseño de mezcla experimental se adicionó la limadura de acero, por ende, para obtener un adecuado diseño de mezcla de concreto se realizó el análisis granulométrico de la limadura de acero para obtener el módulo de fineza.



**Fig. 18.** Curva Granulométrica-Limadura de acero.

La limadura de acero según el análisis granulométrico realizado se obtiene un módulo de fineza de 2.53.

### 3.1.2. Diseño de mezcla del adoquín de concreto con un $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ .

Para el mesclado del adoquín de concreto se consideró una R requerida de  $320 \text{ kg/cm}^2$ .

En el proceso de mezclado, se consideraron varios parámetros clave para garantizar la calidad del producto final. Se estableció un contenido de aire del 3% como parte de la estrategia de diseño, lo cual fue fundamental debido al tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/8". Para controlar la trabajabilidad del concreto, se optó por un Slump de 1", lo que permitió una manipulación adecuada durante la colocación. Además, la elección de una combinación de agua-cemento de 0.4 fue esencial para lograr la resistencia y durabilidad deseadas en la mezcla. Las tablas que se presentan a continuación

ofrecen detalles específicos sobre las proporciones de diseño, lo que respalda nuestra búsqueda de la excelencia en la construcción y garantiza la uniformidad en nuestros proyectos.

**Tabla XI.**

**Dosificación de concreto 320 kg/cm<sup>2</sup>**

Cemento	A. Grueso	A Fino	Agua
492.86 kg	694.33 kg	810.43 kg	216.4526 lts

*Nota.* En cada m<sup>3</sup> concreto, se utilizaron las siguientes cantidades de materiales: 492.86 kg de cemento, 694.33 kg de agregado grueso, 810.43 kg de agregado fino y un total de 216.45 lts de líquido

**Tabla XII.**

**Proporción por peso de concreto 320 kg/cm<sup>2</sup>**

Cemento	A. Grueso	A Fino	Agua
1	1.41	1.64	18.66511 lts

*Nota.* Las proporciones por peso corregido fueron de 1:1.4:1.6.

**Tabla XIII.**

**Proporción por volumen de concreto 320 kg/cm<sup>2</sup>**

Cemento	A. Grueso	A Fino	Agua
1	1.53	1.44	18.66511 lts

*Nota.* Las proporciones por peso corregido fueron de 1:1.5:1.4.

Con el diseño de mezcla establecido se procedió a determinar los pesos necesarios por cada muestra de adoquín de concreto.

**Tabla XIV.**

**Proporción por cada tanda de adoquín de concreto**

Material	Proporción
Cemento	4.731 kg
A. Grueso	6.666 kg
A Fino	7.780 kg
Agua	2.078 lts

*Nota.* Por cada tanda de adoquín de concreto es necesario 4.73 kg de cemento, 6.66 kg de agregado grueso, 7.78 kg de agregado fino y 2.08 litros de agua. Cada unidad de adoquín de concreto requiere las siguientes cantidades de materiales: 4.73 kg de cemento, 6.66 kg de agregado grueso, 7.78 kg de agregado fino y 2.08 lts de líquido.

**3.1.3. Evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido de los adoquines de concreto con la adición de limadura de acero.**

Se evaluaron las propiedades de abrasión, absorción y densidad, flexión y compresión.

**a. Abrasión**

Se evaluó la abrasión de los adoquines de concreto a los 28 días con el fin de determinar el desgaste de estos bajo la norma ASTM C944.

A continuación, se mencionan los resultados alcanzados en el ensayo de R a la abrasión del adoquín de concreto.

**Tabla XV.**  
**Abrasión adoquín patrón**

Muestra	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Min.)	Ciclo	Carga (N)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	28	2	3	98	3	0.14
M-2	28	2	3	98	4	0.23
M-3	28	2	3	98	5	0.29

*Nota.* El desgaste promedio del adoquín de concreto fue de 0.22%.

**Tabla XVI.**  
**Abrasión adoquín patrón + 5% de limadura de acero**

Muestra	Edad (d)	Tiempo Abrasión (Min.)	Ciclo	Carga (N)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	28	2	3	98	3	0.18
M-2	28	2	3	98	4	0.24
M-3	28	2	3	98	2	0.13

*Nota.* El desgaste promedio del adoquín de concreto + 5% de limadura de acero fue de 0.18%.

**Tabla XVII.**  
**Abrasión adoquín patrón + 10% de limadura de acero**

Muestra	Edad (d)	Tiempo Abrasión (Min.)	Ciclo	Carga (N)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	28	2	3	98	2	0.21
M-2	28	2	3	98	3	0.23
M-3	28	2	3	98	3	0.17

*Nota.* El desgaste promedio del adoquín de concreto + 10% de limadura de acero fue de 0.20%.

**Tabla XVIII.**

**Abrasión adoquín patrón + 15% de limadura de acero**

Muestra	Edad (d)	Tiempo Abrasión (Min.)	Ciclo	Carga (N)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	28	2	3	98	4	0.27
M-2	28	2	3	98	5	0.30
M-3	28	2	3	98	4	0.25

*Nota.* El desgaste promedio del adoquín de concreto + 15% de limadura de acero fue de 0.28%.

**Tabla XIX.**

**Abrasión adoquín patrón + 20% de limadura de acero**

Muestra	Edad (d)	Tiempo Abrasión (Min.)	Ciclo	Carga (N)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	28	2	3	98	6	
M-2	28	2	3	98	5	0.27
M-3	28	2	3	98	5	0.31

*Nota.* El desgaste promedio del adoquín de concreto + 20% de limadura de acero fue de 0.32%.

**b. Absorción**

Se evaluó la absorción de los adoquines de concreto a los 28 días con el fin de determinar la absorción y densidad de estos, tomando en consideración la norma NTP 339.604:2002.

**Tabla XX.**  
**Absorción y densidad adoquín patrón**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
01	Adoquín Tipo I	2204	4.7
02	Ra/c = 0.42	2193	5.0
03	Diseño Patrón	2146	5.6

*Nota.* La densidad promedio del concreto patrón 2181 kg/cm<sup>3</sup>, por lo que su absorción promedio fue de 5%.

**Tabla XXI.**  
**Absorción y densidad adoquín + 5% limadura de acero**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
01	Adoquín Tipo I	2172	6.3
02	Ra/c = 0.42 + 5% Limadura de	2162	6.6
03	acero	2174	6.2

*Nota.* La densidad promedio del adoquín de concreto con incorporación del 5% de limadura de acero fue de 2169 kg/cm<sup>3</sup>, por lo que su absorción promedio fue de 6%.

**Tabla XXII**  
**Absorción y densidad adoquín +10% limadura de acero**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
01	Adoquín Tipo I	2208	6.5
02	Ra/c = 0.42 + 10 % Limadura de	2212	7.2
03	acero	2253	7.0

*Nota.* La densidad promedio del adoquín de concreto con incorporación del 10% de limadura de acero fue de 2224 kg/cm<sup>3</sup>, por lo que su absorción promedio fue de 7%.

**Tabla XXIII.**  
**Absorción y densidad adoquín + 15% limadura de acero**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 15% Limadura de acero	2291	4.1
02		2301	3.3
03		2296	3.6

*Nota.* La densidad promedio del adoquín de concreto con incorporación del 15% de limadura de acero fue de 2296 kg/cm<sup>3</sup>, por lo que su absorción promedio fue de 4%.

**Tabla XXIV.**  
**Absorción y densidad adoquín + 20% limadura de acero**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 20% Limadura de acero	2303	2.4
02		2305	3.0
03		2304	2.9

*Nota.* La densidad promedio del adoquín de concreto con incorporación del 20% de limadura de acero fue de 2304 kg/cm<sup>3</sup>, por lo que su absorción promedio fue de 3%.

### **c. Resistencia a compresión**

Se realizaron ensayos de R a la compresión tanto en el concreto estándar como en el concreto que contenía limaduras de acero a intervalos de 7, 14 y 28d. Los resultados de estos ensayos se encuentran meticulosamente registrados en las tablas que se presentan a continuación. Estos datos brindan una visión integral de cómo la adición de limaduras de acero afecta la resistencia del concreto a lo largo del tiempo, lo que es esencial para la toma de decisiones del estudio.

Este análisis sistemático nos proporciona una valiosa información para optimizar el diseño y garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras.

**Tabla XXV.**  
**Resistencia a compresión adoquín patrón**

Días	P (KN)	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio
	470.22	47948.33	232.18	72.56%	
7 días	512.46	52255.55	254.24	79.45%	234.25
	428.55	43699.24	216.33	67.60%	
	552.39	56327.21	274.42	85.76%	
14 días	493.25	50296.70	245.62	76.76%	257.20
	503.25	51316.40	251.55	78.61%	
	521.59	53186.53	268.62	83.94%	
28 días	550.62	56146.72	281.45	87.95%	267.81
	498.16	50797.38	253.35	79.17%	

*Nota.* La R a compresión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 234 kg/cm<sup>2</sup>, 257.20 kg/cm<sup>2</sup> y 267 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El adoquín de referencia no logró alcanzar la R deseada según las especificaciones de diseño, presentando una deficiencia del 16.31% en comparación con el valor objetivo. Esta discrepancia evidencia la necesidad de realizar ajustes en el proceso de fabricación para asegurar que los adoquines cumplan con los estándares de calidad exigidos.

**Tabla XXVI.****Resistencia a compresión adoquín + 5% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio
	441.15	44984.07	219.47	68.58%	
7 días	403.85	41180.58	202.86	63.39%	213.17
	427.25	43566.68	217.20	67.87%	
	493.60	50332.39	245.28	76.65%	
14 días	521.28	53154.92	260.94	81.54%	253.29
	507.22	51721.22	253.66	79.27%	
	513.71	52383.01	262.57	82.05%	
28 días	527.98	53838.12	267.18	83.49%	265.18
	521.55	53182.45	265.78	83.06%	

*Nota.* La R a compresión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 213.17 kg/cm<sup>2</sup>, 253.29 kg/cm<sup>2</sup> y 265.18 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El adoquín con incorporación del 5% de limadura de acero no alcanzó la R requerida de diseño, siendo menor que esté en 17.13%.

**Tabla XXVII.****Resistencia a compresión adoquín + 10% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio
	411.68	41979.01	210.11	65.66%	
7 días	374.18	38155.13	194.06	60.64%	213.36
	462.50	47161.13	235.92	73.73%	
	505.71	51567.25	256.30	80.09%	
14 días	560.36	57139.91	282.87	88.40%	263.98
	490.32	49997.93	252.77	78.99%	
	543.90	55461.48	278.42	87.01%	
28 días	568.95	58015.83	289.36	90.42%	276.65
	515.74	52590.01	262.16	81.93%	

*Nota.* La R a compresión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 213.36 kg/cm<sup>2</sup>, 263.98 kg/cm<sup>2</sup> y 276.65 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El adoquín con incorporación del 10% de limadura de acero no alcanzó la R requerida de diseño, siendo menor que esté en 13.55%.

**Tabla XXVIII**  
**Resistencia a compresión adoquín + 15% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio
	426.25	43464.71	216.80	67.75%	
7 días	366.16	37337.34	183.01	57.19%	201.50
	401.45	40935.86	204.68	63.96%	
	486.94	49653.27	244.10	76.28%	
14 días	505.80	51576.43	253.95	79.36%	246.81
	470.64	47991.16	242.37	75.74%	
	514.18	52430.93	262.15	81.92%	
28 días	486.80	49639.00	249.19	77.87%	257.74
	509.80	51984.31	261.88	81.84%	

*Nota.* La R a compresión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 201.50 kg/cm<sup>2</sup>, 246.81 kg/cm<sup>2</sup> y 257.74 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El adoquín con incorporación del 15% de limadura de acero no alcanzó la R requerida de diseño, siendo menor que esté en 19.46%.

**Tabla XXIX**  
**Resistencia a compresión adoquín + 20% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio
	364.51	37169.08	186.31	58.22%	
7 días	398.05	40589.16	199.54	62.36%	192.13
	376.16	38357.04	190.55	59.55%	
	526.85	53722.89	263.61	82.38%	
14 días	502.64	51254.20	253.48	79.21%	254.27
	482.42	49192.37	245.72	76.79%	
	496.26	50603.63	253.78	79.31%	
28 días	532.15	54263.34	270.24	84.45%	258.61
	501.30	51117.56	251.80	78.69%	

*Nota.* La R a compresión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 192.13kg/cm<sup>2</sup>, 254.27 kg/cm<sup>2</sup> y 258.61 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El adoquín con incorporación del 20% de limadura de acero no alcanzó la R requerida de diseño, siendo menor que esté en 19.19%.

#### **d. Resistencia a flexión**

Se evaluó la R a la flexión tanto en el concreto estándar como en el concreto enriquecido con limadura de acero a intervalos de 7, 14 y 28d, y los resultados correspondientes se encuentran detallados en las tablas subsecuentes. Estos datos proporcionan una visión detallada de cómo la incorporación de limadura de acero influye en la resistencia del concreto a diferentes edades de curado, información esencial para el estudio.

**Tabla XXX**  
**Resistencia a compresión adoquín patrón**

Días	P (Kgf)	P (N)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
	401.50	3937.37	7.72	78.74	
7 días	446.50	4378.67	8.83	90.06	87.93
	459.50	4506.16	9.32	94.99	
	499.50	4898.42	9.15	93.30	
14 días	494.50	4849.39	9.29	94.70	105.35
	679.50	6663.62	12.56	128.06	
	674.50	6614.59	12.22	124.60	
28 días	580.00	5687.86	10.98	111.95	106.65
	451.00	4422.80	8.18	83.40	

*Nota.* La R a flexión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 87.93 kg/cm<sup>2</sup>, 105.35 kg/cm<sup>2</sup> y 106.65 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

La Tabla 31 presenta en detalle los resultados de la resistencia a la flexión del adoquín de concreto que ha sido enriquecido con un 5% de limadura de acero. Estos resultados ofrecen una visión completa de cómo esta adición afecta la capacidad del adoquín para resistir esfuerzos de flexión. El análisis exhaustivo de estos datos es fundamental para comprender el rendimiento y las posibles mejoras en la calidad de los adoquines enriquecidos con acero.

**Tabla XXXI**  
**Resistencia a flexión adoquín + 5% limadura de acero**

Días	P (Kgf)	P (N)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
	503.50	4937.65	8.89	90.65	
7 días	408.00	4001.11	7.56	77.14	85.84
	465.50	4565.00	8.80	89.73	
	580.50	5692.76	10.81	110.22	
14 días	516.00	5060.23	9.39	95.70	99.76
	495.50	4859.20	9.15	93.35	
	568.50	5575.08	10.68	108.94	
28 días	485.00	4756.23	9.27	94.48	102.17
	559.50	5486.82	10.11	103.09	

*Nota.* La R a flexión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 85.84 kg/cm<sup>2</sup>, 99.76 kg/cm<sup>2</sup> y 102.17 kg/cm<sup>2</sup>.

La Tabla 32 proporciona un desglose pormenorizado de los resultados de la resistencia a la flexión del adoquín de concreto que ha sido fortalecido mediante la inclusión de un 10% de limadura de acero. Estos datos detallados permiten una comprensión profunda de cómo esta adición influye en la capacidad del adoquín para soportar fuerzas de flexión. Este análisis minucioso es esencial para evaluar el rendimiento y posibles mejoras en la calidad de los adoquines enriquecidos con acero.

**Tabla XXXII**  
**Resistencia a flexión adoquín + 10% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
	563.00	5521.14	10.39	105.99	
7 días	509.50	4996.49	9.50	96.88	94.33
	425.00	4167.83	7.86	80.13	
	601.50	5898.70	11.20	114.20	
14 días	564.50	5535.85	10.40	106.02	109.92
	574.00	5629.02	10.74	109.53	
	580.00	5687.86	10.65	108.64	
28 días	583.00	5717.28	11.06	112.77	113.56
	619.00	6070.32	11.70	119.27	

*Nota.* La R a flexión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 94.33 kg/cm<sup>2</sup>, 109.92 kg/cm<sup>2</sup> y 113.56 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

La Tabla 33 ofrece un desglose completo de los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la flexión del adoquín de concreto que ha sido fortificado mediante la adición del 15% de limadura de acero. Estos datos detallados permiten una evaluación precisa del impacto que tiene esta incorporación en la capacidad del adoquín para resistir fuerzas de flexión. Este análisis exhaustivo es fundamental para comprender plenamente el desempeño y las posibles mejoras en la calidad de los adoquines fortalecidos con acero.

**Tabla XXXIII**  
**Resistencia a flexión adoquín + 15% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
	399.00	3912.85	7.15	72.87	
7 días	456.50	4476.74	8.64	88.08	82.05
	447.00	4383.57	8.36	85.20	
	488.50	4790.55	9.07	92.48	
14 días	490.00	4805.26	9.11	92.89	96.93
	542.50	5320.11	10.34	105.42	
	566.50	5555.47	10.55	107.61	
28 días	562.50	5516.24	10.61	108.19	105.17
	522.50	5123.97	9.78	99.71	

*Nota.* La R a flexión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 82.05 kg/cm<sup>2</sup>, 96.93 kg/cm<sup>2</sup> y 105.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

La Tabla 34 brinda una descripción detallada de los resultados obtenidos en las pruebas de R a la flexión del adoquín de concreto que ha sido mejorado con la inclusión del 20% de limadura de acero. Estos datos minuciosos permiten una evaluación precisa de cómo esta adición impacta en la capacidad del adoquín para soportar esfuerzos de flexión. Este análisis exhaustivo es esencial para comprender completamente el rendimiento y las posibles mejoras en la calidad de los adoquines enriquecidos con acero.

**Tabla XXXIV**  
**Resistencia a flexión adoquín + 20% limadura de acero**

Días	P (KN)	P (kg)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
	450.50	4417.90	8.49	86.53	
7 días	441.50	4329.64	8.37	85.32	82.49
	390.50	3829.50	7.42	75.61	
	485.00	4756.23	9.22	94.01	
14 días	459.00	4501.25	8.73	88.99	95.16
	515.00	5050.42	10.05	102.50	
	578.00	5668.24	10.99	112.04	
28 días	513.00	5030.81	10.13	103.25	104.73
	511.00	5011.20	9.70	98.92	

*Nota.* La R a flexión promedio del adoquín patrón a los 7, 14 y 28d fue de 82.49kg/cm<sup>2</sup>, 95.16 kg/cm<sup>2</sup> y 104.73 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

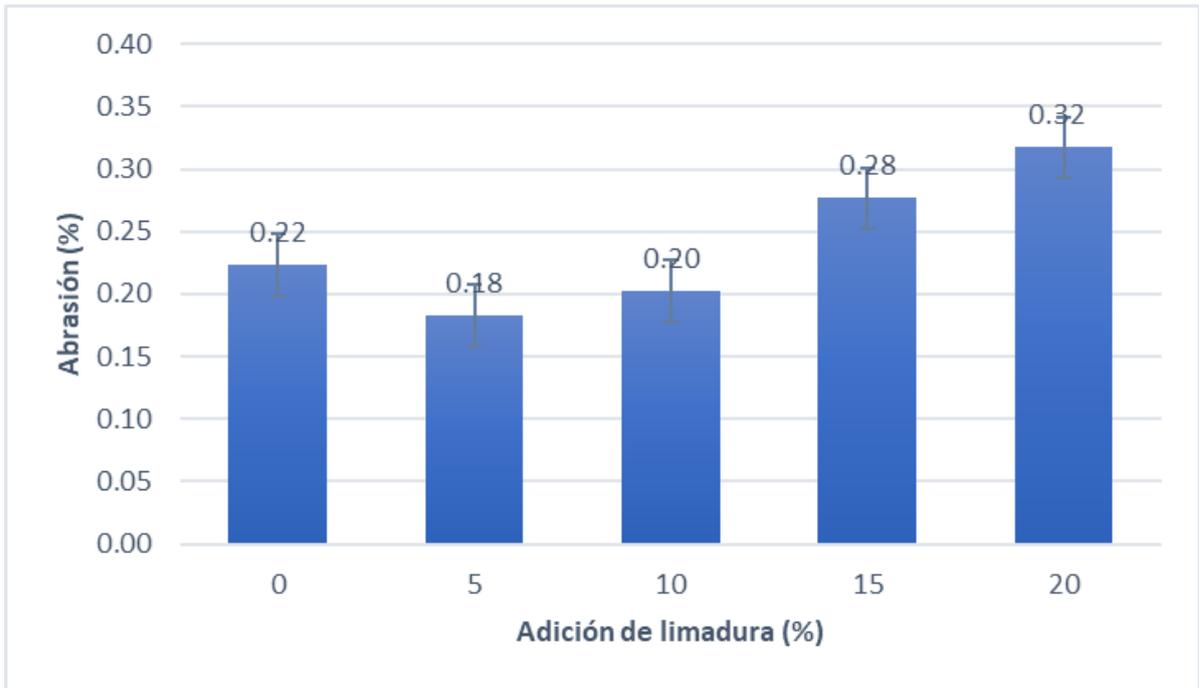
#### **3.1.4. Determinar el porcentaje óptimo de adición de limadura de acero.**

Para establecer el porcentaje óptimo de incorporación se procedió a realizar un análisis comparativo respecto a los resultados alcanzados de los ensayos practicados al adoquín de concreto

##### **a. Abrasión**

Se evaluó el desgaste del adoquín de concreto patrón y con la inclusión de limadura de acero del 5%, 10%, 15% y 20%.

El adoquín de concreto con inclusión del 20% de limadura de acero muestra un mayor desgaste, siendo este 0.10% mayor en relación al concreto, el cual presenta un desgaste del 0.22%. Por otro lado, la incorporación del 5% de limadura de acero en el adoquín de concreto ostenta el menor desgaste en comparación al diseño patrón y demás muestras analizadas, por lo que se considera óptima dicha adición para la propiedad de abrasión.

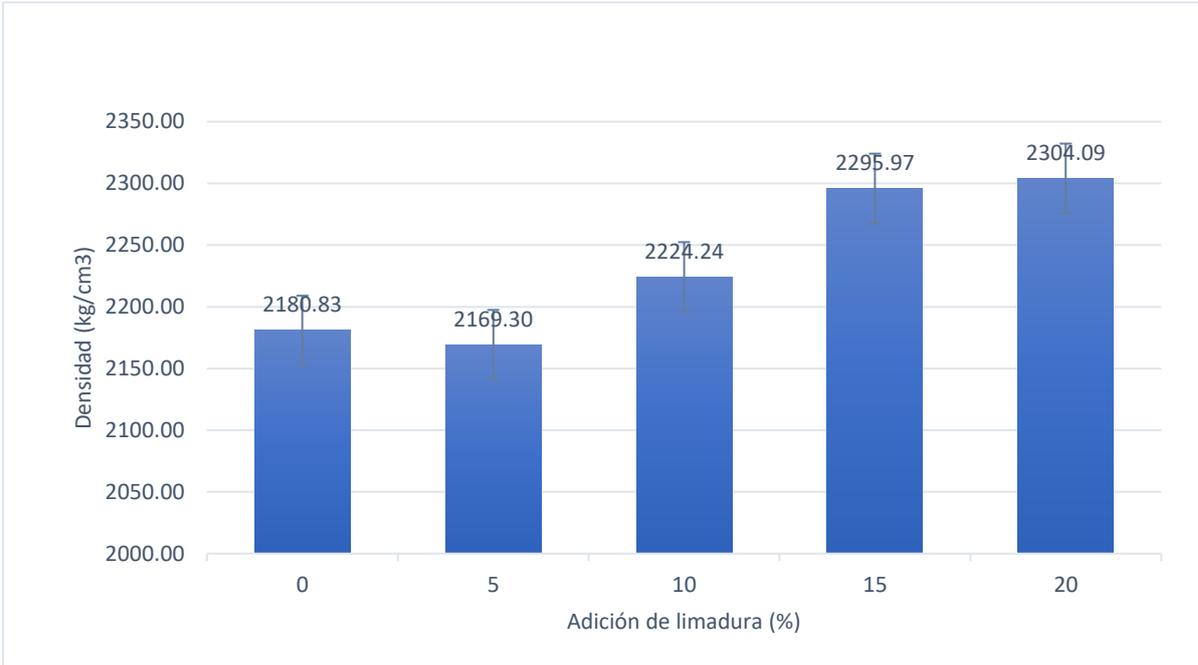


**Fig. 19.** Análisis comparativo en la abrasión del adoquín de concreto.

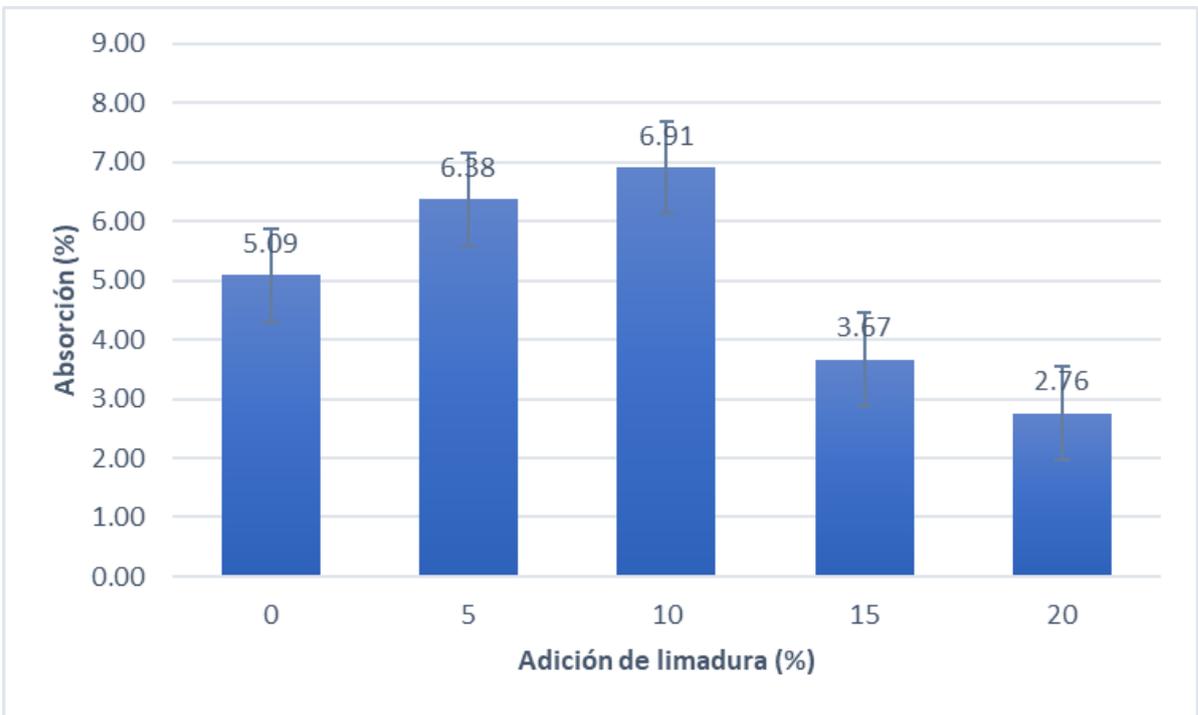
**b. Absorción y densidad.**

Se llevó a cabo una comparación de los niveles de absorción entre el adoquín de concreto estándar y aquel enriquecido con diferentes cantidades de limadura de acero, a saber: 5%, 10%, 15% y 20%.

El adoquín de concreto con inclusiones del 10% de limadura de acero presenta una mayor absorción, por ende, su densidad es mayor, seguida del adoquín de concreto con una inclusión del 5% de limadura de acero, cuyos valores de absorción sobrepasan al adoquín de concreto patrón en 1.80% y 1.27% respectivamente.



**Fig. 20.** Análisis comparativo de la densidad del adoquín de concreto.



**Fig. 21.** Análisis comparativo en la absorción del adoquín de concreto.

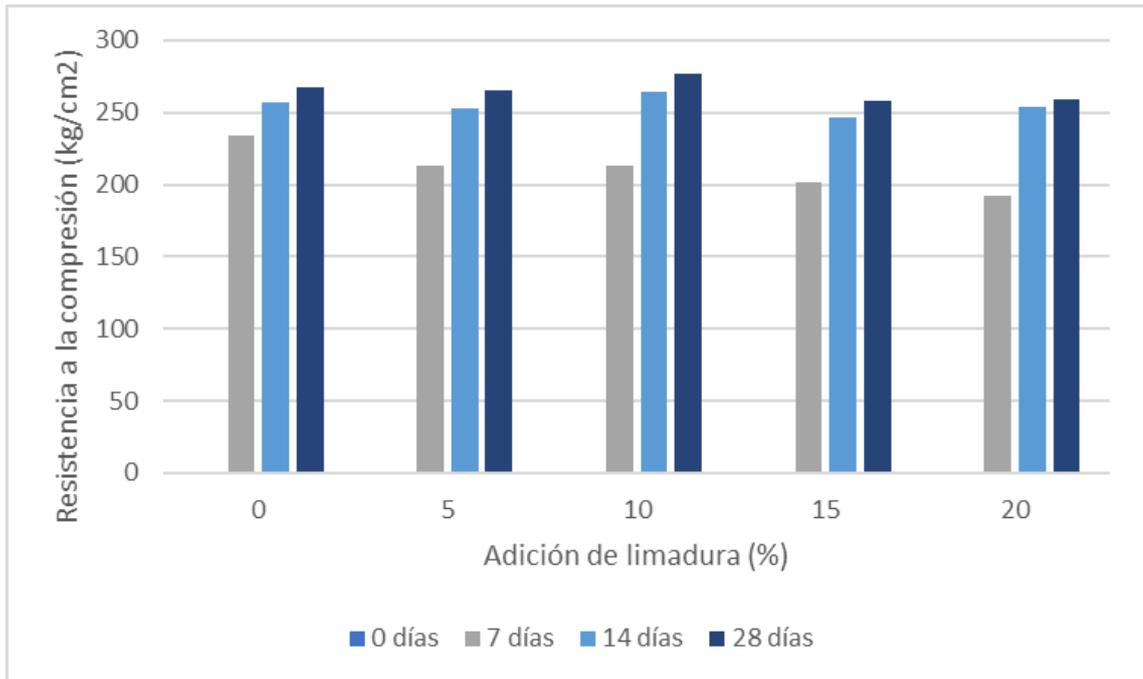
### c. Resistencia a compresión

Se efectuó una comparativa en cuanto a la R a la compresión del concreto a diferentes edades: 7, 14 y 28d. Este análisis permite evaluar cómo varía la capacidad de resistencia del concreto a medida que pasa el tiempo, lo cual es esencial para determinar su rendimiento a lo largo de diversas etapas de curado.

**Tabla XXXV**  
**Resistencia a compresión adoquín + limadura de acero**

Muestra	R a la compresión a los 7d	R a la compresión a los 14d	R a la compresión a los 28d
Adoquín de concreto patrón	234.25	257.20	267.81
Adoquín de concreto +5% LA	213.18	253.29	265.18
Adoquín de concreto +10% LA	213.36	263.98	276.65
Adoquín de concreto +15% LA	201.50	246.81	257.74
Adoquín de concreto +20% LA	192.13	254.27	258.61

*Nota.* La R a compresión del adoquín de concreto patrón y adoquín elaborado con limadura de acero no cumple con la R a compresión requerida para la presente tesis.



**Fig. 22.** Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto.

El adoquín de concreto +10% de limadura de acero alcanzó la mayor R a compresión a los 28 días de curado que el resto de concretos, siendo mayor que el concreto patrón en 3.30%.

#### **d. Resistencia a flexión**

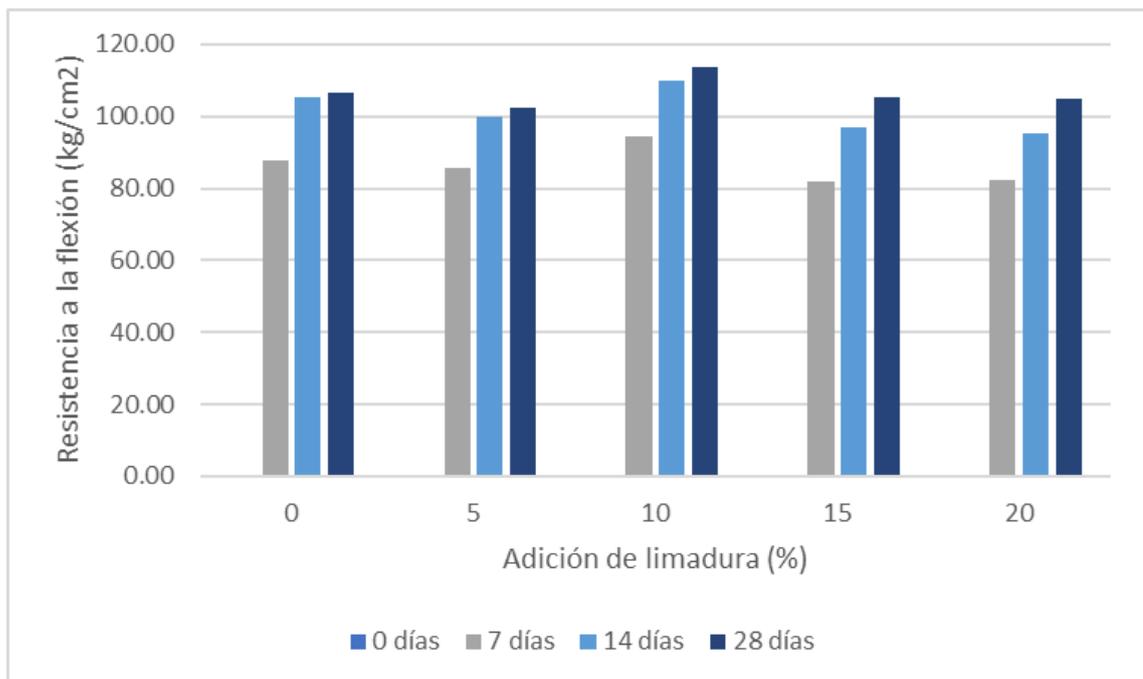
Se efectuó una evaluación comparativa de la R a la compresión del concreto a las edades de 7, 14 y 28d.

**Tabla XXXVI**

**Resistencia a flexión adoquín + limadura de acero**

Muestra	R a la compresión a los 7 d	R a la compresión a los 14 d	R a la compresión a los 28 d
Adoquín de concreto patrón	87.93	105.35	106.65
Adoquín de concreto +5% LA	85.84	99.76	102.17
Adoquín de concreto +10% LA	94.33	109.92	113.56
Adoquín de concreto +15% LA	82.05	96.93	105.17
Adoquín de concreto +20% LA	82.49	95.17	104.74

El adoquín de concreto con adición del 10% de limadura de acero alcanzó la mayor resistencia a flexión, en comparación al resto de muestras.



**Fig. 23.** Resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto.

### 3.2. Discusión de resultados.

En este punto se realizará el debate de los resultados recolectados por cada objetivo desarrollado, con el fin de identificar las contradicciones o los puntos en los que se concuerda con otras investigaciones, en donde se haya realizado la incorporación de limadura de acero.

El propósito general de la vigente tesis fue la de elaborar adoquines de concreto con la inclusión de limadura de acero, los resultados que esta adición mejoró las propiedades del adoquín de concreto, en este sentido concuerda con Villalobos [19], quien en su tesis tuvo como propósito principal evaluar las propiedades mecánicas del concreto con inclusión de limadura de acero, obteniendo como resultados que a los 28d de curado la incorporación del 4% de limadura de acero en el diseño de mezcla de un concreto  $175 \text{ kg/cm}^2$  se obtuvo una R de  $233 \text{ kg/cm}^2$ , aumentando la R a compresión del concreto patrón en  $38 \text{ kg/cm}^2$ , por otro lado, la incorporación del 8% de limadura de acero en los diseños de mezcla de los concretos  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  la aumentó en  $51 \text{ kg/cm}^2$  y  $58 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Así mismo concuerda con Neyra y Tacuri [14] y Farfán et al. [16], los primeros autores concluyeron en que la incorporación de fibra de acero incrementa en gran medida las propiedades de los adoquines de concreto, así mismo los últimos autores certifican en su artículo que la inclusión de fibra de acero permite que el concreto alcance una apropiada R a compresión.

Para el diseño de mezcla de los adoquines de concreto se tuvo que identificar las propiedades físicas de los agregados. Los resultados indican que el agregado grueso muestra un volumen máximo nominal de  $3/8''$ , un peso unitario suelto de  $1364.5 \text{ kg/cm}^3$ , peso específico de  $2516.7 \text{ kg/cm}^3$ , humedad de 0.69% y absorción de 1.8%, por otro lado, el agregado fino presenta un peso unitario suelto de  $1364.5 \text{ kg/cm}^3$ , peso específico de  $1692.4 \text{ kg/cm}^3$ , humedad de 0.84% y absorción de 1.1%. Del mismo modo Risco [15], quien en su tesis tuvo por objetivo evaluar la influencia de la adición de polvillo de acero reciclado en las propiedades de los adoquines de concreto, por lo que para su desarrollo determinó las propiedades de los agregados, obteniendo un peso definido de

2658 kg/cm<sup>3</sup>, peso unitario compactado de 1786 kg/cm<sup>3</sup>, 1.90% de absorción, módulo de fineza de 3.10 y 2.10% de contenido de humedad, en tanto que el agregado grueso mostro un peso específico de 2658 kg/m<sup>3</sup>, peso unitario compactado de 1823 kg/m<sup>3</sup>, absorción de 0.58%, tamaño máximo de ¾", módulo de fineza de 5.19 y un contenido de humedad de 1.50%. También Farfán et al. [16], en el estudio de las propiedades de los agregados que formaron parte del diseño de los adoquines de concreto obtuvo como resultados que el agregado fino presentó un contenido de humedad de 1.26%, capacidad de absorción de 0.4% y peso específico de 2700 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el agregado grueso presentó una humedad de 2.86%, absorción de 6.5% y peso específico de 2680 kg/m<sup>3</sup>.

Uno de los fines de la presente tesis fue examinar el efecto de la limadura de acero en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto, por lo que para su desarrollo se tuvo que realizar la incorporación de limadura de acero en del 5%, 10%, 15% y 20%, en este sentido concuerda con Himanshu [11], quien en su artículo tuvo por finalidad evaluar la durabilidad del concreto elaborado con rellenos de acero como sustitución del agregado fino y para el desarrollo de su investigación usaron diferentes niveles de sustitución de rellenos de acero como 0%, 10%, 20%, 30% y 40% en la fabricación de hormigón, del mismo modo concuerda con Mohammed et al. [12], que en su artículo tuvieron por finalidad evaluar las propiedades del concreto con la sustitución del agregado fino por la limadura de hierro, para el desarrollo de su artículo los porcentajes de sustitución de árido fino por limadura de hierro fueron del 0 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 %, así mismo la relación agua cemento adoptada en su trabajo fue de 0,58. Por último concuerda con Risco [15], en su tesis tuvo por finalidad evaluar la influencia del polvillo de acero y la cáscara de arroz en la R a compresión, absorción y abrasión de los adoquines de concreto, para el desarrollo de la investigación realizaron la incorporación de 2.5% y 5% de ambos insumos.

Se determinó de qué manera influye la limadura de acero en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto tales como absorción, abrasión, R a compresión y R a flexión, obteniéndose como resultados que el adoquín de

concreto con adición 5% de limadura de acero ostenta el menor desgaste en comparación al diseño patrón y demás muestras analizadas, del mismo modo el adoquín de concreto con inclusión del 10% de limadura de acero presenta una mayor absorción, en este sentido concuerda con Risco [15], quién en su tesis tuvo por finalidad evaluar la influencia del polvillo de acero y la cáscara de arroz en la R a compresión, absorción y abrasión de los adoquines de concreto, obteniendo como resultados que en la prueba de abrasión se obtuvo un 17%, a diferencia del concreto con adición del 2.5% de PC y CA se obtuvo el 20%. Por otro lado, en la prueba de absorción el concreto con 2.5% de PC y 2.5% de CA obtuvo un 13.86% y el concreto con 5% de CA y 5% de PA obtuvo un 9.48% de absorción, concluyendo de que a mayor incorporación de ambos insumos.

En la evaluación de las propiedades mecánicas del adoquín de concreto con la incorporación de limadura de acero, los resultados que con la inclusión del 10% de limadura de acero se obtuvo un aumento en la R a compresión a los 28 días de curado, siendo mayor que el concreto patrón en 3.30%. Por otro lado, el adoquín de concreto con adición del 10% de limadura de acero alcanzó la mayor R a flexión, en comparación al resto de muestras. De esta manera se concuerda con Fattouh et al. [13], quien en su artículo investigaron el efecto del uso de fibra de acero y humo de sílice sobre el comportamiento a compresión y flexión de un pavimento de concreto, obteniendo como resultados que la resistencia a la compresión de las mezclas con incorporación de fibra de acero y humo de sílice aumentaron en un 21,20 % y un 14,40 %, respectivamente, en comparación con la mezcla patrón, así mismo concuerda con Neyra y Tacuri [14], quienes en su tesis tuvieron por finalidad evaluar la reacción de la inclusión de fibra de acero en los adoquines de concreto para mejorar el comportamiento del pavimento de la avenida Cesar Vallejo situado en el distrito de Villa el Salvador, donde obtuvieron por resultados que la incorporación de fibra de acero en 20% consigue una resistencia de 640 kg/cm<sup>2</sup>. Pero se encuentra en desacuerdo con Mohammed et al. [12], quienes en su artículo tuvieron por finalidad evaluar las propiedades del concreto con la sustitución del agregado fino por la limadura de hierro, obteniendo como resultados que la inclusión de

limadura de hierro disminuyó la R a compresión y flexión en 38,51 % y 44,32 % a la edad de 28 respectivamente.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **4.1. Conclusiones.**

La inclusión del agregado grueso de la cantera La Victoria tiene un tamaño máximo nominal de "3/8" y muestra las siguientes propiedades: un peso unitario suelto de 1364.5 kg/cm<sup>3</sup>, una densidad de 2516.7 kg/cm<sup>3</sup>, humedad del 0.69% y una absorción del 1.8%. Por otro lado, el agregado fino obtenido de la cantera Las tres tomas presenta un peso unitario de 1364.5 kg/cm<sup>3</sup>, una densidad de 1692.4 kg/cm<sup>3</sup>, un contenido de humedad del 0.84% y una absorción del 1.1%.

Se concluye que la granulometría de la limadura de acero tiene cierta semejanza con la granulometría del agregado fino.

Se concluye que la a/c=0.42 del diseño de mezcla de 320 kg/cm<sup>2</sup> para el adoquín de concreto es. Las proporciones por metro cúbico de concreto fueron las siguientes: 492.86 kg de cemento, 694.33 kg de agregado grueso, 810.43 kg de agregado fino y 216.45 litros de agua.

En la evaluación de las propiedades físicas se determinó que el adoquín de concreto con adición del 20% de limadura de acero presenta un mayor desgaste y la incorporación del 5% de limadura de acero en el adoquín de concreto ostenta el menor desgaste en comparación al diseño patrón y demás muestras analizadas. Así mismo el adoquín de concreto con adición del 10% de limadura de acero presenta una mayor absorción, por ende su densidad es mayor, seguida del adoquín de concreto con una adición del 5% de limadura de acero, cuyos valores de absorción sobrepasan al adoquín de concreto patrón en 1.80% y 1.27% respectivamente, respecto a las propiedades mecánicas, el adoquín de concreto +10% de limadura de acero alcanzó la mayor resistencia a compresión en los 28d de curado que el resto de concretos, siendo mayor que el concreto patrón en 3.30%. Por otro lado, el adoquín de concreto con una inclusión del 10% de limadura de acero alcanzó la mayor resistencia a flexión, en comparación al resto de muestras.

Se concluyó que el porcentaje óptimo de incorporación fue el 10% de limadura de acero, debido a que este incremento la resistencia a compresión y flexión.

#### **4.2. Recomendaciones.**

Se recomienda usar agregados provenientes de otras canteras, debido a que con los materiales empleados no se logró una resistencia a la compresión adecuada para el diseño de mezcla.

Se recomienda realizar estudios de las propiedades químicas de la limadura de acero para determinar de qué manera influye en el concreto.

Se recomienda realizar un estudio de la incorporación de limadura de acero con aditivos superplastificantes para determinar de qué manera influyen en las propiedades de adoquines de concreto.

Se recomienda evaluar la durabilidad y resistencia ante el flexo tracción del pavimento usando adoquines de concreto incluyendo la limadura de acero.

Se recomienda para futuras tesis realizar una evaluación del costo de producción del 1m<sup>2</sup> de adoquín de concreto con la inclusión de limadura de acero con el porcentaje óptimo del 10%.

## REFERENCIAS.

- [1] R. Pietersen, M. Beauregard y H. Einstein, «Automated method for airfield pavement condition index evaluations,» *Automation in Construction*, vol. 141, pp. 1-19, 2022.
- [2] R. Pietersen, M. Beauregard and H. Einstein, "Automated method for airfield pavement condition index evaluations," *Automation in Construction*, vol. 141, pp. 1-19, 2022.
- [3] L. Zhang, W. Gu, Y.-J. Byon and J. Lee, "Condition-based pavement management systems accounting for model uncertainty and facility heterogeneity with belief updates," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 148, pp. 1-21, 2023.
- [4] M. Liwu , Y. Shuo , H. Bei , X. Lingling , F. Shengfa y D. Min, «Preparation, microstructure and property of carbonated artificial steel slag aggregate used in concrete,» *Cement and Concrete Composites*, vol. 113, 2020.
- [5] I. Hussain, B. Ali, M. Rashid, M. Amir, S. Riaz and A. Ali, "Engineering properties of factory manufactured paving blocks utilizing steel slag as cement replacement," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 15, pp. 1-8, 2021.
- [6] J. Ho, Y. Liang, Y. Wang, M. Lai, Z. Huang, D. Yang y Q. Zhang, «Residual properties of steel slag coarse aggregate concrete after exposure to elevated temperatures,» *Residual properties of steel slag coarse aggregate concrete after exposure to elevated temperatures*, vol. 316, 2022.
- [7] Y. Astor, Y. Nagesima, R. Utami, A. Sihombing, M. Adli and M. Firdaus, "Unmanned aerial vehicle implementation for pavement condition survey," *Transportation Engineering*, vol. 12, pp. 1-11, 2023.
- [8] Perú Compite, «Informe de Competitividad 2022,» CPC, 2022.
- [9] E. Moscoso, A. Ranieri, S. Biasotti, M. Chicchon, I. Sipiran, M.-K. Pham, T.-L. Nguyen-Ho, H.-D. Nguyen and M.-T. Tran, "SHREC 2022: Pothole and crack detection in the road pavement using images and RGB-D data," *Computers & Graphics*, vol. 107, pp. 161-171, 2022.

- [10] S. Shah, B. Ali, G. Ahmed, S. Tirmazi, M. Ouni and I. Hussain, "Effect of recycled steel fibers on the mechanical strength and impact toughness of precast paving blocks," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, pp. 1-11, 2022.
- [11] G. Himanshu, «Durability of concrete made with steel filings as a replacement of fine aggregate,» *Materialstoday:proceedings*, vol. 49, pp. 3217-3221, 2022.
- [12] K. Mohammed, T. Jasim, D. Raheem y S. Mohamed, «Properties of concrete using waste iron,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 80, pp. 769-773, 2023.
- [13] M. Fattouh, B. Tayehb, I. Saad y E. Elsayed, «Improvement in the flexural behaviour of road pavement slab concrete containing steel fibre and silica fume,» *Case Studies in Construction Materials*, 2023.
- [14] S. Neyra y W. Tacuri, «Diseño de pavimentos con adoquines de concreto adicionando fibra de acero, Avenida César Vallejo, Villa el Salvador – Lima- 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.
- [15] I. Risco, «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 cascara de arroz, Lima 2020,» 2020.
- [16] M. Farfán, D. Pinedo, J. Araujo y J. Orbegoso, «Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto,» *Redalyc*, 2019.
- [17] H. Cabanillas, «INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOQUINES CONVENCIONALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2020,» 2020.
- [18] G. Medina y M. Ramos , «Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria, Lima, 2021,» Universidad privada del norte, Lima, 2021.
- [19] M. Villalobos, «Evaluación de las propiedades mecánicas adicionando limaduras de acero,» Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2018.
- [20] A. Correa, «Elaboración de ecoconcreto usando residuos de acero fundido en reemplazo del agregado fino,» Universidad señor de Sipan, Pimentel, 2023.
- [21] E. Farias y S. Fiestas P, «Diseño de concreto de alta resistencia adicionando escoria de acero como agregado fino ( $f'_c=350\text{kg/cm}^2$  y  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ ), para estructuras portuarias, Pimentel,» Universidad Cesar Vallejo, Pimentel, 2021.

- [22] J. Suarez, «Mejoramiento de la resistencia a la compresión y flexión del concreto sustituyendo porcentajes del agregado fino por partículas finas de viruta de acero,» Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2022.
- [23] J. Chavarry, «Evaluación de la Mezcla de Concreto Agregando Cantidades Porcentuales de Limaduras de Acero,» Universidad señor de Sipan, Lambayeque, 2023.
- [24] J. Jácome, D. Burbano y J. Núñez, «Development of pavers from mine tailings.,» *Perfiles*, vol. 1, n° 27, pp. 69-75, 2022.
- [25] F. Ledezma y W. Yauri, «Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica,» *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, vol. 3, pp. 51-62, 2023.
- [26] L. Leal y K. Cervera, «Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como una nueva alternativa a la industria constructiva,» *Revista Politécnica*, vol. 15, n° 29, pp. 33-43, 2019.
- [27] J. Buzón, «Fabricación de adoquines para uso en vías peatonales, usando cuesco de palma africana,» *Inge - Cuc*, vol. 6, n° 1, pp. 67-78, 2010.
- [28] J. Sierra y L. Reyes, «Aplicación de caucho reciclado para uso en pavimento rígido : revisión, análisis y perspectivas de investigación,» *Universidad Santo Tomas*, pp. 1-16, 2020.
- [29] NTP 399.611, «Adoquines de concreto,» INACAL, Lima, Perú, 2017.
- [30] Y. Aldana, «Adoquines: entre ecología, economía y oportunidades de emprendimiento,» *Indagare*, vol. 6, n° 1, pp. 1-9, 2022.
- [31] L. Pérez, B. Meireles, D. Fuentes, C. Peña y A. Alonso, «Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 16, n° 2, pp. 1-11, 2022.
- [32] L. Sánchez, N. Tovar, J. Suárez, J. Bravo y D. Rojas, «Estudio Mecánico y de Mercado para Adoquín de Arena/Plástico Reciclado en una Ciudad Mediana de Colombia,» *Reciclaje*, vol. 6, n° 1, p. 17, 2021.
- [33] COGUANOR NTG 41086, «Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones,» COGUANOR, 2012, 2012.

- [34] A. Enríquez, L. Collahuazo, P. Hermosa, M. Acosta, C. Feijoo, M. Quezada y D. Ibarra, «Estudio de caso para el aprovechamiento de relaves mineros procedentes de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe-Ecuador, como agregado para la elaboración de adoquines,» *Revista científica GeoLatitud*, vol. 5, n° 1, pp. 34-43, 2022.
- [35] S. Cabrera, Y. Aranda, e. Suarez y R. Rotandoro, «Bloques de tierra compimida (BTC) estabilizados con cla y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión,» *Revista hábitat sustentable*, vol. 10, pp. 1-15, 2020.
- [36] P. Díaz, J. Guzmán y P. Morales, «Utilización de biosólidos de plantas de adoquines de concreto para su posible uso en vías de servicio peatonal en Colombia,» *Semilleros*, vol. 6, n° 11, pp. 51-64, 2019.
- [37] C. Espinoza y N. Urdaneta, «Manual para la fabricación de adoquines de concreto convencionales y con aditivos para garantizar las propiedades mecánicas de los elementos en la Región,» *Revista Tecnocientífica Uru*, vol. 1, n° 21, pp. 26-35, 2021.
- [38] J. Vigo y S. Turpo, «Uso de reciclado de plástico Tereftalato de Polietileno (PET) para la elaboración de adoquín de construcción,» *UNACIENCIA*, vol. 14, n° 26, pp. 68-79, 2021.
- [39] P. Villa, M. Pereyra y A. Gutierrez, «Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín,» *Revista ALCONPAT*, vol. 7, n° 3, pp. 247-261, 2017.
- [40] J. Pacori, V. Turpo y L. Lipa, «Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un adoquín con adición de cenizas de hornos artesanales de ladrillos,» *revista ingeniería de construcción*, n° 514, 2022.
- [41] M. Martínez, V. Marchetto y E. Lozano, «Plástico (PET) de reciclaje molido usado en adoquines de concreto,» *Revista Estudiantil URU*, n° 9, pp. 57-61, 2019.
- [42] S. Ceballos, D. Gonzáles y J. Sánchez, «Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines,» *Revista ION*, vol. 34, n° 1, pp. 27-35, 2021.
- [43] F. Ledezma y W. Yauri, «Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica,» *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, vol. 3, n° 1, pp. 51-62, 2023.

- [44] L. Ramírez, A. Orjuela y G. Angulo, «Propuesta de adoquines hechos a base de caucho reciclado,» *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, vol. 11, n° 1, pp. 44-53, 2020.
- [45] B. Saraguro, J. Carrion, H. Torres y D. Guerrero, «La Resistencia a la Compresión y el Desgaste en Adoquines de Concreto,» *Revista de la Universidad del Zulia*, vol. 16, n° 16, pp. 481-506, 2021.
- [46] M. Almendariz, R. Vaca y E. Medina, «Estudio de los Efectos de la Temperatura de Pre calentamiento sobre la Microestructura y Propiedades Mecánicas de Aceros ASTM A36 y A572 GR. 50,» *Polo del conocimiento*, vol. 6, n° 1, pp. 1313-1337, 2021.
- [47] M. Ospina, S. Chaves y L. Jiménez, «Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero,» *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 11, n° 1, pp. 185-196, 2021.
- [48] Ñaupás et al., *Metodología de la investigación*, 5 ed., Bogotá: Ediciones de la U, 2018.
- [49] A. Azuero, «Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación,» *KOINONIA*, vol. 4, pp. 110-127, diciembre 2019.
- [50] J. Maldonado, *Metodología de la Investigación Social*, Bogotá: Ediciones de la U, 2018.
- [51] J. Arias, *Proyecto de tesis de guía para la elaboración*, Lima: Biblioteca nacional del Perú, 2021.
- [52] INCORE, «Índice de competitividad Regional,» Instituto Peruano de Economía, 2019.

## ANEXOS.

### Anexo 01. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema:</b> ¿Cómo influye la adición de limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino en la elaboración de adoquines de concreto?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Elaborar adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino.</p> <p><b>Objetivo Específicos:</b> a) Identificar las propiedades físicas de los agregados que forman parte del diseño de mezcla de los adoquines de concreto. b) Identificar las propiedades físicas de la limadura de acero a emplearse en el diseño de mezclas para adoquines de concreto. c) Elaborar el diseño de mezcla del adoquín de concreto</p>	<p><b>Antecedentes:</b> Mohamed et al. [12] Fattouh, et al. [13]</p> <p><b>Teorías relacionadas al tema:</b> La resistencia a la compresión, también conocida como R a la compresión, es una medida esencial para determinar la capacidad de un adoquín para resistir las fuerzas de compresión que actúan sobre él [39]. La limadura de acero consiste principalmente en hierro y carbono, ya que estos</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La adición de limadura de acero como reemplazo del agregado fino mejora las propiedades del adoquín de concreto.</p> <p><b>Variables:</b> <b>Variable dependiente:</b> Adoquines de concreto</p> <p><b>Variable independiente:</b> Limadura de acero</p>	<p><b>Método de Investigación:</b> <b>Tipo de Investigación:</b> La presente investigación es cuantitativa. <b>Diseño de investigación:</b> El diseño experimental que presenta esta tesis se muestra a continuación: <math display="block">X \rightarrow Y</math> <math display="block">Mx \text{ -----} \rightarrow Y</math> <math display="block">Mx \text{ -----} \rightarrow Y1</math> Donde: M: Muestra. X: Variable Dependiente (Adoquines de concreto) Y: Limadura de acero en diferentes porcentajes</p> <p><b>Población:</b> La población abordada en esta tesis está compuesta por los pavimentos articulados que se encuentran en la ciudad de Chiclayo.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra está ajustada por 129 especímenes, los cuales servirán para realizar el tanteo del diseño de mezcla, los ensayos de absorción, densidad, abrasión y resistencia a compresión y flexión.</p> <p><b>Técnicas de Recolección:</b> Observación</p>

	<p>con un <math>f'c=.320</math> kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>d) Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto con la adición de limadura de acero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%.</p> <p>e) Determinar el porcentaje óptimo de adición de limadura de acero.</p>	<p>elementos son los constituyentes principales del acero. Sin embargo, también es posible que la limadura de acero contenga trazas de otros elementos de aleación presentes en la composición original del acero utilizado en las piezas mecanizadas [45]</p>		<p>Fuentes bibliográficas Fichas normalizadas de recolección de datos.</p> <p><b><u>Técnicas de Análisis y Proc.:</u></b> Se utilizaron los diferentes softwares que nos ayudan a procesar los resultados obtenidos como son Hoja de cálculo Excel, Word.</p> <p><b><u>Criterios éticos:</u></b> El juicio de los autores de los repositorios revisados se ha honrado y respetado mediante una adecuada citación siguiendo el estilo IEEE. Se implementará Turnitin para prevenir cualquier forma de plagio, garantizando así que los datos obtenidos sean atribuibles al autor del estudio. Además, se seguirán de manera rigurosa las directrices la ética investigativa de la USS, garantizando la objetividad y transparencia en la recopilación e interpretación de los datos.</p>
--	---	--	--	---

## ANEXO 02. Formatos de recolección de datos.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo

**Solicitante**

**Proyecto**

**Ubicación** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de Apertura:**

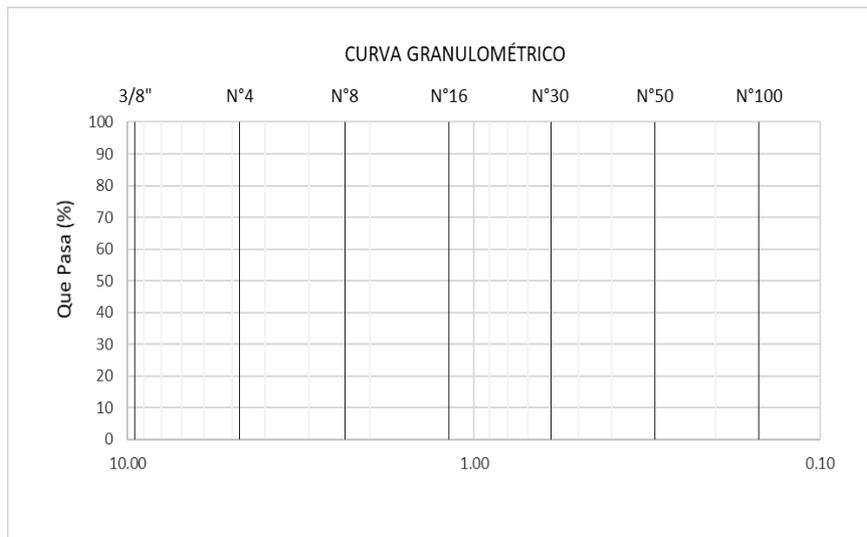
**Ensayo** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**Referencia** N.T.P. 400.012

Muestra Cantera

Masa inicial Seco

Malla		Masa Retenido	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	<b>0.00</b>			
Nº 4	4.750	<b>20.36</b>			
Nº 8	2.360	<b>49.65</b>			
Nº 16	1.180	<b>98.00</b>			
Nº 30	0.600	<b>121.70</b>			
Nº 50	0.300	<b>84.20</b>			
Nº 100	0.150	<b>49.70</b>			
<b>FONDO</b>		<b>21.10</b>			







**Solicitante:**

**Proyecto:**

**Lugar**

Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de ensayo**

**Ensayo:**

AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

**Referencia:**

N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Canreta : 3 Tomas - La victoria

### I. DATOS

		F-3	F-1
1.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	(gr)		
2.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco	(gr)		
3.- Peso del agua	(gr)		
4.- Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	(gr)		
5.- Peso del frasco	(gr)		
6.- Peso de la arena secada al horno	(gr)		
7.- Volumen del frasco	(cm <sup>3</sup> )		

### II. - RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )		
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA	(gr/cm <sup>3</sup> )		
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )		
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%		

Observaciones :



**Solicitante:**

**Proyecto:**

**Lugar:**

Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de ensayo:**

**Ensayo**

AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

**Referencia**

N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera:

**I. DATOS**

1.- Masa de la muestra secada al horno	(gr)			
2.- Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)			
3.- Masa de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)			
4.- Masa de la canastilla	(gr)			
5.- Masa de la muestra saturada dentro del agua	(gr)			

**II .- RESULTADOS**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )			
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm <sup>3</sup> )			
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )			
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%			

**Observaciones :**



Solicitante :  
Proyecto :

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción :

Formato interno de ensayo

**Ensayo** : 1. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
2. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

**Referencia** : 1. NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Cantera:

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

		A	B	C
01.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)			
02.- Peso del recipiente	(gr.)			
03.- Peso de muestra (01-02)	(gr.)			
04.- Constante ó Volumen	(cm <sup>3</sup> )			
05.- Peso unitario suelto húmedo 03/04	(gr/cm <sup>3</sup> )			
06.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			
07.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

08.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)			
09.- Peso del recipiente	(gr.)			
10.- Peso de muestra	(gr.)			
11.- Constante ó Volumen	(cm <sup>3</sup> )			
12.- Peso unitario suelto húmedo	(gr/cm <sup>3</sup> )			
13.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			
14.- Peso unitario seco compactado (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

15.- Peso de muestra húmeda	(gr.)			
16.- Peso de muestra seca	(gr.)			
17.- Peso de recipiente	(gr.)			
18.- Contenido de humedad	(%)			



Solicitante :  
Proyecto :

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción :

Formato interno de ensayo

**Ensayo** : 1. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
2. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

**Referencia** : 1. NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Cantera:

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

		A	B	C
01.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)			
02.- Peso del recipiente	(gr.)			
03.- Peso de muestra (01-02)	(gr.)			
04.- Constante ó Volumen	(cm <sup>3</sup> )			
05.- Peso unitario suelto húmedo 03/04	(gr/cm <sup>3</sup> )			
06.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			
07.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

08.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)			
09.- Peso del recipiente	(gr.)			
10.- Peso de muestra	(gr.)			
11.- Constante ó Volumen	(cm <sup>3</sup> )			
12.- Peso unitario suelto húmedo	(gr/cm <sup>3</sup> )			
13.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			
14.- Peso unitario seco compactado (Promedio)	(gr/cm <sup>3</sup> )			

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

15.- Peso de muestra húmeda	(gr.)			
16.- Peso de muestra seca	(gr.)			
17.- Peso de recipiente	(gr.)			
18.- Contenido de humedad	(%)			



Solicitante :  
Proyecto :

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción :

ENSAYO Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland

REFERENCIA N.T.P. 334.005:2011

Muestra	Descripción	Datos	Und
N°			
1	Volumen inicial cm <sup>3</sup> , Vi		cm <sup>3</sup>
2	Volumen final cm <sup>3</sup> , Vf		cm <sup>3</sup>
3	Masa del cemento		gr
4	Temperatura		°C
5	Densidad del cemento		gr/cm <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :



Solicitante :  
Proyecto :

Ubicación :  
Fecha de recepción :  
Fecha de emisión :

DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c =$   $kg/cm^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento
- 2.- Peso específico

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

- 1.- Peso específico de masa  $gr/cm^3$
- 2.- Peso específico de masa S.S.S.  $gr/cm^3$
- 3.- Peso unitario suelto  $Kg/m^3$
- 4.- Peso unitario compactado  $Kg/m^3$
- 5.- % de absorción %
- 6.- Contenido de humedad %
- 7.- Módulo de fineza

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera 3 Tomas

- 1.- Peso específico de masa  $gr/cm^3$
- 2.- Peso específico de masa S.S.S.  $gr/cm^3$
- 3.- Peso unitario suelto  $Kg/m^3$
- 4.- Peso unitario compactado  $Kg/m^3$
- 5.- % de absorción %
- 6.- Contenido de humedad %
- 7.- Tamaño máximo Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	
Nº 04	4.6	
Nº 08	11.2	
Nº 16	22.0	
Nº 30	27.4	
Nº 50	18.9	
Nº 100	11.2	
Fondo	4.7	

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	
1 1/2"	0.0	
1"	0.0	
3/4"	15.0	
1/2"	55.9	
3/8"	26.1	
Nº 04	1.4	
Fondo	1.7	



INFORME

Pag. 02 de 02

Solicitante :  
Proyecto :

Fecha de recepción :

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

F'c = kg/cm<sup>2</sup>

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia promedio a los 7 días	:	Kg/cm <sup>2</sup>
Porcentaje promedio a los 7 días	:	%
Factor cemento por M <sup>3</sup> de concreto	:	bolsas/m <sup>3</sup>
Relación agua cemento de diseño	:	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo HS -Nacional.
Agua	L	:	Potable de la zona.
Agregado fino	Kg/m <sup>3</sup>	:	Arena Gruesa - La Victoria - Patapo
Agregado grueso	Kg/m <sup>3</sup>	:	Piedra Chancada - Cantera 3 Tomas

Proporción en peso :  
Cemento    Arena    Piedra    Agua    Lts/pe<sup>3</sup>

Proporción en volumen :  
Lts/pe<sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**TESISTA:**

**TESIS:**

**UBICACIÓN:** Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

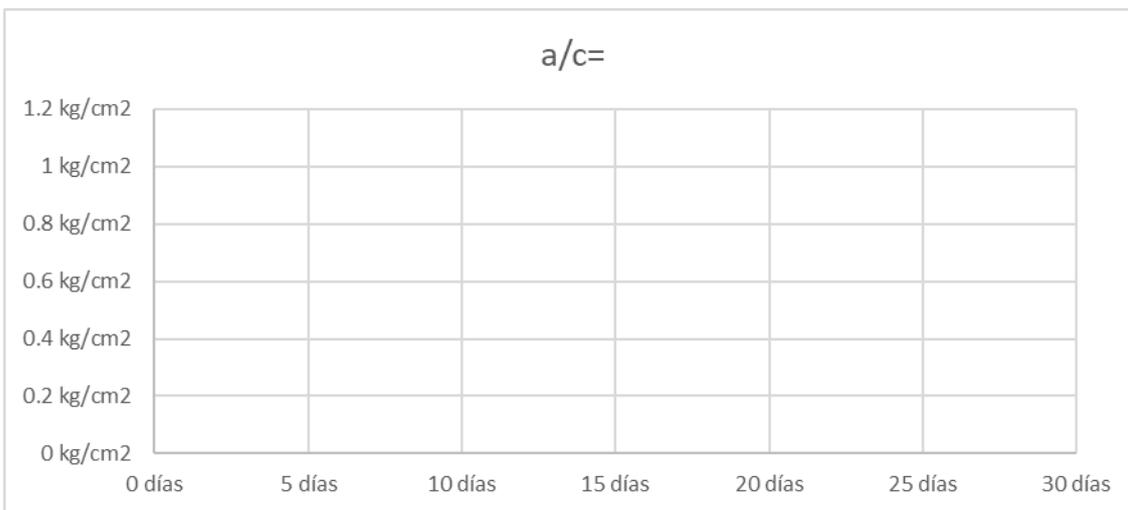
**FECHA :**

**ENSAYO:** UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

**NORMA:** NTP 399.611

**MUESTRA:**

a/c	Días	L (cm)	A (cm)	h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	f'c calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	%	Promedio



<b>a/c=</b>	0 días	
	7 días	
	14 días	
	28 días	



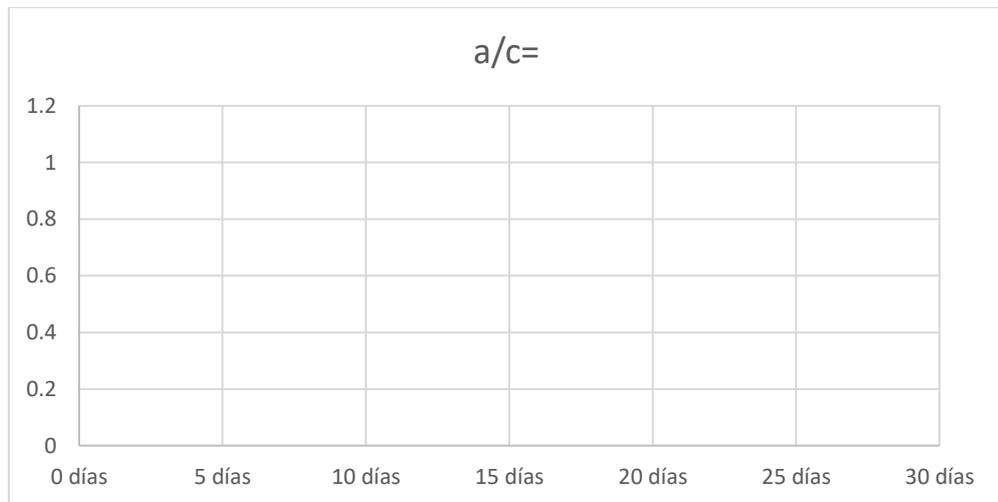
TESISTA:  
PROYECTO:

UBICACIÓN: Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
FECHA :

**ENSAYO:** MÉTODOS DE ENSAYO. Determinación del módulo de rotura de los adoquines de concreto

**NORMA:** COGUANOR NTG 41087 h1  
**MUESTRA:**

a/c	Días	L (mm)	A (mm)	h (mm)	P (kgf)	P (N)	Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio



<b>a/c=</b>	0 días	
	7 días	
	14 días	
	28 días	



**Solicitante :**  
**Proyecto / Obra :**

**Ubicación :** Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Elaboración :**

**ENSAYO:** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA:** : ASTM C944-12

REEMPLAZOS	MUESTRA	MASA DE MUESTRA (g)				DESGASTE (%)	PROMEDIO (%)
		Masa inicial	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
	M1						
	M2						
	M3						



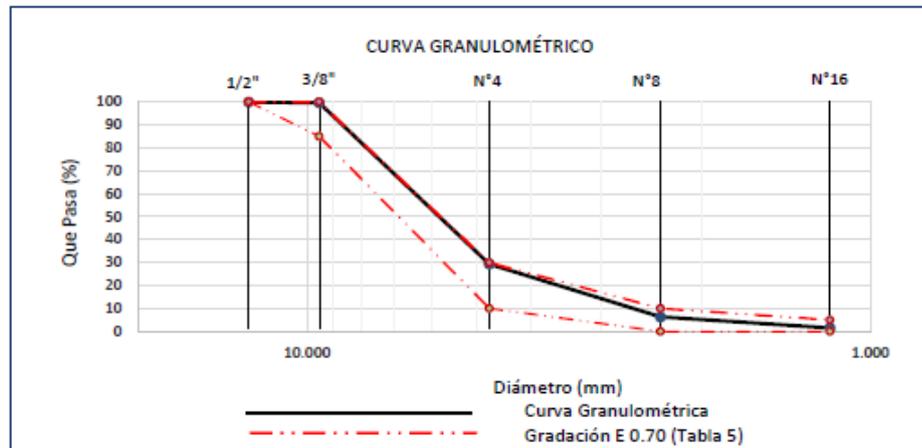
## Anexo 03. Ensayo a los agregados e insumos del diseño de mezcla



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

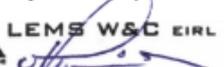
Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : Jueves, 04 agosto del 2022  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012  
Muestra : Confitillo Cantera : La Victoria - Pátapo

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN E 0.70
Pulg.	(mm.)				
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.520	0.3	0.3	99.7	85 - 100
N° 4	4.750	70.3	70.6	29.4	10 - 30
N° 8	2.360	23.1	93.7	6.3	0 - 10
N° 16	1.180	4.8	98.5	1.5	0 - 5



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : Jueves, 04 agosto del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.505</b>
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	<b>1.1</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Jueves, 04 agosto del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Confitillo

Cantera: La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.517
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.8

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : Jueves, 04 agosto del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Confitillo

Cantera: La Victoria - Pátapo.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1707
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1692
Contenido de Humedad	(%)	0.84
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1851
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1836
Contenido de Humedad	(%)	0.84

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
**Proyecto** : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Jueves, 04 agosto del 2022  
  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Confitillo Cantera: La Victoria - Pátapo.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1374
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1365
Contenido de Humedad	(%)	0.69

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1553
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1542
Contenido de Humedad	(%)	0.69

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20548885974

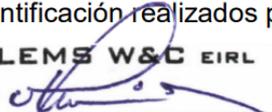
Email: [servicios@lemswycseirl.com](mailto:servicios@lemswycseirl.com)

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO  
Proyecto / Obra : ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO  
REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 10 de agosto del 2022.  
Cemento : Nacional Tipo-HS  
Ensayo : Método de ensayo normalizado para determinar la densidad  
del cemento Pórtland  
Referencia : N.T.P. 334.005:2011

Muestra	Descripción	Datos	Und
Nº			
01	Volumen inicial cm3, Vi	-0.3	cm3
02	Volumen final cm3, Vf	21.9	cm3
03	Masa del cemento	65	gr
04	Temperatura	20	°C
05	Densidad del cemento	2.93	gr/cm3

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

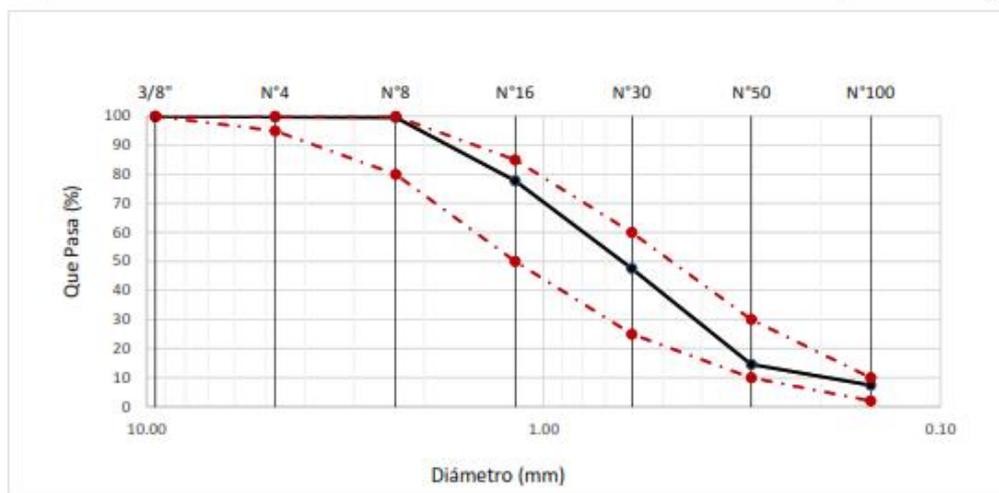
  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 04 agosto del 2022  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012  
 Muestra : Limadura de acero

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.2	0.2	99.8	95 - 100
Nº 8	2.360	0.2	0.4	99.6	80 - 100
Nº 16	1.180	21.8	22.2	77.8	50 - 85
Nº 30	0.600	30.2	52.4	47.6	25 - 60
Nº 50	0.300	33.0	85.4	14.6	10 - 30
Nº 100	0.150	7.2	92.6	7.4	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>2.53</b>



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 04. Ensayo a los adoquines de concreto

### 04.01. Abrasión del concreto



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswceirl@gmail.com

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
**Proyecto / Obra** : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de elaboración** : Miércoles, 17 de agosto del 2022

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17-Ago	14-Set	28	2	3	98	1750	1747	3	0.14
M-2		17-Ago	14-Set	28	2	3	98	1683	1679	4	0.23
M-3		17-Ago	14-Set	28	2	3	98	1678	1673	5	0.29

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
**Proyecto / Obra** : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de elaboración** : Jueves, 18 de agosto del 2022

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1758	1754	3	0.18
M-2	Diseño patrón +	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1523	1519	4	0.24
M-3	5% Limadura de acero	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1606	1604	2	0.13

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO  
**Proyecto / Obra** : LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de elaboración** : Jueves, 18 de agosto del 2022

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1185	1183	2	0.21
M-2	Diseño patrón +	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1342	1339	3	0.23
M-3	10% Limadura de acero	18-Ago	15-Set	28	2	3	98	1994	1991	3	0.17

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
**Proyecto / Obra** : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de elaboración** : Domingo, 21 de agosto del 2022

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1492	1488	4	0.27
M-2	Diseño patrón +	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1572	1567	5	0.30
M-3	15% Limadura de acero	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1425	1422	4	0.25

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
**Proyecto / Obra** : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de elaboración** : Domingo, 21 de agosto del 2022

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1672	1665	6	0.37
M-2	Diseño patrón +	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1695	1691	5	0.27
M-3	20% Limadura de acero	21-Ago	18-Set	28	2	3	98	1628	1622	5	0.31

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## 04.02. Ensayos de absorción y densidad del concreto



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 14 de setiembre del 2022

Código : 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
Ensayo : **Absorción-Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño Patrón	2299	1303	2195	2204	4.7
02		2279	1289	2171	2193	5.0
03		2238	1250	2120	2146	5.6

### OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 15 de setiembre del 2022

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción-Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 0.5% Limadura de acero	2162	1226	2033	2172	6.3
02		2228	1261	2091	2162	6.6
03		2302	1305	2167	2174	6.2

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 15 de setiembre del 2022

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción-Densidad**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 10.0% Limadura de acero	2196	1262	2062	2208	6.5
02		2160	1249	2015	2212	7.2
03		2296	1344	2145	2253	7.0

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Domingo, 18 de setiembre del 2022

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción-Densidad**

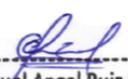
Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 15.0% Limadura de acero	2275	1321	2186	2291	4.1
02		2291	1327	2218	2301	3.3
03		2253	1306	2174	2296	3.6

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Domingo, 18 de setiembre del 2022

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción-Densidad**

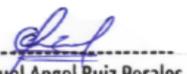
Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 + 20.0% Limadura de acero	2216	1276	2165	2303	2.4
02		2201	1274	2137	2305	3.0
03		2248	1300	2184	2304	2.9

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

### 04.03. Ensayos de resistencia a compresión del concreto



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de elaboración : Miércoles, 17 de agosto del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	24/08/2022	7	470213	20652	<b>22.77</b>	<b>232</b>
02		17/08/2022	24/08/2022	7	512452	20554	<b>24.93</b>	<b>254</b>
03		17/08/2022	24/08/2022	7	428543	20200	<b>21.22</b>	<b>216</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	31/08/2022	14	552381	20526	<b>26.91</b>	<b>274</b>
05		17/08/2022	31/08/2022	14	493242	20477	<b>24.09</b>	<b>246</b>
06		17/08/2022	31/08/2022	14	503242	20400	<b>24.67</b>	<b>252</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	14/09/2022	28	521582	19800	<b>26.34</b>	<b>269</b>
08		17/08/2022	14/09/2022	28	550611	19949	<b>27.60</b>	<b>281</b>
09		17/08/2022	14/09/2022	28	498152	20050	<b>24.85</b>	<b>253</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Jueves, 18 de agosto del 2022

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 5% Limadura de acero	18/08/2022	25/08/2022	7	441143	20497	<b>21.52</b>	<b>219</b>
02		18/08/2022	25/08/2022	7	403844	20300	<b>19.89</b>	<b>203</b>
03		18/08/2022	25/08/2022	7	427243	20059	<b>21.30</b>	<b>217</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 5% Limadura de acero	18/08/2022	01/09/2022	14	493592	20521	<b>24.05</b>	<b>245</b>
05		18/08/2022	01/09/2022	14	521272	20370	<b>25.59</b>	<b>261</b>
06		18/08/2022	01/09/2022	14	507212	20390	<b>24.88</b>	<b>254</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 5% Limadura de acero	18/08/2022	15/09/2022	28	513702	19950	<b>25.75</b>	<b>263</b>
08		18/08/2022	15/09/2022	28	527972	20150	<b>26.20</b>	<b>267</b>
09		18/08/2022	15/09/2022	28	521542	20010	<b>26.06</b>	<b>266</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Jueves, 18 de agosto del 2022

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	25/08/2022	7	411673	19980	<b>20.60</b>	<b>210</b>
02		18/08/2022	25/08/2022	7	374174	19661	<b>19.03</b>	<b>194</b>
03		18/08/2022	25/08/2022	7	462493	19990	<b>23.14</b>	<b>236</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	01/09/2022	14	505702	20120	<b>25.13</b>	<b>256</b>
05		18/08/2022	01/09/2022	14	560351	20200	<b>27.74</b>	<b>283</b>
06		18/08/2022	01/09/2022	14	490312	19780	<b>24.79</b>	<b>253</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	15/09/2022	28	543891	19920	<b>27.30</b>	<b>278</b>
08		18/08/2022	15/09/2022	28	568941	20050	<b>28.38</b>	<b>289</b>
09		18/08/2022	15/09/2022	28	515732	20060	<b>25.71</b>	<b>262</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Domingo, 21 de agosto del 2022  
  
 Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 15% Limadura de acero	21/08/2022	28/08/2022	7	426243	20049	<b>21.26</b>	<b>217</b>
02		21/08/2022	28/08/2022	7	366154	20402	<b>17.95</b>	<b>183</b>
03		21/08/2022	28/08/2022	7	401444	20000	<b>20.07</b>	<b>205</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 15% Limadura de acero	21/08/2022	04/09/2022	14	486932	20341	<b>23.94</b>	<b>244</b>
05		21/08/2022	04/09/2022	14	505792	20309	<b>24.90</b>	<b>254</b>
06		21/08/2022	04/09/2022	14	470633	19800	<b>23.77</b>	<b>242</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 15% Limadura de acero	21/08/2022	18/09/2022	28	514172	20000	<b>25.71</b>	<b>262</b>
08		21/08/2022	18/09/2022	28	486792	19920	<b>24.44</b>	<b>249</b>
09		21/08/2022	18/09/2022	28	509792	19850	<b>25.68</b>	<b>262</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Domingo, 21 de agosto del 2022

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 20% Limadura de acero	21/08/2022	28/08/2022	7	364504	19950	<b>18.27</b>	<b>186</b>
02		21/08/2022	28/08/2022	7	398044	20341	<b>19.57</b>	<b>200</b>
03		21/08/2022	28/08/2022	7	376154	20130	<b>18.69</b>	<b>191</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 20% Limadura de acero	21/08/2022	04/09/2022	14	526842	20380	<b>25.85</b>	<b>264</b>
05		21/08/2022	04/09/2022	14	502632	20221	<b>24.86</b>	<b>253</b>
06		21/08/2022	04/09/2022	14	482412	20020	<b>24.10</b>	<b>246</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón + 20% Limadura de acero	21/08/2022	18/09/2022	28	496252	19940	<b>24.89</b>	<b>254</b>
08		21/08/2022	18/09/2022	28	532142	20080	<b>26.50</b>	<b>270</b>
09		21/08/2022	18/09/2022	28	501292	20301	<b>24.69</b>	<b>252</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Martes, 10 de agosto del 2022.

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Resistencia a la Compresión**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.40	10/08/2022	17/08/2022	7	452713	20600	<b>21.98</b>	<b>224</b>
02		10/08/2022	17/08/2022	7	362074	20604	<b>17.57</b>	<b>179</b>
03		10/08/2022	17/08/2022	7	431063	20909	<b>20.62</b>	<b>210</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	10/08/2022	17/08/2022	7	464753	20706	<b>22.45</b>	<b>229</b>
05		10/08/2022	17/08/2022	7	511852	20301	<b>25.21</b>	<b>257</b>
06		10/08/2022	17/08/2022	7	441683	20503	<b>21.54</b>	<b>220</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.45	10/08/2022	17/08/2022	7	486252	21115	<b>23.03</b>	<b>235</b>
08		10/08/2022	17/08/2022	7	507812	20808	<b>24.40</b>	<b>249</b>
09		10/08/2022	17/08/2022	7	414603	21320	<b>19.45</b>	<b>198</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

## 04.04. Ensayo de resistencia a flexión



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de elaboración : Miércoles, 17 de agosto del 2022.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Titulo : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : **Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	24/08/2022	7	3937	200.1	99.6	39.2	<b>7.72</b>	<b>79</b>
02		17/08/2022	24/08/2022	7	4379	200.1	98.8	38.8	<b>8.75</b>	<b>89</b>
03		17/08/2022	24/08/2022	7	4506	200.1	101.5	38.0	<b>9.04</b>	<b>92</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	31/08/2022	14	4898	200.1	101.5	39.8	<b>9.58</b>	<b>98</b>
05		17/08/2022	31/08/2022	14	4849	200.1	98.9	39.8	<b>9.30</b>	<b>95</b>
06		17/08/2022	31/08/2022	14	6664	200.1	101.5	39.8	<b>12.45</b>	<b>127</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42 Diseño patrón	17/08/2022	14/09/2022	28	6615	200.1	101.4	40.0	<b>12.30</b>	<b>125</b>
08		17/08/2022	14/09/2022	28	5688	200.1	98.9	39.9	<b>10.82</b>	<b>110</b>
09		17/08/2022	14/09/2022	28	4423	200.1	101.8	39.8	<b>8.21</b>	<b>84</b>

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Jueves, 18 de agosto del 2022.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : **Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	25/08/2022	7	4938	200.2	100.2	40.8	<b>8.89</b>	<b>91</b>
02	Diseño patrón +	18/08/2022	25/08/2022	7	4001	200.2	100.1	39.8	<b>7.39</b>	<b>75</b>
03	5% Limadura de acero	18/08/2022	25/08/2022	7	4565	200.2	99.5	39.6	<b>8.74</b>	<b>89</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	01/09/2022	14	5693	200.2	101.0	39.7	<b>10.77</b>	<b>110</b>
05	Diseño patrón +	18/08/2022	01/09/2022	14	5060	200.2	101.5	39.9	<b>9.45</b>	<b>96</b>
06	5% Limadura de acero	18/08/2022	01/09/2022	14	4859	200.2	99.8	40.0	<b>9.16</b>	<b>93</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	15/09/2022	28	5575	200.2	99.6	39.8	<b>10.56</b>	<b>108</b>
08	Diseño patrón +	18/08/2022	15/09/2022	28	4756	200.2	99.2	39.4	<b>9.18</b>	<b>94</b>
09	5% Limadura de acero	18/08/2022	15/09/2022	28	5487	200.2	101.0	40.1	<b>10.34</b>	<b>105</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Jueves, 18 de agosto del 2022.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : **Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	25/08/2022	7	5521	200.2	100.2	39.9	<b>10.39</b>	<b>106</b>
02	Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	25/08/2022	7	4996	200.2	100.0	39.7	<b>9.47</b>	<b>97</b>
03		18/08/2022	25/08/2022	7	4168	200.2	99.5	40.0	<b>7.92</b>	<b>81</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	01/09/2022	14	5899	200.2	100.0	39.8	<b>11.14</b>	<b>114</b>
05	Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	01/09/2022	14	5536	200.2	101.5	39.7	<b>10.39</b>	<b>106</b>
06		18/08/2022	01/09/2022	14	5629	200.2	100.5	39.7	<b>10.69</b>	<b>109</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	18/08/2022	15/09/2022	28	5688	200.2	100.0	40.0	<b>10.76</b>	<b>110</b>
08	Diseño patrón + 10% Limadura de acero	18/08/2022	15/09/2022	28	5717	200.2	99.4	39.5	<b>10.93</b>	<b>111</b>
09		18/08/2022	15/09/2022	28	6070	200.2	100.1	39.4	<b>11.70</b>	<b>119</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Domingo, 21 de agosto del 2022.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : **Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	28/08/2022	7	3913	200.2	100.0	40.6	<b>7.15</b>	<b>73</b>
02	Diseño patrón +	21/08/2022	28/08/2022	7	4477	200.2	99.9	39.5	<b>8.41</b>	<b>86</b>
03	15% Limadura de acero	21/08/2022	28/08/2022	7	4384	200.2	100.1	40.0	<b>8.34</b>	<b>85</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	04/09/2022	14	4791	200.2	98.6	40.1	<b>9.11</b>	<b>93</b>
05	Diseño patrón +	21/08/2022	04/09/2022	14	4805	200.2	99.2	40.0	<b>9.08</b>	<b>93</b>
06	15% Limadura de acero	21/08/2022	04/09/2022	14	5320	200.2	99.8	39.5	<b>10.14</b>	<b>103</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	18/09/2022	28	5555	200.2	99.5	39.8	<b>10.67</b>	<b>109</b>
08	Diseño patrón +	21/08/2022	18/09/2022	28	5516	200.2	100.5	39.6	<b>10.45</b>	<b>107</b>
09	15% Limadura de acero	21/08/2022	18/09/2022	28	5124	200.2	99.7	40.0	<b>9.75</b>	<b>99</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Bach. CABRERA ALCANTARA ANTONNY LUIS  
 Proyecto / Obra : Tesis "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de elaboración : Domingo, 21 de agosto del 2022.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : **Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.**

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	28/08/2022	7	4418	199.8	100.0	39.5	<b>8.49</b>	<b>87</b>
02	Diseño patrón +	21/08/2022	28/08/2022	7	4330	199.8	99.8	39.4	<b>8.36</b>	<b>85</b>
03	20% Limadura de acero	21/08/2022	28/08/2022	7	3829	199.8	98.8	39.6	<b>7.45</b>	<b>76</b>
04	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	04/09/2022	14	4756	199.8	99.2	39.5	<b>9.19</b>	<b>94</b>
05	Diseño patrón +	21/08/2022	04/09/2022	14	4501	199.8	100.2	39.2	<b>8.69</b>	<b>89</b>
06	20% Limadura de acero	21/08/2022	04/09/2022	14	5050	199.8	99.6	39.0	<b>9.94</b>	<b>101</b>
07	Adoquín Tipo I Ra/c = 0.42	21/08/2022	18/09/2022	28	5668	199.8	99.2	39.4	<b>11.14</b>	<b>114</b>
08	Diseño patrón +	21/08/2022	18/09/2022	28	5031	199.8	98.0	39.0	<b>10.01</b>	<b>102</b>
09	20% Limadura de acero	21/08/2022	18/09/2022	28	5011	199.8	100.1	39.2	<b>9.81</b>	<b>100</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 05. Validez de confiabilidad de instrumento de investigación.

### VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE "ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"

#### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,985	5

#### Estadísticas de total de elemento Compresión

		Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%		16253,204	,988	,994
5%		13744,221	,999	,976
10%	F <sup>c</sup> =320	12314,728	1,000	,975
15%	kg/cm <sup>2</sup>	13141,424	1,000	,974
20%		11578,703	,988	,982

#### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		8346,853	2	4173,426		
Intra sujetos	Entre elementos	875,126	4	218,782	3,399	,066
	Residuo	514,919	8	64,365		
	Total	1390,046	12	115,837		
Total		9736,899	14	695,493		

Media global = 243,7300

### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,992	5

### Estadísticas de total de elemento a Flexión

		Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%		1728,865	,974	,991
5%		1854,272	,992	,992
10%	f <sub>c</sub> =50,98	1732,818	,997	,988
15%	kg/cm <sup>2</sup>	1615,626	,989	,990
20%		1675,714	,968	,992

### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Intra sujetos	Inter sujetos	1073,895	2	536,948		
	Entre elementos	290,703	4	72,676	18,017	,000
	Residuo	32,270	8	4,034		
	Total	322,973	12	26,914		
Total		1396,868	14	99,776		

Media global = 98,1360

### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
1,000	5

### Estadísticas de total de elemento resistencia a la abrasión

	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%	12,674	1,000	1,000
5%	12,674	1,000	1,000
10%	0,75% (máxima)	12,674	1,000
15%	12,674	1,000	1,000
20%	12,674	1,000	1,000

### ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	7,921	2	3,961		
Intra sujetos					
Entre elemento s	37,020	4	9,255	52100511534184256,00 0	,000
Residuo	,000	8	,000		
Total	37,020	12	3,085		
Total	44,941	14	3,210		

Media global = 4,0720

### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,993	5

### Estadísticas de total de elemento Densidad

		Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%		332156,813	1,000	,989
5%	(2200 a	370492,744	,993	,995
10%	2400)kg/m	354532,844	,998	,991
15%	3	311899,329	,998	,990
20%		301688,961	,997	,993

### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		208497,866	2	104248,933		
Intra sujetos	Entre elementos	19649,303	4	4912,326	7,048	,010
	Residuo	5575,521	8	696,940		
	Total	25224,825	12	2102,069		
Total		233722,691	14	16694,478		

Media global = 2083,5933

### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,993	5

### Estadísticas de total de elemento Absorción

		Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
0%		18,301	,998	,989
5%	6 (máxima, promedio	21,959	,976	,998
10%	de 3	17,954	,997	,990
15%	unidades)	18,520	,999	,989
20%		19,778	,999	,989

### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		12,043	2	6,021		
Intra sujetos	Entre elementos	38,384	4	9,596	228,352	,000
	Residuo	,336	8	,042		
	Total	38,721	12	3,227		
Total		50,764	14	3,626		

Media global = 3,8340

En las tablas se observa que, el instrumento sobre "elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino" es válido (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$ ) y confiable (el valor de consistencia alfa de cronbach es mayor a 0.80).

  
 Luis Arturo Montenegro Camacho  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 MG. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

**Colegiatura N° 20853**

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL	USS	Prueba de comprensión, flexión, abrasión, absorción y densidad	CABRERA ALCÁNTARA ANTONNY LUIS
<b>Título de la Investigación:</b>			
"Elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino"			

**II. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		S i	N o	S i	N o	S i	N o	S i	N o
	Adoquín de concreto + Limadura de acero								
1	Compresión	X		X			X	X	
2	Flexión	X			X	X		X	
3	Abrasión	X		X		X		X	
4	Densidad	X		X		X		X	
5	Absorción	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable(X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL

Especialidad: Ing. Civil

.....  
Ing. BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL



pedro 2013

**Colegiatura N° 183753**

**Ficha de validación según AIKEN**

**IV. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
IDROGO PÉREZ CESAR ANTONIO.	UCV	Prueba de comprensión, flexión, abrasión, absorción y densidad	CABRERA ALCÁNTARA ANTONNY LUIS
<b>Título de la Investigación:</b> "Elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino"			

**V. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien

**VI. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		S i	N o	S i	N o	S i	N o	S i	N o
	Adoquín de concreto + Limadura de acero								
1	Compresión		X	X		X		X	
2	Flexión	X		X		X		X	
3	Abrasión	X		X		X		X	
4	Densidad	X			X	X		X	
5	Absorción	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable(X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: IDROGO PÉREZ CESAR ANTONIO.

Especialidad: Ing. Civil



Handwritten signature of Cesar Antonio Idrogo Pérez, with the identification number 182753 written below it.

Ing. IDROGO PÉREZ CESAR ANTONIO.

**Colegiatura N° 149326**

**Ficha de validación según AIKEN**

**VII. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
MARIN BARDALES NOE HUMBERTO	USS	Prueba de comprensión, flexión, abrasión, absorción y densidad	CABRERA ALCÁNTARA ANTONNY LUIS
<b>Título de la Investigación:</b> "Elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino"			

**VIII. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien

**IX. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		S i	N o	S i	N o	S i	N o	S i	N o
	Adoquín de concreto + Limadura de acero								
1	Compresión	X		X		X		X	
2	Flexión	X		X		X			X
3	Abrasión		X		X		X	X	
4	Densidad	X		X		X		X	
5	Absorción	X		X			X	X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable(X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: MARIN BARDALES NOE HUMBERTO.

Especialidad: Ing. Civil



Dr. Noe Humberto Marin Bardales  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. 149326

Ing. MARIN BARDALES NOE HUMBERTO

**Colegiatura N° 287827**

**Ficha de validación según AIKEN**

**x. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
ALFRED JUNNIOR HORNA FLORES	CONSORCIO OBRAS Y SERVICIOS AST	Prueba de comprensión, flexión, abrasión, absorción y densidad	CABRERA ALCÁNTARA ANTONNY LUIS
<b>Título de la Investigación:</b>			
"Elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino"			

**xi. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien

**xii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		S i	N o	S i	N o	S i	N o	S i	N o
	Adoquín de concreto + Limadura de acero								
1	Compresión	X		X		X			X
2	Flexión	X		X		X		X	
3	Abrasión	X		X		X		X	
4	Densidad	X		X		X		X	
5	Absorción	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable(X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: ALFRED JUNNIOR HORNA FLORES.

Especialidad: Ing. Civil


Alfred Junnior Horna Flores  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 287827

Ing. ALFRED JUNNIOR HORNA FLORES

**Colegiatura N° 291403**

**Ficha de validación según AIKEN**

**XIII. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
JOSÉ ANTONIO CRUZ DÍAZ	OHLA	Prueba de comprensión, flexión, abrasión, absorción y densidad	CABRERA ALCÁNTARA ANTONNY LUIS
<b>Título de la Investigación:</b>			
"Elaboración de adoquines de concreto adicionando limadura de acero como reemplazo parcial del agregado fino"			

**XIV. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien

**XV. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		S i	N o	S i	N o	S i	N o	S i	N o
	Adoquín de concreto + Limadura de acero								
1	Compresión	X		X		X		X	
2	Flexión	X		X		X		X	
3	Abrasión	X		X		X		X	
4	Densidad	X		X		X		X	
5	Absorción	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable(X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: JOSÉ ANTONIO CRUZ DÍAZ.

Especialidad: Ing. Civil



JOSÉ ANTONIO CRUZ DÍAZ  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 291403

Ing. JOSÉ ANTONIO CRUZ DÍAZ

CONGRUENCIA					
"ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"					
JUECES	Adoquín De Concreto + Limadura De Acero				
	Compresión	Flexión	Abrasión	Densidad	Absorción
JUEZ 1	0	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	0	1	0
JUEZ 4	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	4	4	5	4	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80
V de Aiken por criterio	0.8800				

DOMINIO DEL CONSTRUCTO					
"ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"					
JUECES	Adoquín De Concreto + Limadura De Acero				
	Compresión	Flexión	Abrasión	Densidad	Absorción
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	0	1	1	1
JUEZ 4	0	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	4	4	5	5	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00
V de Aiken por criterio	0.9200				

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS**

INSTRUMENTO SOBRE MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOQUIN DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO.

CLARIDAD					
"ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"					
JUECES	Adoquín De Concreto + Limadura De Acero				
	Compresión	Flexión	Abrasión	Densidad	Absorción
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	0	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	0	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	4	5	4	5	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00
V de Aiken por criterio	0.9200				

CONTEXTO					
"ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO"					
JUECES	Adoquín De Concreto + Limadura De Acero				
	Compresión	Flexión	Abrasión	Densidad	Absorción
JUEZ 1	1	0	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	0	1
JUEZ 3	1	1	0	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	5	4	4	4	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00
V de Aiken por criterio	0.8800				

CUADRO DE RESUMEN DE LOS 4 DIMENSIONES POR EL METODO

AIKEN

DIMENSIONES	V DE AIKEN POR CRITERIO
CLARIDAD	0.9200
CONTEXTO	0.8800
CONGRUENCIA	0.8800
DOMINIO DEL CONSTRUCTO	0.9200

CUADRO PROMEDIO FINAL DE LAS 4 DIMENSIONES POR EL METODO

AIKEN

VALIDEZ DE AIKEN POR JUECES EXPERTOS	<b>0.9000</b>
--------------------------------------	---------------

INTERPRETACION. En la tabla anterior se muestra la validación promedio final de instrumentos según AIKEN donde los resultados en las 4 dimensiones nos dan mayor a 0.80, por lo cual nuestros instrumentos son confiables para ser utilizado en las tomas de datos en el laboratorio.

  
Luis Arturo Montero Camacho  
LIC. ESTADÍSTICA  
MG. INVESTIGACION  
DR. EDUCACION  
COESPE 262

## Anexo 06. Panel fotográfico



**Anexo 06.1. Peso unitario suelto del agregado grueso**



**Anexo 06.2. Peso unitario suelto del agregado fino.**



**Anexo 06.3. Análisis granulométrico del agregado fino**



**Anexo 06.4. Secado del agregado fino**



**Anexo 06.5. Preparación de la mezcla de concreto**



**Anexo 06.6. Moldes de adoquines de concreto.**



**Anexo 06.7. Muestras de adoquines de concreto**



**Anexo 06.8. Secado de adoquines de concreto**



**Anexo 06.9. Ensayo de resistencia a la flexión del ad quin de concreto**



**Anexo 06.10. Limpieza de ad quin de concreto.**



**Anexo 06.11. Resistencia a la compresión adoquín de concreto**



**Anexo 06.12. Resistencia a la compresión adoquín de concreto,  $a/c=0.40$ .**



**Anexo 06.13. Absorción del adoquín de concreto**



**Anexo 06.14. Resistencia a la flexión del adoquín de concreto.**

## Anexo 07. Autorización para el recojo de información



### AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Pimentel, 30 de Agosto de 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Olaya Aguilar

REPRESENTANTE LEGAL DE COORDINACIÓN DE LABORATORIO – LEMS W&C EIRL.

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado:

**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de coordinación del laboratorio LEMS W&C EIRL., AUTORIZO al estudiante: Cabrera Alcantara Antony Luis, identificado con DNI N° 75471171, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO ADICIONANDO LIMADURA DE ACERO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

LEMS W&C EIRL.  
WILSON OLAYA AGUILAR  
DNI: 41437114  
Representante legal de "LEMS W&C"  
Atentamente.

Wilson Olaya Aguilar: DNI N°41437114

Tec. Coordinador de Laboratorio / Talleres