



**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA
CENTRAL “JUAN SANTOS ATAHUALPA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación de las propiedades físico-mecánicas en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024”

INFORME DE TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

PRESENTADO POR

Lady Natally Marquez Ichavautis (0009-0006-3060-2565)

ASESOR

Dr. Regner Raul Parra Lavado (0000-0002-3564-4637)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión y Tecnología en la construcción.

CHANCHAMAYO, PERÚ

2024

AGRADECIMIENTO

Expreso, en primer lugar, mi agradecimiento a Dios por brindarme fortaleza y guía durante mi formación profesional, haciendo posible la culminación de esta tesis.

También expreso mi sincero agradecimiento al Dr. Regner Raúl Parra Lavado, por su dedicación, valiosas enseñanzas y constante orientación durante mi formación académica y el desarrollo de la presente investigación. Su asesoramiento ha sido fundamental para culminar satisfactoriamente este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, por su constante respaldo, su compromiso inquebrantable y el ejemplo de responsabilidad y perseverancia que han representado en cada etapa de mi vida académica. Este logro es reflejo del esfuerzo compartido y del apoyo que siempre me brindaron.

A mi amistad más cercana, por su apoyo constante y motivación, los cuales impulsaron mi perseverancia y dedicación para alcanzar esta meta profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café (BPC) como sustitución parcial del cemento, para su aplicación en pavimentos de tránsito ligero en el distrito de Villa Rica, 2024. Se trabajó con cuatro dosificaciones: 0%, 5%, 10% y 15% de BPC, realizándose ensayos de tolerancia dimensional, absorción, resistencia a la compresión y resistencia a flexión, siguiendo las normas NTP 399.611, NTP 339.124 y NTG 41087 h1.

Los resultados mostraron que la incorporación de biocarbón no afectó significativamente la tolerancia dimensional, manteniéndose todas las muestras dentro de los rangos normativos. En cuanto a la absorción, se evidenció un incremento progresivo conforme aumentó el contenido de biocarbón de poso de café; sin embargo, las dosificaciones BPC 0%, BPC 5% y BPC 10% cumplieron con el límite máximo establecido por la normativa para adoquines de tránsito ligero, a diferencia de BPC 15%, que superó dicho límite. Respecto a la resistencia a la compresión, la dosificación BPC 5% obtuvo el valor óptimo de 501.03 kg/cm², superando en 11.98% a la muestra patrón (447.43 kg/cm²), mientras que las dosificaciones BPC 10% y BPC 15% mostraron reducciones significativas, alcanzando valores de 400.75 kg/cm² y 351.43 kg/cm², respectivamente. En el ensayo de resistencia a flexión, todas las muestras presentaron disminuciones respecto a la muestra patrón, obteniéndose valores de 5.67 MPa para BPC 0%, 4.91 MPa para BPC 5%, 4.02 MPa para BPC 10% y 3.02 MPa para BPC 15%.

Se concluye que el biocarbón de poso de café influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto, evidenciándose un comportamiento óptimo en la dosificación del 5% como sustitución parcial del cemento y una degradación progresiva en dosificaciones mayores (10% y 15%). En bajas proporciones, mejora la compactación, reduce la porosidad efectiva y favorece la hidratación del cemento, siendo viable para la fabricación de adoquines destinados a pavimentos de tránsito ligero. Por lo tanto, el biocarbón de poso de café se presenta como un material alternativo viable y sostenible para la producción de adoquines, contribuyendo al aprovechamiento de residuos orgánicos y a la reducción del impacto ambiental.

Palabras claves: biocarbón de poso de café, adoquines de concreto, propiedades físico-mecánicas, resistencia a la compresión; resistencia a flexión, absorción, tolerancia dimensional, pavimento de tránsito ligero, materiales sostenibles.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the physical and mechanical properties of concrete paving stones incorporating coffee grounds biochar (CGB) as a partial replacement for cement, for use in light traffic pavements in the Villa Rica district in 2024. Four dosages were used: 0%, 5%, 10%, and 15% CGB. Tests were performed for dimensional tolerance, absorption, compressive strength, and flexural strength, following the standards NTP 399.611, NTP 339.124, and NTG 41087 h1.

The results showed that the incorporation of biochar did not significantly affect dimensional tolerance, with all samples remaining within the normative ranges. Regarding absorption, a progressive increase was observed as the coffee grounds biochar content increased. However, the BPC 0%, BPC 5%, and BPC 10% dosages complied with the maximum limit established by the regulations for light traffic paving stones, unlike BPC 15%, which exceeded this limit. Regarding compressive strength, the BPC 5% dosage achieved the optimal value of 501.03 kg/cm², exceeding the standard sample (447.43 kg/cm²) by 11.98%, while the BPC 10% and BPC 15% dosages showed significant reductions, reaching values of 400.75 kg/cm² and 351.43 kg/cm², respectively. In the flexural strength test, all samples showed decreases compared to the control sample, with values of 5.67 MPa for 0% BPC, 4.91 MPa for 5% BPC, 4.02 MPa for 10% BPC, and 3.02 MPa for 15% BPC.

It is concluded that coffee grounds biochar significantly influences the physical and mechanical properties of concrete pavers, demonstrating optimal performance at a 5% dosage as a partial replacement for cement and progressive degradation at higher dosages (10% and 15%). At low proportions, it improves compaction, reduces effective porosity, and promotes cement hydration, making it viable for the manufacture of pavers intended for light traffic pavements. Therefore, coffee grounds biochar is presented as a viable and sustainable alternative material for paver production, contributing to the utilization of organic waste and the reduction of environmental impact.

Keywords: coffee grounds biochar, concrete paving stones, physical and mechanical properties, compressive strength, flexural strength, absorption, dimensional tolerance, light-traffic pavement, sustainable materials.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la búsqueda de materiales de construcción sostenibles se ha intensificado debido al incremento en la demanda de infraestructura y a la necesidad de reducir el impacto ambiental asociado a la producción tradicional de cemento. Frente a este contexto, los residuos orgánicos han adquirido relevancia como posibles aditivos o sustitutos parciales que permitan optimizar propiedades físicas y mecánicas del concreto. Entre ellos, el poso de café destaca por su alta disponibilidad en regiones productoras como Villa Rica, y por su potencial de valorización mediante procesos de pirólisis para obtener biocarbón, un material con características favorables para su incorporación en el diseño de mezcla.

Diversas investigaciones internacionales han demostrado que el biocarbón puede mejorar la resistencia mecánica, modificar la microestructura del concreto y reducir su absorción cuando se emplea en proporciones controladas. En el ámbito nacional también se han desarrollado estudios que avalan el uso de materiales orgánicos como adiciones, logrando incrementos en la resistencia a compresión y flexión en elementos prefabricados. Sin embargo, la literatura aún es limitada respecto al uso de biocarbón de poso de café específicamente en adoquines de concreto, un material clave para pavimentos de tránsito ligero por su accesibilidad, durabilidad y facilidad de fabricación. Por ello, surge la necesidad de evaluar experimentalmente su comportamiento en condiciones locales, considerando la disponibilidad del recurso y su potencial impacto ambiental y económico.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café en proporciones de 0%, 5%, 10% y 15%, analizando la tolerancia dimensional, absorción, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de acuerdo con las normativas NTP 399.611, NTP 339.124 y NTG 41087 h1. Este estudio se fundamenta en un enfoque experimental mediante la elaboración de especímenes bajo condiciones controladas de curado, con el fin de determinar si la incorporación de biocarbón puede constituir una alternativa técnica viable y sostenible para la producción de adoquines destinados al pavimento de tránsito ligero.

El desarrollo de la investigación está conformado por los siguientes ítems:

- I. Planteamiento del problema**, en el cual se expone la problemática internacional, nacional y local, así como la formulación del problema general, los objetivos y la hipótesis.
- II. Marco teórico**, donde se detallan los conceptos, antecedentes y fundamentos necesarios para comprender la investigación.

- III. Metodología**, que describe el diseño experimental, materiales y procedimientos aplicados.
- IV. Análisis, resultados y discusión**, donde se presentan los valores obtenidos y su interpretación.
- V. Conclusiones**, que recogen los principales hallazgos del estudio.
- VI. Recomendaciones**, orientadas a futuras investigaciones y aplicaciones prácticas de la incorporación del biocarbón.

Finalmente, los resultados de esta investigación buscan aportar conocimiento técnico sobre el uso de biocarbón de poso de café en la producción de adoquines de concreto, contribuyendo a la sostenibilidad del sector construcción y promoviendo alternativas innovadoras que permitan valorizar residuos orgánicos en beneficio del ambiente y de las comunidades productoras de café.

INDICE:

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Identificación y determinación del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Hipótesis.....	18
1.4.1. Hipótesis general	18
1.4.2. Hipótesis específicas	19
1.5. Justificación del problema.....	19
1.5.1. Justificación Teórica.....	19
1.5.2. Justificación Metodológica	19
1.5.3. Justificación práctica	20
1.6. Importancia y alcance de la investigación	20
1.6.1. Importancia de la investigación	20
1.6.2. Alcance de la investigación	20
1.7. Limitaciones de la investigación	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	23
2.2. Bases teóricas	26

2.2.1. Biocarbón de poso de Café (BPC)	26
2.2.2. Propiedades físico-mecánicas del adoquín	28
2.3. Bases epistemológicas	32
2.4. Definición conceptual de términos básicos	33
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1. Ámbito	35
3.2. Nivel, tipo y diseño de investigación.....	35
3.2.1. Nivel de investigación	35
3.2.2. Tipo de investigación	35
3.2.3. Diseño de investigación.....	35
3.3. Población y selección de la muestra	36
3.3.1. Población	36
3.3.2. Muestra	36
3.3.3. Muestreo	36
3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.4.1. Procedimiento	37
3.4.2. Técnica.....	37
3.4.3. Instrumento de recolección de datos	38
3.5. Análisis estadísticos.....	39
3.6. Consideraciones éticas	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	41
4.1.1. Estudios previos	41
4.1.2. Análisis de datos	43
4.1.3. Resultados	66
4.2. Prueba de hipótesis	76
4.2.1. Tolerancia dimensional en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café	76

4.2.2. Absorción del adoquín en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café.....	80
4.2.3. Resistencia a la compresión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café.....	83
4.2.4. Resistencia a flexión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café.....	85
4.3. Discusión de resultados.....	88
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	101
ANEXO 1: Validación de Instrumentos por juicio de expertos	101
ANEXO 2: Instrumentos para la recolección de datos	110
ANEXO 3: Matriz de consistencia	153
ANEXO 4: Panel fotográfico	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Desecho de poso de café en el distrito de Villa Rica.....	17
Figura 2 El café en distintas etapas de procesamiento.....	26
Figura 3 Diferencia del poso de café y biocarbón de poso de café.....	27
Figura 4 Ubicación de longitud, ancho y espesor de los adoquines de concreto.	30
Figura 5 Ensayo a flexión en el adoquín.....	32
Figura 7 Diagrama de flujo de procesamiento de los datos.	37
Figura 8 Selección del poso de café.....	41
Figura 9 Proceso de producción del biocarbón de poso de café.	42
Figura 10 Curva granulométrica del agregado grueso.	45
Figura 11 Curva granulométrica del agregado fino.	46
Figura 12 Variación de la tolerancia dimensional promedio en el largo del adoquín.	67
Figura 13 Variación de la tolerancia dimensional promedio en el ancho del adoquín.	67
Figura 14 Variación de la tolerancia dimensional promedio en el ancho del adoquín.	67
Figura 15 Comparación del comportamiento de la absorción en adoquines de concreto. ...	68
Figura 16 Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 7 días.	70
Figura 17 Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 14 días.	71
Figura 18 Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 28 días.	72
Figura 19 Variación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto por edades.....	72
Figura 20 Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 7 días.	74
Figura 21 Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 14 días.	74
Figura 22 Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 28 días.	75
Figura 23 Variación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto por edades.	75
Figura 24 Recolección de poso de café en cafetería y ferias de Villa Rica.....	154
Figura 25 Poso de café en estado natural (recolección por día).	154
Figura 26 Secado del poso de café recolectado.	154

Figura 27	<i>Procesamiento del biocarbón de poso de café.</i>	154
Figura 28	<i>Biocarbón de poso de café pulverizado.</i>	154
Figura 29	<i>Tamizado del biocarbón de poso de café.</i>	154
Figura 30	<i>Ensayo de granulometría del agregado fino.</i>	155
Figura 31	<i>Ensayo de granulometría del agregado grueso (confitillo).</i>	155
Figura 32	<i>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.</i>	155
Figura 33	<i>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (confitillo).</i>	155
Figura 34	<i>Peso específico y absorción del agregado grueso.</i>	155
Figura 35	<i>Peso específico y absorción del agregado fino.</i>	155
Figura 36	<i>Peso de los materiales del diseño de mezcla.</i>	156
Figura 37	<i>Incorporación del biocarbón de poso de café al diseño de mezcla.</i>	156
Figura 38	<i>Elaboración del diseño de mezcla para el adoquín de concreto.</i>	156
Figura 39	<i>Elaboración de adoquines de concreto.</i>	156
Figura 40	<i>Moldeo por vibro compactación del adoquín de concreto.</i>	156
Figura 41	<i>Separación de las muestras por dosificación.</i>	156
Figura 42	<i>Curado del adoquín de concreto.</i>	157
Figura 43	<i>Identificación de los adoquines por grupo de muestras.</i>	157
Figura 44	<i>Tolerancia dimensional de adoquines convencionales.</i>	157
Figura 45	<i>Tolerancia dimensional en adoquines con BPC 5%.</i>	157
Figura 46	<i>Absorción de los adoquines.</i>	157
Figura 47	<i>Peso de la muestra húmeda para absorción.</i>	157
Figura 48	<i>Resistencia a compresión del adoquín convencional, a los 7 días.</i>	158
Figura 49	<i>Resistencia a compresión del adoquín con BPC 10%, a los 7 días.</i>	158
Figura 50	<i>Resistencia a compresión del adoquín con BPC 5%, a los 14 días.</i>	158
Figura 51	<i>Resistencia a compresión del adoquín con BPC 15%, a los 14 días.</i>	158
Figura 52	<i>Resistencia a flexión del adoquín con BPC 5%, a los 7 días.</i>	158
Figura 53	<i>Resistencia a flexión del adoquín con BPC 5%, a los 14 días.</i>	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tolerancia dimensional y resistencia del adoquín.	29
Tabla 2 Tolerancia dimensional.	29
Tabla 3 Absorción máxima de los adoquines de concreto.	30
Tabla 4 Cantidad de muestras que se realizara.	36
Tabla 5 Rangos de validez.	38
Tabla 6 Coeficiente de validez por expertos	39
Tabla 7 Ensayos de laboratorio	43
Tabla 8 Características generales de los agregados.	44
Tabla 9 Análisis granulométrico del agregado grueso	44
Tabla 10 Análisis granulométrico del agregado fino.	45
Tabla 11 Contenido de humedad de los agregados.	46
Tabla 12 Peso unitario suelto y compactado seco del agregado grueso.	47
Tabla 13 Peso unitario suelto y compactado seco del agregado fino.	47
Tabla 14 Peso específico y absorción del agregado grueso.	48
Tabla 15 Peso específico y absorción del agregado fino.	48
Tabla 16 Valores de diseño de mezcla para el adoquín de concreto de 420kg/cm ²	49
Tabla 17 Proporciones de los materiales por m ³	50
Tabla 18 Diseño de mezcla final por corrección de humedad.	51
Tabla 19 Diseño de mezcla final según la dosificación y tamaño de muestra.	51
Tabla 20 Composición química elemental del biocarbón de poso de café (BPC).	52
Tabla 21 Tolerancia dimensional del adoquín convencional.	52
Tabla 22 Tolerancia dimensional del adoquín con 5% de BPC.	53
Tabla 23 Tolerancia dimensional del adoquín con 10% de BPC.	53
Tabla 24 Tolerancia dimensional del adoquín con 15% de BPC.	53
Tabla 25 Absorción del adoquín convencional.	54
Tabla 26 Absorción del adoquín con 5% de BPC.	54
Tabla 27 Absorción del adoquín con 10% de BPC.	54
Tabla 28 Absorción del adoquín con 15% de BPC.	55
Tabla 29 Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 7 días.	55
Tabla 30 Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 14 días.	56
Tabla 31 Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 28 días.	56
Tabla 32 Resistencia a compresión del adoquín con 5% de BPC a los 7 días.	56
Tabla 33 Resistencia a compresión del adoquín con 5% de BPC a los 14 días.	57

Tabla 34 Resistencia a compresión del adoquín con 5% BPC a los 28 días.....	57
Tabla 35 Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 7 días.	58
Tabla 36 Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 14 días.	58
Tabla 37 Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 28 días.	58
Tabla 38 Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 7 días.	59
Tabla 39 Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 14 días.	59
Tabla 40 Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 28 días.	60
Tabla 41 Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 7 días.	60
Tabla 42 Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 14 días.....	61
Tabla 43 Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 28 días.....	61
Tabla 44 Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 7 días.....	62
Tabla 45 Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 14 días.....	62
Tabla 46 Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 28 días.....	63
Tabla 47 Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 7 días.....	63
Tabla 48 Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 14 días.....	64
Tabla 49 Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 28 días.....	64
Tabla 50 Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 7 días.....	65
Tabla 51 Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 14 días.....	65
Tabla 52 Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 28 días.....	66
Tabla 53 Resultado de la tolerancia dimensional en adoquines de concreto.....	66
Tabla 54 Resultado de absorción en adoquines de concreto.	68
Tabla 55 Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 7 días.	69
Tabla 56 Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 14 días.....	70
Tabla 57 Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 28 días.....	71
Tabla 58 Resultados de resistencia a la flexión de los adoquines de concreto.	73
Tabla 59 Prueba de normalidad a los valores de tolerancia dimensional en adoquines.....	77
Tabla 60 Descripción estadístico de los valores de la tolerancia dimensional en adoquines.	78
Tabla 61 Prueba de ANOVA de un factor para la tolerancia dimensional en adoquines....	79
Tabla 62 Prueba post Hoc-Tukey para la tolerancia dimensional en adoquines.	79
Tabla 63 Prueba de normalidad a los valores de absorción en adoquines.	80
Tabla 64 Descripción estadístico de los valores de absorción en adoquines.....	81

Tabla 65	<i>Prueba de ANOVA de un factor para la absorción en adoquines.</i>	82
Tabla 66	<i>Prueba post Hoc-Tukey para la absorción en adoquines.</i>	82
Tabla 67	<i>Prueba de normalidad a los valores de resistencia a compresión en adoquines a los 28 días.</i>	83
Tabla 68	<i>Descripción estadístico de los valores de la resistencia a compresión en adoquines.</i>	84
Tabla 69	<i>Prueba de ANOVA de un factor para la resistencia a compresión en adoquines.</i>	84
Tabla 70	<i>Prueba post Hoc-Tukey para la resistencia a compresión en adoquines.</i>	85
Tabla 71	<i>Prueba de normalidad a los valores de resistencia a flexión en adoquines a los 28 días.</i>	86
Tabla 72	<i>Descripción estadístico de los valores de la resistencia a flexión en adoquines.</i>	86
Tabla 73	<i>Prueba de ANOVA de un factor para la resistencia a flexión en adoquines.</i>	87
Tabla 74	<i>Prueba post Hoc-Tukey para la resistencia a flexión en adoquines.</i>	87

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y determinación del problema

Los adoquines empleados en la pavimentación se han convertido en un material ampliamente utilizado dentro de la industria de la construcción, debido a su capacidad para soportar cargas vehiculares y brindar superficies durables y seguras (Bahamondes et al., 2013). Sin embargo, la producción convencional de estos elementos requiere un alto consumo de recursos naturales y genera un impacto ambiental significativo, especialmente por el uso intensivo de cemento y la falta de aprovechamiento de residuos sólidos. Así mismo, la industria de la construcción enfrenta actualmente el desafío de desarrollar materiales más sostenibles que contribuyan a la reducción de la huella ambiental. Ante esta problemática, surge el interés de incorporar el biocarbón obtenido del poso de café en la fabricación de adoquines de concreto, con el fin de determinar su influencia en las propiedades físico-mecánicas del material y su viabilidad como una alternativa de material sostenible.

En el ámbito internacional, los adoquines de concreto son ampliamente utilizados en países desarrollados debido a sus múltiples beneficios, como la resistencia, durabilidad y fácil mantenimiento. No obstante, su fabricación requiere un elevado consumo de cemento, lo que genera un impacto ambiental significativo por las emisiones de dióxido de carbono asociadas a su producción, donde investigaciones han buscado desarrollar técnicas innovadoras que permitan sustituir parcial o totalmente el cemento con materiales alternativos de origen sostenible. En este contexto, esta investigación se inclina en la tecnología de un material, donde se va implementa al desarrollo de crear materiales de construcción no convencionales, que puedan ser evaluados sus propiedades mecánicas y físicas para que propicien en la industria de materiales sostenibles para la construcción de infraestructuras (Ojeda, 2010).

En el Perú, se ha evidenciado un incremento considerable en la generación de residuos orgánicos, cuya gestión resulta más compleja que en los países industrializados. Solis Ruiz & Ruiz (2024) menciona que el manejo efectivo de residuos sólidos no solo se condiciona en la eliminación de desechos; sino que también, se opta por el manejo de prácticas sostenibles que disminuyan el impacto ambiental, para favorecer al reciclaje y reutilización.

En la Selva Central, la producción y el consumo del café representan una de las principales actividades económicas, generando grandes cantidades de residuos orgánicos como el poso o borra de café. Este subproducto, al descomponerse, libera gas metano que contribuye al calentamiento global. Sin embargo, al transformarlo en carbón activado (biocarbón) conlleva a encapsular las sustancias químicas las cuales podrían influenciar en las propiedades del adoquín.

En este contexto, el distrito de Villa Rica reconocido por su alta producción cafetalera y su creciente compromiso con la sostenibilidad, se presenta como un lugar idóneo para el desarrollo de esta investigación. La abundancia de poso de café generado en sus cafeterías constituye una oportunidad para su aprovechamiento en la elaboración de adoquines ecológicos con adición de biocarbón. Por ello, esta investigación busca evaluar las propiedades físico-mecánicas de adoquines incorporando biocarbón de poso de café, proponiendo una alternativa de material sostenible para la construcción de pavimentos de tránsito ligero y contribuyendo a la innovación en el uso de materiales ecológicos dentro de la industria de la construcción.

Figura 1

Desecho de poso de café en el distrito de Villa Rica



Nota. Elaboración propia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuánto varía las propiedades físico-mecánicas en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto varía la tolerancia dimensional en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?
- ¿Cuánto influye la absorción en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?
- ¿Cuánto cambia la resistencia a la compresión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?
- ¿Cuánto cambia la resistencia a flexión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físico-mecánicas en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Medir la tolerancia dimensional en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Determinar la absorción en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Evaluar la resistencia a la compresión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Evaluar la resistencia a flexión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las propiedades físico-mecánicas en adoquines varía significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La tolerancia dimensional en adoquines varía significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Determinar la absorción en adoquines influye significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Evaluar la resistencia a la compresión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.
- Evaluar la resistencia a flexión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

1.5. Justificación del problema

1.5.1. Justificación Teórica

Se desarrollará con el interés de contribuir al conocimiento existente sobre la elaboración de adoquines ecológicos mediante la incorporación de biocarbón obtenido del poso de café. Donde se busca evaluar las propiedades físico-mecánicas del material para determinar su calidad, resistencia y desempeño estructural, promoviendo así la aplicación de tecnologías sostenibles en la construcción de pavimentos, siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 399.611, la norma ASTM C936 y otras normativas internacionales relacionadas. Con ello, se pretende generar información científica que contribuya al desarrollo de alternativas ecológicas en la construcción, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo la innovación tecnológica en el diseño de adoquines para tránsito ligero.

1.5.2. Justificación Metodológica

La investigación empleará un enfoque experimental respaldado por revisión bibliográfica, cada muestra será elaborada con diferentes dosificaciones y se ensayarán siguiendo protocolos normativos, con el propósito de analizar el comportamiento del adoquín frente a distintas proporciones. Esta metodología permitirá analizar de forma cuantitativa el efecto del biocarbón en las propiedades del adoquín, fomentando la innovación y el desarrollo de materiales sostenibles dentro del campo de la tecnología de la construcción.

1.5.3. Justificación práctica

La presente investigación busca generar un aporte tangible a la ingeniería civil mediante la elaboración de adoquines ecológicos que incorporen biocarbón de poso de café, aprovechando un residuo orgánico abundante en el distrito de Villa Rica y la Selva Central. Su aplicación práctica permitirá reducir el uso de cemento y mitigar el impacto ambiental asociado a los desechos del café, promoviendo la conservación del entorno natural. Asimismo, se realizarán ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades físico-mecánicas de los adoquines, fomentando la innovación tecnológica, la economía circular y el desarrollo de materiales sostenibles para pavimentos de tránsito ligero.

1.6. Importancia y alcance de la investigación

1.6.1. Importancia de la investigación

La presente investigación reviste gran importancia al promover el uso de materiales orgánicos reciclados, como el poso de café, en la elaboración de adoquines para pavimentos articulados destinados a tránsito ligero. Esta propuesta contribuye a reducir el impacto ambiental generado por los desechos orgánicos y el alto consumo de cemento en la construcción. Además, la evaluación de las propiedades físico-mecánicas permitirá determinar la viabilidad del biocarbón como aditivo sostenible, impulsando la innovación en el desarrollo de materiales ecológicos y fortaleciendo el compromiso de la ingeniería civil con la sostenibilidad y la economía circular.

1.6.2. Alcance de la investigación

La investigación se centrará en la elaboración y evaluación de adoquines de concreto con adición de biocarbón de poso de café en distintas proporciones, analizando sus propiedades físico-mecánicas como resistencia a la compresión, absorción y flexión. Los ensayos se desarrollarán conforme a normas técnicas, comparando los resultados con adoquines convencionales.

1.7. Limitaciones de la investigación

La investigación se realizará bajo condiciones controladas de laboratorio, centrada en evaluar las propiedades físico-mecánicas de adoquines con biocarbón de poso de café. Aunque no se analizará el ensayo de abrasión por falta de equipamiento local, como también su desempeño en campo, los resultados aportarán una base técnica útil para futuras investigaciones y aplicaciones sostenibles en la construcción.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Na et al. (2021) desarrollaron una investigación experimental orientada a evaluar la influencia del carbón activado de posos de café en la resistencia a compresión del mortero. Para ello, elaboraron mezclas con sustitución parcial del cemento en proporciones de 0.5%, 1%, 1.5%, 5% y 10% de carbón activado, confeccionándose un total de 36 muestras de mortero evaluadas a edades de 7, 21 y 28 días. Los resultados evidenciaron que la incorporación de carbón activado en dosificaciones de hasta 1.5% mejoró la resistencia mecánica del mortero, obteniéndose valores de 5599.5, 6870.6, 5969.4 y 7084.9 psi. En conclusión, el estudio determinó que las dosificaciones comprendidas entre 0.5% y 1.5% representan el rango óptimo para mejorar las propiedades mecánicas del mortero. Asimismo, recomendaron que el aprovechamiento de este residuo orgánico reciclado presenta potencial como aditivo sostenible para incrementar la resistencia a compresión de materiales cementantes.

Roychand et al. (2023) desarrollaron una investigación experimental con el objetivo de identificar la idoneidad de los posos de café para optimizar las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del concreto. Para ello, realizaron análisis químicos, caracterización del tamaño de partículas mediante difracción láser, ensayos de rayos X, microscopía electrónica de barrido y pruebas de resistencia a compresión. Asimismo, emplearon dosificaciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de biocarbón de poso de café como sustituto parcial del agregado. Los resultados evidenciaron que el biocarbón obtenido mediante pirólisis a 350 °C mejoró el comportamiento mecánico del concreto, alcanzando una resistencia a compresión de 29.6 MPa en comparación con 22.9 MPa de la muestra control. Del mismo modo, se registró un incremento del 29.3% en la resistencia a compresión para la dosificación del 15% de biocarbón. En conclusión, el estudio demuestra que el uso de biocarbón de poso de café mejora significativamente la resistencia del concreto cuando se emplea bajo condiciones controladas de producción y en dosificaciones adecuadas, destacando su potencial como material sostenible en la construcción.

Varas Ramírez (2021) desarrolló una investigación experimental orientada a elaborar un prototipo de adoquín de concreto incorporando residuos orgánicos de maíz,

con la finalidad de evaluar la resistencia del material y su potencial aplicación en proyectos sostenibles. El estudio empleó un diseño de adoquín tipo A con capacidad para tránsito peatonal, el cual fue sometido a ensayos de caracterización física y propiedades mecánicas. La dosificación evaluada estuvo compuesta por 700 g de cemento, 700 g de arena volcánica, 250 ml de agua y 200 g de fibra de maíz. Los resultados evidenciaron que el adoquín modificado alcanzó una resistencia a compresión y rotura de 24.54 MPa (250.25 kg/cm²) y una absorción de 6.8%, mientras que el adoquín tradicional presentó una resistencia de 24.50 MPa (250 kg/cm²) y una absorción de 7%. En conclusión, el estudio determinó que la incorporación de residuos orgánicos de maíz genera un adoquín con comportamiento más liviano y con ligera mejora en la resistencia mecánica respecto al adoquín convencional.

Mejía Vega & Cuitiva Madrid (2022) desarrollaron una investigación experimental con el propósito de analizar las propiedades mecánicas de morteros elaborados con sustitución parcial del cemento mediante materiales puzolánicos de origen biogénico. Para ello, diseñaron mezclas con una sustitución del 5% de cemento por óxidos de biochar de tipo C y tipo AAA. Posteriormente, evaluaron el comportamiento mecánico mediante ensayos de resistencia a compresión y resistencia a flexión a los 7, 28 y 90 días. Los resultados evidenciaron que, a los 90 días, la muestra convencional alcanzó una resistencia a compresión de 27.7 MPa, mientras que las mezclas con biochar tipo C y tipo AAA registraron valores de 29.7 MPa y 14.8 MPa, respectivamente. Respecto a la resistencia a flexión, se obtuvieron valores promedio de 7.5 MPa para la muestra patrón, 5.9 MPa para el biochar tipo C y 5.6 MPa para el tipo AAA. En conclusión, el estudio determinó que la incorporación del biochar tipo C como sustituto parcial del cemento en un 5% mejora la resistencia a compresión del mortero; sin embargo, genera una disminución en la resistencia a flexión, evidenciando que el beneficio mecánico no se presenta de manera uniforme en todas las propiedades del material.

Zalamea Suárez (2022) empleó como objetivo reducir el impacto ambiental de materiales como el cemento, mortero y concreto hidráulico mediante la incorporación de biocarbón, a través del encapsulamiento de carbono estable, sin afectar su desempeño mecánico. La investigación fue de tipo experimental y empleó dosificaciones con adición de biocarbón en proporciones de 0%, 1.5%, 3.0%, 4.5% y 25.0%. Como resultados, se obtuvieron resistencias a compresión de 208.2, 246.8, 238.8, 236.8 y 46.2 kg/cm², respectivamente, evidenciándose incrementos del 19%, 15% y 14% en las dosificaciones de 1.5%, 3.0% y 4.5%; mientras que la dosificación de 25% presentó una disminución

significativa del 77% a los 28 días. En conclusión, el estudio demostró que la incorporación de biocarbón en bajas proporciones mejora la resistencia a compresión del concreto, mientras que dosificaciones elevadas afectan negativamente su desempeño mecánico. Asimismo, se destacó que el uso de biocarbón puede generar beneficios ambientales y económicos, posicionándose como una alternativa sostenible para la industria de la construcción.

Roychand et al. (2025) tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento del concreto mejorado con biocarbón de café en condiciones reales de construcción. La investigación presentó un diseño experimental aplicado, en el cual se compararon mezclas con incorporación del 15% de biocarbón de poso de café como sustitución parcial del agregado frente a un concreto patrón, mediante ensayos de asentamiento, resistencia a compresión en concreto fresco y en losa perforada, resistencia a flexión y retracción. Como resultados, se evidenció que el biocarbón en condición húmeda mejoró la trabajabilidad del concreto y permitió incrementos en la resistencia a compresión de hasta 9.8% en etapas iniciales y 7.8% en etapas posteriores. Asimismo, se registró un incremento progresivo de la resistencia hasta alcanzar 33 MPa a los 54 días, en comparación con 32.5 MPa obtenidos por el concreto convencional. Respecto a la resistencia a flexión, la muestra control alcanzó 5.3 MPa, mientras que la mezcla con biocarbón obtuvo 6.3 MPa, representando un incremento del 18.9% a los 28 días. En conclusión, el estudio demostró que la incorporación de biocarbón de café mejora las propiedades mecánicas del concreto, particularmente la resistencia a compresión y flexión, debido al efecto de curado interno asociado a la capacidad de retención de agua del material. No obstante, se identificó que un inadecuado control del estado de humedad del biocarbón puede generar disminuciones en la resistencia, por lo que su pretratamiento constituye un factor determinante antes de su incorporación en la mezcla.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Salvador Terrones (2023) en su tesis, estableció como objetivo mejorar las características de resistencia del concreto mediante el uso de biocarbón como sustituto parcial del cemento en proporciones de 1%, 2% y 2.5% en peso. La investigación fue de tipo experimental y empleó un diseño de mezcla con una resistencia de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando biocarbón proveniente de restos de madera. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, flexión y fisuración bajo condiciones de curado húmedo y al ambiente, evaluados a los 7, 14, 28 y 56 días. Los resultados evidenciaron que el concreto patrón sometido a curado húmedo alcanzó una resistencia promedio de 213.53 kg/cm^2 , mientras

que la dosificación con 2% de biocarbón presentó el mejor desempeño, obteniendo una resistencia de 248.97 kg/cm², lo que representó un incremento del 16.88% a los 28 días. En cuanto a la resistencia a flexión, el concreto patrón registró un módulo de rotura de 39.95 kg/cm², mientras que la mezcla con 2% de biocarbón alcanzó 37.02 kg/cm², evidenciando una ligera disminución. En conclusión, el estudio demostró que la incorporación de biocarbón en pequeñas proporciones mejora la resistencia a compresión del concreto; sin embargo, puede generar una reducción en la resistencia a flexión, posiblemente debido a cambios en la distribución de poros dentro de la matriz cementante ocasionados por el reemplazo parcial del cemento.

Monje Peña (2021) tuvo como objetivo mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín mediante la incorporación de materiales orgánicos, como cenizas de algarroba seca y hojas de eucalipto. La investigación fue de tipo experimental descriptivo y elaboró 132 muestras de adoquines tipo I ($f'_c = 320$ kg/cm²), utilizando porcentajes de sustitución parcial del cemento de 0.75%, 2%, 4%, 6% y 8%, evaluados de manera independiente para cada tipo de ceniza. Los resultados evidenciaron que las dimensiones de los adoquines se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la normativa. Respecto a la absorción, las muestras con ceniza de algarroba (CA) registraron valores de 2.23%, 2.28%, 2.39%, 3.60%, 3.75% y 4.08%, mientras que las muestras con ceniza de eucalipto (CE) alcanzaron valores de 2.16%, 2.32%, 2.43%, 2.67%, 3.33% y 3.62%. En cuanto a la resistencia a compresión, se obtuvo un valor óptimo de 413.34 kg/cm² con una dosificación del 6% de CA y de 436.80 kg/cm² con una dosificación del 8% de CE, superando la resistencia inicial de 320 kg/cm². En conclusión, el estudio demostró que las dosificaciones de 6% de ceniza de algarroba y 8% de ceniza de eucalipto optimizan el desempeño mecánico del adoquín de concreto sin afectar sus propiedades físicas.

Trujillo Pacaya (2024) estudió la influencia de la ceniza de malezas y el concreto reciclado en las propiedades de los adoquines, con el propósito de evaluar su efecto sobre las características físico-mecánicas del material. La investigación fue de enfoque aplicado y nivel explicativo, en la cual se elaboraron 145 muestras con diferentes combinaciones de dosificación: 0% CDM–0% CR, 5% CR–10% CDM, 10% CR–8% CDM, 20% CR–5% CDM y 40% CR–3% CDM. En el estudio, el concreto reciclado (CR) se utilizó como sustituto del agregado grueso, mientras que la ceniza de malezas (CDM) reemplazó parcialmente al cemento. Los resultados evidenciaron que la dosificación óptima de 5% CR–10% CDM presentó un adecuado comportamiento físico, registrando variaciones

dimensionales de 0.80 ± 1.24 mm en longitud, 0.88 ± 0.22 mm en ancho y 1.10 ± 1.24 mm en espesor, además de una absorción de 3.33%. En cuanto a las propiedades mecánicas, esta dosificación alcanzó una resistencia a compresión de 318.50 kg/cm², una resistencia a flexión de 40.99 kg/cm² y un desgaste de 0.31%, evidenciando un desempeño favorable del material. En conclusión, el estudio determinó que la combinación de 5% CR–10% CDM constituye la dosificación óptima, demostrando la viabilidad del uso de materiales alternativos en la producción de unidades de pavimentación.

G. J. Benancio Camara & Chamorro Baldeon (2023) realizaron una investigación con el objetivo de determinar la influencia de las cenizas de hoja de maíz (CHM) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), considerados materiales orgánicos, en las propiedades de los adoquines. El estudio fue de tipo experimental y empleó un diseño de mezcla con una resistencia de $f'c = 380$ kg/cm², incorporando porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% como sustitución parcial del cemento, evaluándose de manera independiente cada tipo de ceniza. Los resultados evidenciaron que ambas cenizas influyen favorablemente en las propiedades físicas; sin embargo, en el ensayo de absorción, solo la dosificación de 5% de CHM alcanzó un valor de 5.26%, mientras que, en el caso de la CBCA, las dosificaciones de 5% y 10% registraron valores de 4.14% y 4.79%, respectivamente, cumpliendo con los límites normativos. Respecto a la resistencia a compresión a los 28 días, las dosificaciones de 5%, 10% y 15% de CHM registraron valores de 439.38 kg/cm², 331.22 kg/cm² y 285.88 kg/cm², respectivamente; mientras que las mezclas con 5%, 10% y 15% de CBCA alcanzaron resistencias de 480.91 kg/cm², 358.15 kg/cm² y 334.15 kg/cm², evidenciándose que únicamente la dosificación del 5% en ambos casos superó la resistencia mínima de 380 kg/cm². En cuanto a la resistencia a flexión, se obtuvieron valores de 91.83 kg/cm², 80.58 kg/cm² y 65.40 kg/cm² para las mezclas con CHM, y de 102.01 kg/cm², 71.91 kg/cm² y 72.86 kg/cm² para las mezclas con CBCA, mostrando una disminución progresiva conforme aumentó la dosificación. En conclusión, el estudio determinó que la incorporación del 5% de CHM y CBCA es la más adecuada, debido a que cumple con los requisitos establecidos por la NTP 399.611 y la NTG 41086.

J. et al. (2022) realizaron una investigación con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto conforme a la norma NTP 399.611, incorporando cenizas provenientes de hornos artesanales de ladrillos. La metodología fue de enfoque cuantitativo y tipo experimental, con alcance correlacional, en la cual se diseñó una mezcla con una resistencia a compresión de $f'c = 340$ kg/cm² para

pavimentos tipo II. Se emplearon porcentajes de sustitución parcial del cemento de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de ladrillera (CL), realizando el curado de las muestras a los 7, 14 y 28 días para posteriormente evaluar la resistencia a compresión y la absorción. Los resultados evidenciaron que las dimensiones nominales y reales de los adoquines, correspondientes a longitud, ancho y espesor, presentaron variaciones mínimas de ± 0.1 mm. Respecto a la absorción, las dosificaciones de 0% y 5% de CL registraron valores de 5.07% y 5.75%, respectivamente, cumpliendo con los criterios establecidos por la norma NTP 399.611. En relación con la resistencia a compresión, la dosificación de 5% de CL alcanzó un valor promedio de 385.09 kg/cm², superando a la muestra patrón de 370.04 kg/cm², lo que representó un incremento del 4.2%. En conclusión, el estudio demostró que la incorporación del 5% de ceniza de ladrillera artesanal mejora las propiedades físicas y mecánicas del adoquín, cumpliendo con los requisitos normativos y evidenciando su viabilidad como material alternativo en la fabricación de unidades de pavimentación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Biocarbón de poso de Café (BPC)

Se define que los posos de café son el desecho orgánico del grano molidos y tostado del café, en el cual se obtiene a partir de la preparación de la bebida, esto por medio de cafeteras industrial o manuales (Iriondo & Castillo, 2023). Sin embargo, existe poca literatura relacionada con el carbón activado de poso de café, por ello se resalta su proceso con investigaciones realizadas.

Figura 2

El café en distintas etapas de procesamiento.



Nota. Elaboración propia

Hidalgo Segovia & Rivera Garcés (2017) menciona que el poso o bagazo de café para que este pueda pasar a ser carbonizado se debe de reducir su porcentaje de humedad entre un 10% a 15% (p.12), por lo que mayormente se usa en rellenos sanitarios, calderas de industrias y en incineración indefinida. También (Hidalgo Segovia & Rivera Garcés, 2017) da a conocer que la composición química del poso de café como carbón activado o biocarbón comprende entre enlaces de carbono y materia volátil, lo que hace que se incremente el rendimiento como biocarbón (p.8).

A partir de su definición teórica, para la preparación de biocarbón de poso de café existen muchos métodos de carbonización, una de ellas es por carbonización física, donde se prepara el poso de café lavándolo con agua destilada, secándolo por un tiempo de 24 horas y después pasar a tamizarlo y finalmente pasarlo a un horno de laboratorio a temperaturas de hasta 600°C (Na et al., 2021). Mostrando sus características en la Figura 3.

Figura 3

Diferencia del poso de café y biocarbón de poso de café.



Nota. (a) poso de café seco, (b) biocarbón de poso de café; extraído de Na et al. (2021).

Con relación al proceso del biocarbón activado de poso de café, Roychand et al. (2023) indica que para aumentar las propiedades del concreto la carbonización a temperatura de 350C° presento mayor mejora que a una temperatura de 500C°, indicando una temperatura efectiva del biocarbón para el proceso de adición al concreto (p. 8).

2.2.1.1. Propiedades del biocarbón de poso de café

El biocarbón se obtiene mediante pirólisis en condiciones de bajo oxígeno, lo que transforma la biomasa en un material estable con alto contenido de carbono. En particular, el biocarbón de poso de café presenta una densidad aparente baja frente a materiales minerales, lo que permite reducir el peso de compuestos como concreto o morteros sin afectar su estabilidad estructural (Roychand et al., 2025).

También posee funcionalidad química, donde se ha detectado presencia de grupos funcionales cargados ($C=O$, $C=C$, entre otros) mediante espectroscopía infrarroja (FT-IR), lo cual puede influir en su interacción con el diseño de mezcla cuando se usa como aditivo (Arrigo et al., 2019).

Por otro lado, su porosidad y capacidad de intercambio iónico han sido útiles en aplicaciones ambientales, como la adsorción de iones metálicos, lo que demuestra que su microestructura es particularmente reactiva (Islam et al., 2024).

2.2.1.2. Proporción del biocarbón de poso de café

Para poder incorporar este biocarbón a los adoquines de concreto, se seguirá la proporción estimada de 5%, 10% y 15% por el método módulo de finura con tablas extraídas del ACI 211, resaltando que este material es de concreto prefabricado.

Clark-Martinez & Alán-Zúñiga (2002) resalta que, para el diseño de mezcla de los prefabricados, el revenimiento es menor a 2.5cm, por lo que estas mezclas van a generar una trabajabilidad pobre (p. 6). Por lo tanto, se utilizaría las tablas del ACI 211 que acogen la consistencia de extrema seca y muy denso, las cuales clasifican sin revenimiento.

Para la elaboración de adoquines de concreto, se toma en cuenta algunos estudios y artículos de investigación donde menciona que el adoquín de concreto está elaborado de cemento, agua, agregados grueso y fino. Ceballos-Medina et al. (2021) guiado por la NTC 2017, explica que para el diseño de adoquines se tendrá en cuenta el empleo del cemento Portland tipo I y de agregado fino, como también del grueso que ocuparía de un tamaño máximo nominal de 3/8".

2.2.2. Propiedades físico-mecánicas del adoquín

Rojas López (2015) explica que ensayar las alternativas se hallara la óptima en los criterios que se aplican para un proyecto (p. 55). Para ello que se utilizara manuales y normativas técnicas internacionales donde se presenta la mayor base teórica de estos adoquines para pavimentos y mencione que requisitos debe cumplir para producir un material óptimo.

2.2.2.1. Ensayo de tolerancia dimensional

Según la (NTP 399.611, 2017) el adoquín será clasificado en tres tipos, de los cuales por cada tipo cambiará su tamaño de espesor como su resistencia a compresión (p. 6).

En la Tabla 1 nos señala que tipo de adoquín se clasificaría en relación al tipo y espesor del adoquín de concreto.

Tabla 1

Tolerancia dimensional y resistencia del adoquín.

Tipo	Espesor (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio (Mpa) 3 unidades	Mínimo (Mpa) individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular Ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Nota. Extraído de la (NTP 399.611, 2017).

De acuerdo al tipo de adoquín que se producirá se evaluará la tolerancia dimensional que mencionar la (NTP 399.611, 2017), el cual se exige cumplir lo especificado en la Tabla 2.

Tabla 2

Tolerancia dimensional.

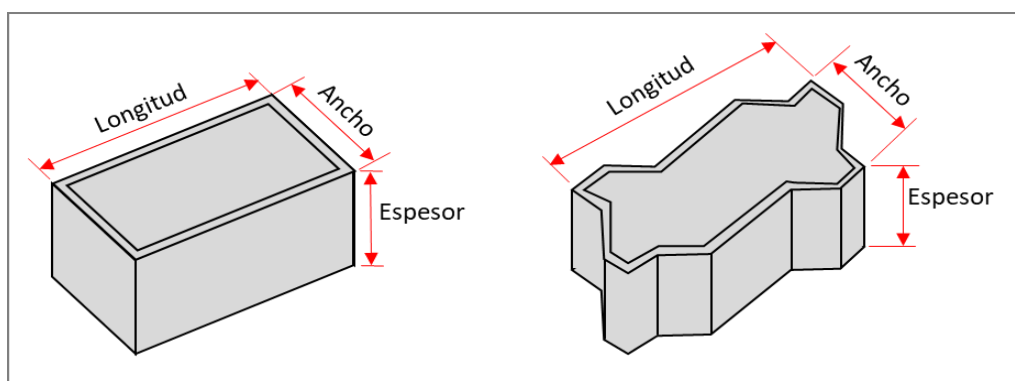
Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Nota. extraído de la (NTP 399.611, 2017).

Para ello se especifica como será medido de acorde a la clasificación del adoquín, para luego pasar a promediar por cada grupo de muestra, al igual que las unidades de albañilería estas muestras serán utilizada para evaluar su resistencia (NTP 399.613, 2005).

Figura 4

Ubicación de longitud, ancho y espesor de los adoquines de concreto.



Nota. Elaboración propia, extraído de la (NTP 399.611, 2017).

2.2.2.2. Ensayo de Absorción del adoquín

La (NTP 399.611, 2017) establece que los adoquines deben cumplir con el límite máximo de absorción especificada en la Tabla 3, en función del tipo de adoquín (p. 7).

Tabla 3

Absorción máxima de los adoquines de concreto.

Tipo de adoquín	Absorción máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Nota. Extraído de la (NTP 399.611, 2017)

Para el proceso de este ensayo, la normativa peruana de adoquines nos referencia con la (NTP 399.604, 2002), el cual nos menciona que para este ensayo de absorción la muestra pasará a ser sumergida por 24 horas para luego ser pesados, suspendidos por alambre de metal y registrado su peso sumergido (W_i), después se permitirá el drenado por tiempo de 1 minuto para pasar a pesarlo y obtener su peso saturado (p. 10-11).

Por último, la (NTP 399.604, 2002) menciona que la muestra debe pasar a ser secado en un horno, a una temperatura de 100°C - 115°C por unas 24 horas, para luego proceder a retirarlas y registrar su peso seco. Según estos datos obtenido, se calculará lo siguiente ecuación (p. 10-11).

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{): } [(Ws - Wd) / (Ws - Wi)] \times 1000 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{Absorción (\%): } [(Ws - Wd) / Wd] \times 1000 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Ws : peso saturado del espécimen, (kg).

Wi : peso sumergido del espécimen, (kg).

Wd : peso seco al horno del espécimen, (kg)

2.2.2.3. Ensayo de resistencia a la compresión

Para este ensayo la (NTP 399.611, 2017) indica que las muestras serán sometidas a cargas perpendicular en la de mayor superficie, también resalta que si la maquina carece de capacidad de carga para el tamaño de muestra, se deberá de cortar y ensayar por la mitad. Para ello la Tabla 1 indica cuanto debe ser el valor máximo soportado para su resistencia a compresión (p. 6).

Por otro lado, la NTP 399.611 nos referencia a (NTP 399.613., 2005) donde indica que para su resistencia a la compresión se evaluara por medio de la (Ec. 3).

$$C = W / A \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

C : Resistencia a la compresión de la muestra (kg/m²).

W : Carga máxima indicada por la máquina de ensayo (kg).

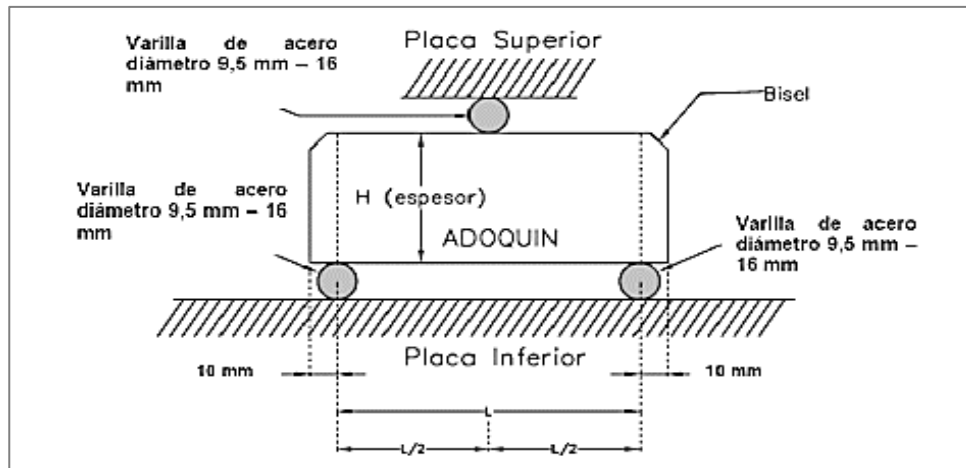
A : Área bruta del espécimen (cm²).

2.2.2.4. Ensayo de flexión al adoquín

Para el ensayo a flexión, la (NTG 41087 h1, 2012) menciona que este ensayo es evaluar el módulo de rotura, el cual es importante para el diseño de calzada que será sometida a tráfico vehicular o peatonal, para ello el ensayo se realiza como una viga simplemente apoyada con concentración de carga al centro, el cual se ira distribuyendo en el ancho del espécimen (p. 5).

Figura 5

Ensayo a flexión en el adoquín.



Nota. En base a INTE 06-02-14.

La (ITINTEC 339.124, 1988) especifica que para el procedimiento, el apoyo deberá de ser en su mayor dimensión y cargado en el centro, de acuerdo a este procedimiento, y se evaluará su módulo de rotura con una aproximación a 0.01 MPa (p. 10). La siguiente ecuación menciona como obtener el módulo de rotura de la muestra:

$$S = 3W(l/2 - x)/b \times d^2 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

S : Modulo de Rotura de la muestra (MPa).

W : Carga máxima (N).

l : Distancia entre los apoyos (mm)

b : Ancho del espécimen (mm)

d : Espesor del espécimen (mm)

x : Distancia promediada desde el centro de la muestra hacia el plano de falla (mm)

2.3. Bases epistemológicas

La presente investigación se sustentó en el paradigma positivista, el cual sostiene que el conocimiento científico se obtiene mediante la observación, medición y comprobación de fenómenos verificables (Ñaupas et al., 2019). Desde esta perspectiva, se analizaron objetivamente las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café, a partir de resultados medibles y verificables, sustentados en principios técnicos y ensayos normalizados aplicados al comportamiento del concreto.

2.4. Definición conceptual de términos básicos

Biocarbón: Material sólido rico en carbono obtenido por medio de combustión de materia orgánica con presencia de gas, este tipo de carbón sirve como desintoxicante (Palacio, 2022).

Poso de café: También denominado borra o bagazo, es un residuo sólido generado después de la preparación de la bebida de café. Está compuesto por granos de café molido y tostado que han sido sometidos a un proceso de extracción (Iriondo & Castillo, 2023).

Biocarbón de poso de café (BPC): Es un material carbonoso obtenido a partir del pirólisis del poso de café en condiciones de bajo oxígeno, caracterizado por su alto contenido de carbono, baja densidad y estructura porosa (Oliveira et al., 2021).

Aditivo: Material o sustancia que se incorpora al concreto o mortero en pequeñas proporciones con el fin de modificar o mejorar sus propiedades en estado fresco o endurecido (Sanchez de Guzman, 2001).

Adoquín: Material prefabricado mayormente elaborado de concreto simple, con forma prismática y tamaño nominal (NTP 399.611, 2017).

Prefabricado: Concreto que se fabrica en moldes dentro de un entorno controlado y se permite que alcance una resistencia específica antes de ser instalado en el sitio (Kosmatka et al., 2003).

Concreto: Mezcla elaborada por cemento, agregado grueso, agregado fino y agua, donde al ser mezclado estos materiales, se va transformando en un material sólido de mezcla muy seca (Vallecilla, 2017).

Consistencia muy seca: Clasificado como un tipo de consistencia utilizado para la elaboración de materiales prefabricados, a diferencia de la consistencia húmeda esta requerida de menor cantidad de agua y mayor energía de compactación (Sanchez de Guzman, 2001).

Proporción óptima: Es referida a la dosificación ponderal, el cual será evaluada por diferentes proporciones, cumpliendo con la verificaciones y ensayos de propiedades del concreto (Gorisse, 1980).

Compresión: se refiere a una fuerza o carga aplicas sobre el material de concreto que conlleva a una relación de la carga de rotura y la sección a su eje longitudinal (NTP 399.611, 2017).

Flexión: Es el esfuerzo resultante que puede se aplica a un material que tiende a ser curvado o flexionado, es decir, los puntos superiores de material estarán sometidos a compresión, a diferencia de los puntos inferiores que estarán sometidos a tensión (NTP 399.604, 2002).

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito

El proyecto de investigación evalúa las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto, el cual se enfoca a la tecnología de materiales y la sostenibilidad, es por ello que el ámbito se delimitara a toda la comunidad de estudiantes e investigadores, aspirando contribuir al progreso del conocimiento dentro de la ingeniería civil y a fomentar el desarrollo de materiales sostenibles, alineadas con las demandas globales de viabilidad y eficiencia

3.2. Nivel, tipo y diseño de investigación

3.2.1. Nivel de investigación

Sampieri et al. (2014) indica que el objetivo del estudio explicativo es explicar por qué sucede un fenómeno y en que circunstancia se presenta o en analizar cómo se relacionan las variables (p.95). De acuerdo al proyecto, se centra en evaluar las propiedades físico-mecánicas del adoquín incorporando biocarbón de poso de café y de acuerdo a la investigación explicar cuanto puede variar sus propiedades. Por lo tanto, esta investigación es de nivel explicativo.

3.2.2. Tipo de investigación

Paitán et al., p. (2014, p. 93) menciona que se denomina tipo aplicada porque se plantea a partir de una investigación básica, pura o fundamental, donde se plantea el problema y la hipótesis con el propósito de abordar y solucionar los problemas relacionados con la productividad de la sociedad (p. 93). Por lo tanto, este proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades del adoquín, por lo que se someterá a ensayos de laboratorios para obtener los resultados y así evaluar si existe una variación significativa con incorporación del biocarbón de poso de café, lo cual se clasifica una investigación aplicada.

3.2.3. Diseño de investigación

Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) detalla que un diseño experimental incluye una o más variables independientes o dependientes. Además, pueden incluir pospruebas y prepruebas para estudiar el proceso de los grupos antes y después del tratamiento experimental (p.163). En este proyecto de investigación se realizará la

manipulación de la variable independiente, cambiando la proporción del biocarbón de poso de café en la dosificación en 0% 5% 10% y 15% en sustitución parcial del cemento para la dosificación del adoquín. De acuerdo a lo mencionado, el diseño que se aplicará será experimental.

3.3. Población y selección de la muestra

3.3.1. Población

Paitán et al. (2019) define a la población como el conjunto general de las unidades a estudiar, donde poseen características necesarias para el estudio (p. 334). En esta investigación se considerará como población a los adoquines para tránsito ligero, que pertenece al tipo II, del cual se tiene como objetivo evaluar cuanto influye incorporándole el biocarbón de poso de café.

3.3.2. Muestra

Sampieri et al. (2014) define a la muestra como un subconjunto de elementos que son pertenecientes a un conjunto definido como la población (p. 175). Por lo tanto, la muestra a ser estudiada estará definida por la cantidad de 140 adoquines que serán evaluados para su producción, siendo un muestreo no probabilístico, porque dependerá de las características del proyecto.

Tabla 4

Cantidad de muestras que se realizara.

N° de muestras de adoquines de concreto								
Dosificación	Tolerancia dimensional y Absorción	Resistencia a la compresión			Resistencia a flexión			Cantidad de muestras por dosificación
	28 días	07 días	14 días	28 días	07 días	14 días	28 días	
0% BPC	05	05	05	05	05	05	05	35
5% BPC	05	05	05	05	05	05	05	35
10% BPC	05	05	05	05	05	05	05	35
15% BPC	05	05	05	05	05	05	05	35
Total								140 und.

Nota. Elaboración Propia

3.3.3. Muestreo

Sampieri et al. (2014) explica que el muestreo se categoriza en probabilística y no probabilística, también detalla que el muestreo no probabilístico es un subgrupo de la

población no depende de la probabilidad, sino de causas relacionada con las características de la investigación o propósito del investigador (p. 176). Para este proyecto se consideró como tipo de muestreo no probabilístico, teniendo en cuenta que la muestra está constituida por conveniencia del investigador de acuerdo a lo que se establece las normativas.

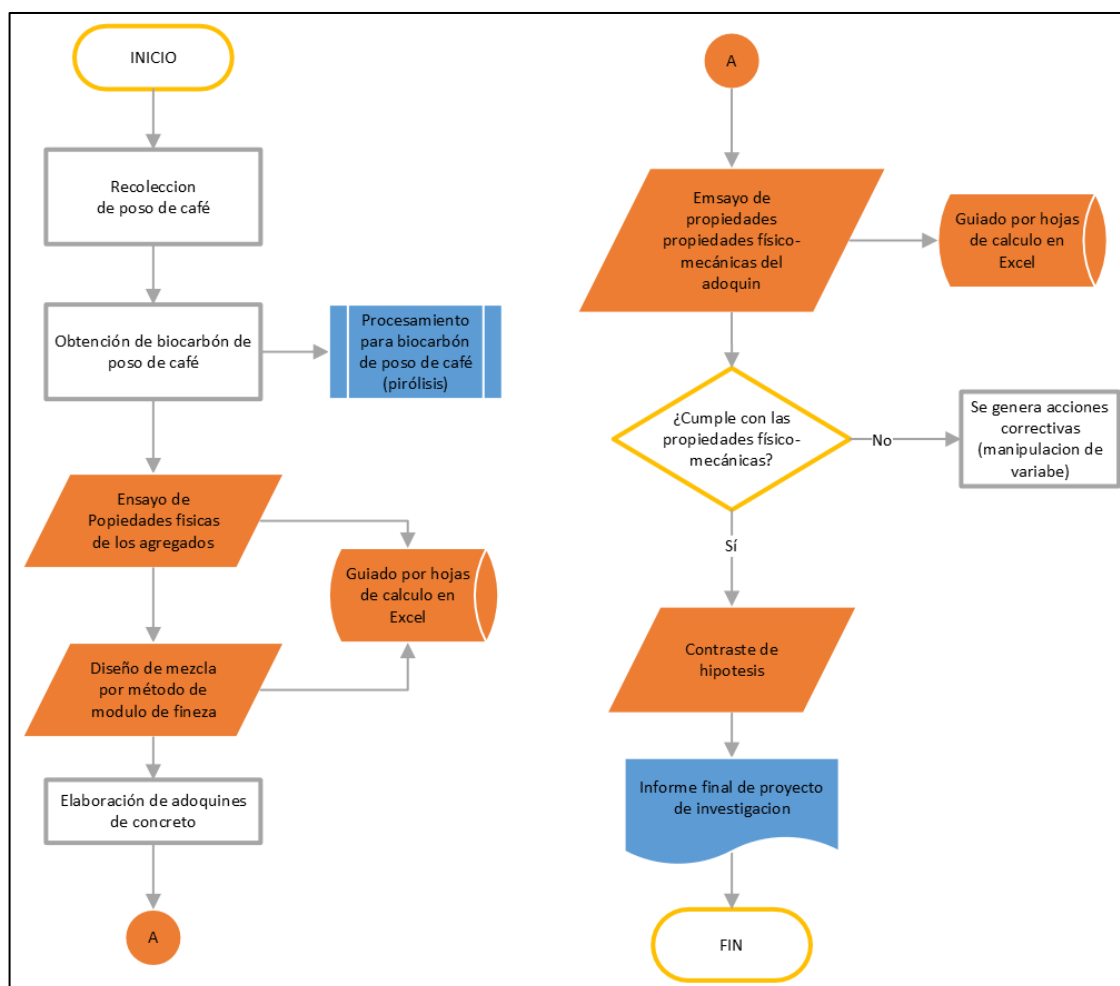
3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Procedimiento

Se implicará la siguiente secuencia del procesamiento de los datos:

Figura 6

Diagrama de flujo de procesamiento de los datos.



Nota. Elaboración Propia

3.4.2. Técnica

Sampieri et al. (2006) define a la técnica de observación directa como un registro sistemático, confiable y valido de los comportamientos o conductas que se puede

presentar en el estudio (p. 374). Por ello, esta investigación es de observación directa, porque de acuerdo a esta técnica se realizará la recopilación de información.

3.4.3. Instrumento de recolección de datos

Sampieri et al. (2014) la recolección de datos implica de la creación de una ficha o plan detallado de procedimientos que guíen a un proceso de reunir información para cumplir con los objetivos (p. 198). De acuerdo a lo mencionado, el proyecto consistirá en recopilar los datos que serán evaluados en el laboratorio por medio de una ficha para la recolección de datos.

3.4.3.1. Validez

Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) menciona que la validez mide el grado del instrumento, si este mide con exactitud la variable y si se refleja el concepto abstracto a través de sus indicadores empíricos, para ello se considera la validez por expertos, la cual se refiere a la evaluación del grado del instrumento de acuerdo a voces calificadas (p. 229-235).

Por lo tanto, el instrumento será adecuado a una evaluación de validez por expertos, donde indica el grado de validez y si el instrumento diseñado es apto para medir y analizar el contenido de la prueba, y se tomó en cuenta el rango de validez que presenta la tabla 5.

Tabla 5
Rangos de validez.

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Nota. Herrera (1998)

El resultado de análisis de validez de instrumento por cada ficha de instrumento fue de 0.80 que, al compararse con la tabla, se interpreta como excelente validez.

Tabla 6
Coeficiente de validez por expertos

Nº	Grado académico	Experto	CIP	VALIDEZ		
				I.V1	I.V1	I.V2
1	ING.	Ing. Cesar Augusto Lázaro Cabrera	135550	0.80	0.78	0.93
2	MG.	Ing. Alfredo Miguel Otañe Rodríguez	86001	0.76	0.76	0.80
3	MG.	Ing. Dennys Ortiz Llanto	130648	0.82	0.80	0.80
VALIDEZ				0.79	0.78	0.84

Nota. Elaboración Propia

3.5. Análisis estadísticos

Ñaupas et al. (2019) menciona que para el enfoque cuantitativo se utiliza la recolección y análisis de datos para poder contestar las preguntas del proyecto de investigación y así probar la hipótesis formulada, por ello se determina por medio de la estadística descriptiva con tratamiento estadísticos y prueba de hipótesis (p. 140).

En coherencia con ello, la presente investigación utilizará estadística descriptiva para resumir y caracterizar los resultados obtenidos en los ensayos físico-mecánicos de los adoquines elaborados con diferentes proporciones de biocarbón de poso de café.

Asimismo, se empleará el software SPSS para procesar los datos experimentales y realizar el contraste de hipótesis, con el propósito de verificar si la incorporación del biocarbón genera diferencias significativas en las propiedades evaluadas (resistencia a la compresión, absorción y flexión), en comparación con los adoquines convencionales. Este tratamiento estadístico permitirá sustentar la validez de los resultados y la confiabilidad del efecto del biocarbón en las mezclas.

3.6. Consideraciones éticas

La presente investigación cumple con los principios éticos establecidos para trabajos experimentales en ingeniería, garantizando la transparencia, responsabilidad y rigurosidad científica en todas sus etapas. No se incluyen participantes humanos ni animales, por lo que no se vulneran derechos ni se requiere consentimiento informado.

Se respetarán los derechos de autor mediante la correcta citación de todas las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas del estilo APA, asegurando la integridad académica y evitando cualquier forma de plagio. Asimismo, se manejarán los datos experimentales con veracidad, evitando la manipulación, alteración o falsificación de resultados.

El desarrollo del estudio se realizará respetando los lineamientos normativos nacionales e internacionales aplicables, siguiendo procedimientos de ensayo estandarizados. Finalmente, esta investigación se acoge a lo establecido en la R.C.O. N° 142-2023-CO/UNISCJSA – Código de Ética de Investigación de la UNISCJSA, garantizando conducta responsable, respeto institucional y cumplimiento ético durante el proceso investigativo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En este capítulo se presentan los análisis y resultados obtenidos a partir de la caracterización del biocarbón elaborado a partir del poso de café recolectado en diversas cafeterías del distrito de Villa Rica, zona destacada por su alta producción y consumo de café. Este residuo orgánico fue sometido a un proceso de pirólisis para obtener un biocarbón, cuyo comportamiento físico y estructura porosa constituyen factores determinantes para su incorporación en el diseño de mezcla.

4.1.1. Estudios previos

4.1.1.1. Estudio en campo

El estudio en campo se realizó en el distrito de Villa Rica, donde se identificaron y visitaron distintos establecimientos de cafetería para la recolección del poso de café generado diariamente. La recolección se efectuó dos veces por semana, asegurando un suministro constante de material. Posteriormente, el poso recolectado fue sometido a un proceso de secado para reducir su humedad y garantizar que la materia prima se encuentre en condiciones óptimas para su transformación en biocarbón.

Figura 7

Selección del poso de café.



Nota. Elaboración Propia

Obtención del biocarbón de poso de café

El poso de café recolectado en diversas cafeterías fue distribuido en bandejas de aluminio y sellado cuidadosamente con papel aluminio para reducir al mínimo el ingreso de oxígeno. Luego, se realizaron pequeñas perforaciones de manera aleatoria en la superficie del sellado, con el fin de permitir la liberación controlada de los gases generados durante el calentamiento. Este procedimiento facilita la descomposición térmica del residuo y posibilita su pirólisis.

La transformación a biocarbón se llevó a cabo exponiendo el material sellado a temperaturas variadas entre 350 °C - 500 °C, utilizando un sistema de incineración en ambiente cerrado. El biocarbón fue triturado y tamizado, dejándolo apto para ser incorporado en los diseños de mezcla como reemplazo parcial del cemento en la elaboración de adoquines de concreto.

Figura 8

Proceso de producción del biocarbón de poso de café.



Nota. Elaboración Propia

4.1.1.2. Estudios de laboratorio

Los estudios son los siguientes:

Tabla 7
Ensayos de laboratorio

Ensayos de laboratorio	Normas		
	ASTM	NTP	OTRO
Agregados y materiales			
Análisis granulométrico del agregado fino y grueso	D-1422	400.012	
Contenido de humedad de los agregados	C566	339.185	
Peso unitario suelto y compactado de los agregados	C29	400.017	
Peso específico y absorción del agregado fino	C128	400.022	
Peso específico y absorción del agregado grueso	C127	400.021	
Diseño de mezcla			ACI 211.1
Análisis de composición química del biocarbón	C618	334.005	
Adoquín de concreto			
Tolerancia dimensional	C936	399.611	
Absorción	C936	399.611	
Resistencia a la compresión	C936	399.611	
Resistencia a la flexión		399.124	NTC 41087 h1

Nota. Elaboración Propia

4.1.2. Análisis de datos

Los análisis se presentan de acuerdo al orden de los objetivos general y específicos. Por ello, se inició con la caracterización los agregados y el diseño de mezcla.

4.1.2.1. Caracterización de los agregados:

Los agregados procedentes de la cantera del rio Entaz y cantera del distrito de Villa Rica, se evaluó mediante los ensayos del análisis granulométrico, peso unitario suelto, peso unitario compactado seco, peso específico y absorción de los

agregados, peso específico y absorción cuyos resultados se presenta y detallan a continuación

Tabla 8

Características generales de los agregados

Características	Agregado Grueso	Agregado Fino
Módulo de Fineza	3.78	3.05
Tamaño Máximo Nominal	3/8"	-
Contenido de humedad (%)	0.53	1.11
Peso unitario suelto (PUSS)	1,360	1,112
Peso unitario compactado (PUCS)	1,557	1,303
Peso específico	2.76	2.62
Absorción (%)	1.01	1.13

Nota. Elaboración Propia

a) Análisis granulométrico de los agregados

Mediante el análisis granulométrico se obtiene el porcentaje retenido de las partículas en cada tamiz. Según la norma NTP 400.017, los agregados se clasificarán dentro de los límites aplicados en este ensayo.

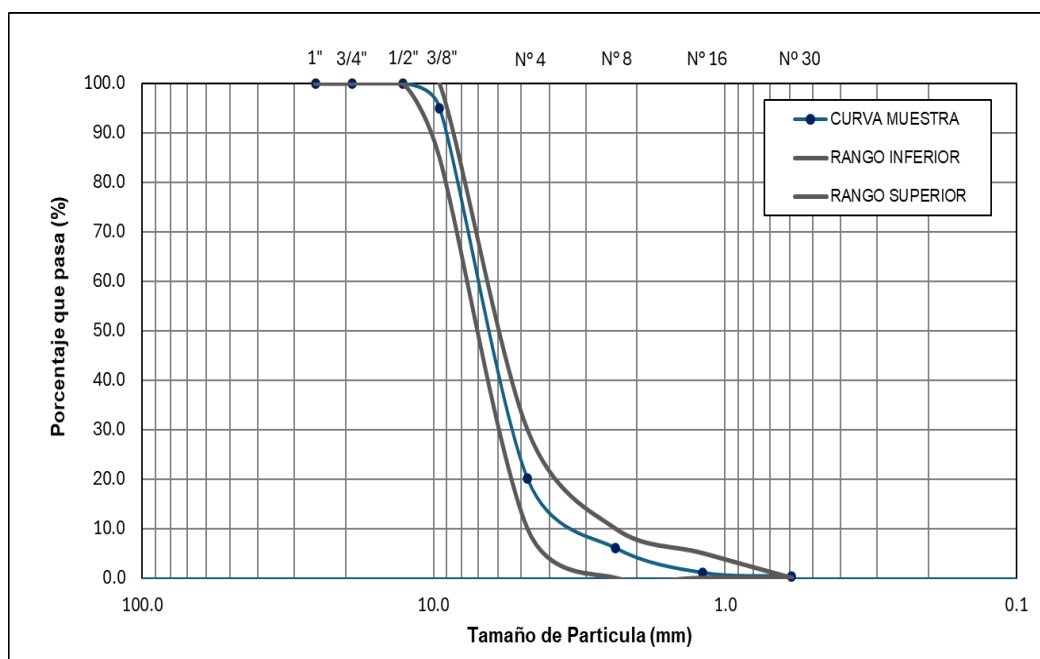
Tabla 9

Análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN NTP 400.037
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	25.2	5.0	5.0	95.0	85 - 100
1/4"	182.7	36.5	41.5	58.5	
Nº 4	192.4	38.4	79.9	20.1	10 - 30
Nº 8	70.3	14.0	94.0	6.0	0 - 10
Nº 10	16.5	3.3	97.2	2.8	
Nº 16	8.7	1.7	99.0	1.0	0 - 5
Nº 30	3.8	0.8	99.7	0.3	
FONDO	1.3	0.3	100.0	0.0	

Nota. Elaboración Propia

Curva granulométrica del agregado grueso.



Nota. Elaboración Propia

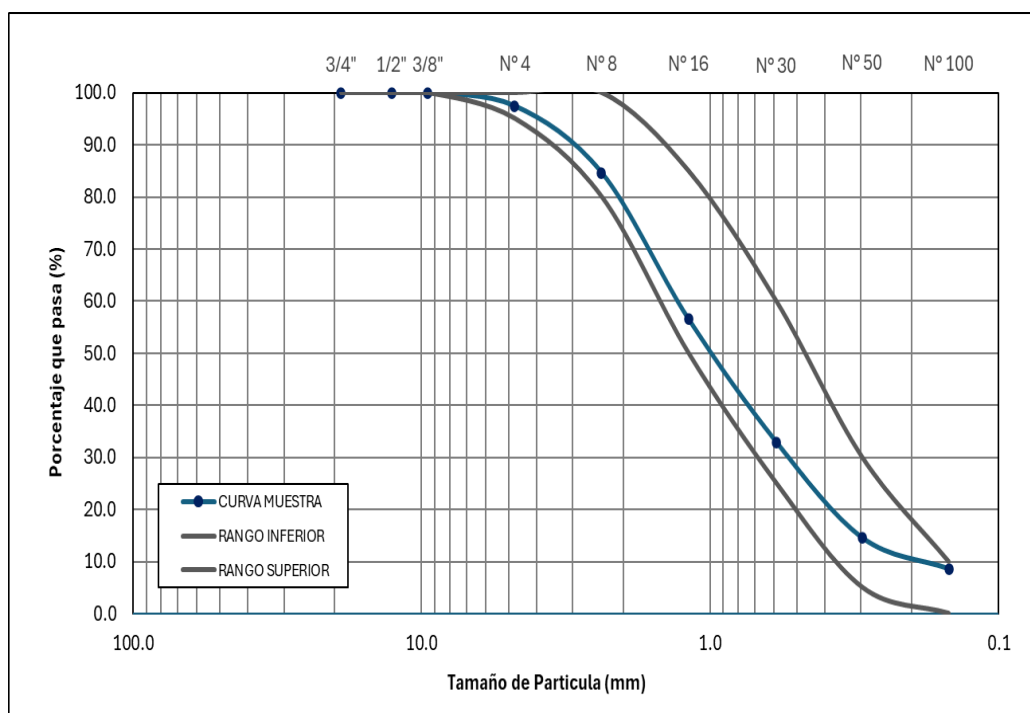
Según la Tabla 9, se determina con un TM de 1/4", TMN 3/8" y un módulo de fineza de 3.78, observando también en la Figura 9, la gradación cumple de acuerdo a los límites especificado por la NTP. 400.037, donde se utiliza el huso 8 de acuerdo al agregado utilizado, siendo el confitillo.

Tabla 10

Análisis granulométrico del agregado fino.

TAMIZ	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN NTP 400.037
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	12.8	2.6	2.6	97.4	95 - 100
Nº 8	64.2	12.8	15.4	84.6	80 - 100
Nº 10	38.3	7.6	23.0	77.0	
Nº 16	102.5	20.5	43.5	56.5	50 - 85
Nº 30	118.4	23.6	67.1	32.9	25 - 60
Nº 40	57.6	11.5	78.6	21.4	
Nº 50	34.5	6.9	85.5	14.5	5 - 30
Nº 100	29.8	5.9	91.4	8.6	0 - 10
Nº 200	4.7	0.9	92.4	7.6	
FONDO	38.2	7.6	100.0	0.0	

Nota. Elaboración Propia

Figura 10*Curva granulométrica del agregado fino.**Nota. Elaboración Propia*

Según la Tabla 10, se presencia un Módulo de fineza de 3.05, observando también en la Figura 10, la gradación cumple de acuerdo a los límites especificado por la NTP. 400.037.

b) Contenido de humedad del agregado.

Conforme a la NTP 339.185, se ensayó la muestra en estado natural y estado seco, sometida a secado en horno para alcanzar masa constante. La diferencia entre ambas muestras calculo el porcentaje de humedad presente. Este procedimiento es fundamental para las correcciones en el diseño de mezcla y garantizar la cantidad adecuada de agua efectiva en el concreto.

Tabla 11*Contenido de humedad de los agregados.*

CARACTERÍSTICAS		MUESTRA	
		Agregado grueso	Agregado fino
Contenido de agua	(kg)	7.40	14.20
Contenido de humedad	(%)	0.53	1.11

Nota. Elaboración Propia

c) Peso unitario suelto y compactado de los agregados

El ensayo se ha determinado según la NTP 400.017, que permite conocer su densidad aparente en estado suelto y compactado. Este parámetro es esencial en el diseño de mezcla del concreto.

Tabla 12

Peso unitario suelto y compactado seco del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO		MUESTRAS			Promedio
MATERIAL: CONFITILLO		1	2	3	
Peso unitario suelto húmedo	(Kg/m3)	1,360	1,385	1,355	1,367
Peso unitario suelto seco	(Kg/m3)				1,360
Peso unitario compactado húmedo	(Kg/m3)	1,566	1,562	1,569	1,566
Peso unitario compactado seco	(Kg/m3)				1,557

Nota. Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 12, nos indica que el peso unitario suelto seco (PUSS) es de 1,360 Kg/m3 y el peso unitario compactado seco (PUCS) de 1,557 Kg/m3.

Tabla 13

Peso unitario suelto y compactado seco del agregado fino.

AGREGADO FINO		MUESTRAS			Promedio
MATERIAL: ARENA GRUESA		1	2	3	
Peso unitario suelto húmedo	(Kg/m3)	1,144	1,121	1,109	1,125
Peso unitario suelto seco	(Kg/m3)				1,112
Peso unitario compactado húmedo	(Kg/m3)	1,317	1,310	1,325	1,317
Peso unitario compactado seco	(Kg/m3)				1,303

Nota. Elaboración Propia

En la Tabla 13, señala para el agregado fino, el peso unitario suelto seco (PUSS) es de 1,360 Kg/m3 y el peso unitario compactado seco (PUCS) de 1,557 Kg/m3.

d) Peso específico y absorción del agregado grueso

Se determino siguiendo la NTP 400.021. El ensayo consistió en saturar el material, secarlo superficialmente y obtener su masa en estado saturado, seco y

sumergido, calculando su densidad real y su capacidad de absorción, parámetros esenciales para ajustar la dosificación del concreto.

Tabla 14

Peso específico y absorción del agregado grueso.

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Peso de material seco (110 ± 5 °C)	2970.00
Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca (g)	3000.00
Peso de la muestra sat. dentro del agua + peso de la canastilla	2874.00
Peso de la canastilla (g)	981.00
Peso de la muestra sat. dentro del agua (g)	1893.00
Peso específico de la masa (g/cm ³)	2.68
Peso específico de la masa saturada superficialmente seco (g/cm ³)	2.71
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.76
Absorción (%)	1.01

Nota. Elaboración Propia

e) Peso específico y absorción del agregado fino

Conforme a la NTP 400.022, el procedimiento incluyo saturar la arena, secarla superficialmente y medir su masa en estado seco, saturado y sumergido. Estos datos permiten determinar su densidad y su capacidad de absorción, necesarios para una dosificación precisa del concreto.

Tabla 15

Peso específico y absorción del agregado fino.

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	984.40
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón	678.90
Peso del agua (g)	305.50
Peso de la arena secada al horno + peso del balón	673.30
Peso del balón (g)	178.90
Peso de la arena secada al horno (g)	494.40
Volumen del balón (cm ³)	500.00
Peso específico de la masa (g/cm ³)	2.54
Peso específico de la masa saturada superficialmente seco (g/cm ³)	2.57
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.62
Absorción (%)	1.13

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.2. Diseño de mezcla:

Esta investigación se desarrolló según los lineamientos de la norma ACI 211.1, considerando que los adoquines de concreto son elementos prefabricados que requieren una dosificación específica para garantizar su desempeño. Se estableció una resistencia de diseño de 420 kg/cm², incorporando biocarbón de poso de café (BPC) como sustituto parcial del cemento en proporciones de 0%, 5%, 10% y 15%. A partir de estos parámetros, se determinaron las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto, permitiendo elaborar las mezclas experimentales que posteriormente fueron evaluadas en laboratorio.

a) Valores de diseño

Tabla 16

Valores de diseño de mezcla para el adoquín de concreto de 420kg/cm².

VALORES DE DISEÑO	UNIDAD	DATOS
f'c (resistencia de diseño)	(kg/cm ²)	420
f'cr (resistencia promedio)	(kg/cm ²)	518
Asentamiento Slump	Pulg.	1"
Volumen del agua	(lt/m ³)	207.00
Aire Incorporado	(%)	3.00
Relación A/C		0.41
Factor Cemento	(bol/m ³)	11.88
Peso Del Agregado Grueso	(kg/cm ³)	598.29

Nota. Elaboración Propia

Según la Tabla 16, se ajustó ciertas propiedades de la mezcla de acuerdo a las tablas de diseño ACI 211.1 para su adecuado comportamiento. En este estudio, la mezcla fue diseñada con un asentamiento (slump) de 1", propio de concretos con consistencia muy seca para los prefabricados, permitiendo una mejor compactación y estabilidad dimensional del adoquín durante el proceso de moldeo.

En síntesis, la mezcla está diseñada para su alta resistencia y durabilidad como especifica la NTP 399.611; controlar la trabajabilidad y la demanda de agua será clave al incorporar biocarbón para no comprometer la resistencia final.

b) Valor absoluto de los agregados

Para cuantificar las proporciones exactas de los materiales que conforman la mezcla de concreto, se calcularon los valores absolutos de cada material por metro cúbico.

Tabla 17
Proporciones de los materiales por m3.

PROPORCIONES DE LOS MATERIALES POR M3	
Cemento	504.88 kg.
Agua	207.00 l.
Agregado Fino	1009.65 kg.
Agregado Grueso	598.29 kg.
Total de Materiales	2,319.82 kg.

Nota. Elaboración Propia

Según la tabla 16, los valores obtenidos definieron con precisión la dosificación para la elaboración de los adoquines, asegurando la uniformidad y calidad del material.

c) Corrección por humedad

En este proceso, se obtuvo la masa corregida de los agregados por la humedad superficial y, posteriormente, se calculó el agua efectiva, es decir, el agua que realmente aporta a la mezcla.

A continuación, se presentan los valores obtenidos:

Agregado fino:

$$A_{ef} = 1009.65 \times \left(\frac{1.13 - 1.11}{100} \right) = 0.19l$$

- Masa corregida por humedad: **1020.90 kg**
- Agua efectiva: **0.19 L**

Agregado grueso:

$$A_{ef} = 598.29 \times \left(\frac{1.01 - 0.53}{100} \right) = 2.88l$$

- Masa corregida por humedad: 601.45 kg
- Agua efectiva: 2.88 L

Total de agua efectiva aportada por los agregados: 3.07 L

La corrección por humedad ajusta la masa real de los agregados, determinando el aporte adicional de agua, para asegurar que la mezcla conserve la relación A/C definida en el diseño de la muestra patrón, dando como diseño final lo siguiente:

Tabla 18

Diseño de mezcla final por corrección de humedad.

MATERIALES	DISEÑO FINAL	DISEÑO POR MUESTRA
Cemento	504.88 kg.	0.61 kg.
Agua	210.07 l.	0.25 l.
Agregado Fino	1020.90 kg.	1.23 kg.
Agregado Grueso	601.45 kg.	0.72 kg.
Total	2337.30 kg.	2.80 kg.

Nota. Elaboración Propia

Según la Tabla 18, dado el diseño final se detalla las cantidades que representan la dosificación exacta utilizada para preparar cada unidad de prueba, permite garantizar que los ensayos de laboratorio reflejen de manera fiel el comportamiento del concreto en sus condiciones reales de fabricación.

d) Cantidad de materiales según proporción

Finalmente se detalla los materiales en función del peso de la muestra (0.0012 m^3), ajustando las proporciones establecidas en el diseño de mezcla. A partir de ello, se calculó la dosificación para cada porcentaje de incorporación de biocarbón de poso de café (0%, 5%, 10% y 15%), sustituyendo parcialmente el peso del cemento.

Tabla 19

Diseño de mezcla final según la dosificación y tamaño de muestra.

MATERIALES	PATRON	BPC 5%	BPC 10%	BPC 15%
Cemento (kg)	0.61	0.58	0.52	0.44
Biocarbón de Poso de Café (kg)	0.00	0.03	0.06	0.08
Agua (l)	0.25	0.25	0.25	0.25
Agregado fino (kg)	1.23	1.23	1.23	1.23
Agregado grueso (kg)	0.72	0.72	0.72	0.72

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.3. Composición química del biocarbón de poso de café (BPC)

La composición química del biocarbón de poso de café se determinó mediante el método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDX). Este procedimiento permitió evaluar la presencia de compuestos relevantes que influyen en el comportamiento del material al ser incorporado en el concreto.

Tabla 20

Composición química elemental del biocarbón de poso de café (BPC).

COMPOSICION ELEMENTAL	RESULTADO
Potasio (K)	68.353%
Calcio (Ca)	14.577%
Magnesio (Mg)	8.687%
Fosforo (P)	3.777%
Azufre (S)	2.332%
Hierro (Fe)	1.284%
Manganeso (Mn)	0.597%
Cobre (Cu)	0.392%

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.4. Medición de la tolerancia dimensional en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Se realizó la medición de las dimensiones de los adoquines obtenidos en cada muestra con el propósito de verificar las tolerancias establecidas por la NTP 399.611. Esto determinó si la incorporación del BPC genera variaciones en la geometría final del prefabricado a los 28 días.

Tabla 21

Tolerancia dimensional del adoquín convencional.

MUESTRA	LARGO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ANCHO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ESPESOR	TOL. (mm)	TOL. (%)
M-01	199.6	0.4	0.2	100.7	-0.7	0.7	58.9	1.2	1.9
M-02	200.8	-0.8	0.4	99.1	0.9	0.9	59.0	1.0	1.6
M-03	201.0	-0.9	0.5	100.2	-0.2	0.2	59.4	0.6	1.0
M-04	199.0	1.1	0.5	100.8	-0.8	0.8	60.6	-0.5	0.9
M-05	199.5	0.6	0.3	99.5	0.5	0.5	60.9	-0.9	1.5
PROMEDIO	199.9	0.1	0.4	100.1	- 0.1	0.6	59.8	0.2	1.4

Nota. Elaboración Propia

Tabla 22*Tolerancia dimensional del adoquín con 5% de BPC.*

MUESTRA	LARGO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ANCHO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ESPESOR	TOL. (mm)	TOL. (%)
M-01	199.5	0.6	0.3	99.7	0.3	0.3	59.4	0.6	1.0
M-02	200.7	-0.7	0.3	100.1	-0.1	0.1	58.9	1.1	1.8
M-03	201.2	-1.2	0.6	100.3	-0.3	0.3	60.8	-0.8	1.3
M-04	200.4	-0.4	0.2	99.5	0.6	0.6	59.2	0.8	1.4
M-05	199.2	0.9	0.4	100.8	-0.8	0.8	61.0	-1.0	1.6
PROMEDIO	200.2	-0.2	0.4	100.0	0.0	0.4	59.8	0.2	1.4

Nota. Elaboración Propia**Tabla 23***Tolerancia dimensional del adoquín con 10% de BPC.*

MUESTRA	LARGO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ANCHO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ESPESOR	TOL. (mm)	TOL. (%)
M-01	200.5	-0.4	0.2	99.4	0.6	0.6	60.8	-0.8	1.3
M-02	200.8	-0.8	0.4	100.5	-0.5	0.5	59.1	0.9	1.5
M-03	199.4	0.6	0.3	99.5	0.5	0.5	59.5	0.5	0.8
M-04	199.0	1.0	0.5	99.1	1.0	1.0	60.3	-0.3	0.4
M-05	200.1	-0.1	0.0	100.8	-0.8	0.8	61.0	-1.0	1.6
PROMEDIO	199.9	0.1	0.3	99.8	0.2	0.7	60.1	-0.1	1.1

Nota. Elaboración Propia**Tabla 24***Tolerancia dimensional del adoquín con 15% de BPC.*

MUESTRA	LARGO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ANCHO	TOL. (mm)	TOL. (%)	ESPESOR	TOL. (mm)	TOL. (%)
M-01	199.2	0.8	0.4	99.1	0.9	0.9	59.2	0.8	1.4
M-02	200.3	-0.3	0.1	99.5	0.5	0.5	59.1	1.0	1.6
M-03	199.6	0.4	0.2	100.6	-0.6	0.6	60.4	-0.4	0.7
M-04	198.6	1.4	0.7	99.2	0.8	0.8	60.7	-0.7	1.2
M-05	200.7	-0.7	0.3	100.9	-0.9	0.9	59.7	0.3	0.5
PROMEDIO	199.7	0.4	0.4	99.8	0.2	0.8	59.8	0.2	1.1

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.5. Determinación de la absorción del adoquín en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Se determino el porcentaje de absorción de agua para cada diseño de dosificación. Esto permitió conocer el grado de porosidad del material y su comportamiento frente a la absorción, identificando los cambios que genera el BPC en el adoquín de concreto.

Tabla 25
Absorción del adoquín convencional.

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M-01	2501	2615	4.56
M-02	2516	2630	4.53
M-03	2480	2598	4.76
M-04	2510	2634	4.94
M-05	2495	2616	4.85
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			4.7

Nota. Elaboración Propia

Tabla 26
Absorción del adoquín con 5% de BPC.

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M-01	2435	2525	3.70
M-02	2441	2528	3.56
M-03	2447	2536	3.64
M-04	2440	2528	3.61
M-05	2438	2526	3.61
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			3.6

Nota. Elaboración Propia

Tabla 27
Absorción del adoquín con 10% de BPC.

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M-01	2283	2410	5.56

M-02	2310	2442	5.71
M-03	2294	2428	5.84
M-04	2305	2434	5.60
M-05	2290	2421	5.72
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			5.7

Nota. Elaboración Propia

Tabla 28

Absorción del adoquín con 15% de BPC.

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M-01	2236	2390	6.89
M-02	2241	2394	6.83
M-03	2230	2380	6.73
M-04	2246	2398	6.77
M-05	2229	2382	6.86
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)			6.8

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.6. Evaluación de la resistencia a compresión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Este análisis permitió cuantificar y comparar el desempeño mecánico entre el adoquín convencional y aquellos que incorporan BPC de acuerdo a la NTP 399.611, según edades de 7, 14 y 28 días. Por ello se muestra los datos obtenidos en el laboratorio de acuerdo a las diferentes dosificaciones.

Tabla 29

Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm²)	f'_c (kg/cm²)
M-01	Adoquín Convencional	7	62010	200.10	309.90
M-02	Adoquín Convencional	7	61670	198.80	310.21
M-03	Adoquín Convencional	7	60950	198.00	307.83
M-04	Adoquín Convencional	7	61400	199.00	308.54
M-05	Adoquín Convencional	7	61880	200.10	309.25

PROMEDIO	309.14
-----------------	---------------

Nota. Elaboración Propia

Tabla 30

Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-06	Adoquín Convencional	14	71230	198.20	359.38
M-07	Adoquín Convencional	14	70860	198.60	356.80
M-08	Adoquín Convencional	14	70960	198.30	357.84
M-09	Adoquín Convencional	14	71750	200.40	358.04
M-10	Adoquín Convencional	14	72200	200.40	360.28
PROMEDIO					358.47

Nota. Elaboración Propia

Tabla 31

Resistencia a compresión del adoquín convencional a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-11	Adoquín Convencional	28	88300	199.70	442.16
M-12	Adoquín Convencional	28	89470	199.70	448.02
M-13	Adoquín Convencional	28	90100	199.80	450.95
M-14	Adoquín Convencional	28	90450	200.50	451.12
M-15	Adoquín Convencional	28	88800	199.60	444.89
PROMEDIO					447.43

Nota. Elaboración Propia

Tabla 32

Resistencia a compresión del adoquín con 5% de BPC a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-01	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	69960	197.80	353.69

M-02	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	70600	199.99	353.01
M-03	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	70410	200.40	351.35
M-04	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	71000	201.19	352.90
M-05	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	69860	198.30	352.29
PROMEDIO					352.65

Nota. Elaboración Propia

Tabla 33

Resistencia a compresión del adoquín con 5% de BPC a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-06	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	78560	198.20	396.38
M-07	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	79400	200.40	396.21
M-08	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	80350	201.60	398.56
M-09	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	79770	200.60	397.66
M-10	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	78800	198.40	397.19
PROMEDIO					397.20

Nota. Elaboración Propia

Tabla 34

Resistencia a compresión del adoquín con 5% BPC a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-11	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	99720	200.40	497.61
M-12	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	101890	202.71	502.64
M-13	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	99560	199.30	499.55
M-14	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	100600	200.60	501.49
M-15	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	100220	198.90	503.87
PROMEDIO					501.03

Nota. Elaboración Propia

Tabla 35

Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-01	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	58300	200.49	290.79
M-02	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	56670	198.20	285.92
M-03	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	58080	200.40	289.83
M-04	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	57550	199.20	288.91
M-05	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	58700	200.49	292.78
PROMEDIO					289.64

Nota. Elaboración Propia

Tabla 36

Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-06	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	66200	200.40	330.34
M-07	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	65700	199.09	329.99
M-08	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	64950	197.90	328.19
M-09	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	65350	200.40	326.10
M-10	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	65800	199.60	329.66
PROMEDIO					328.86

Nota. Elaboración Propia

Tabla 37

Resistencia a compresión del adoquín con 10% de BPC a los 28 días.

MUESTRA

	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-11	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	79600	200.30	397.41
M-12	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	81010	201.80	401.43
M-13	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	79700	199.19	400.11
M-14	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	79950	197.01	405.82
M-15	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	80550	201.90	398.95
PROMEDIO					400.75

Nota. Elaboración Propia

Tabla 38

Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-01	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	46890	198.40	236.34
M-02	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	48040	201.80	238.05
M-03	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	48170	199.10	241.94
M-04	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	47360	198.20	238.95
M-05	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	47670	201.00	237.17
PROMEDIO					238.49

Nota. Elaboración Propia

Tabla 39

Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-06	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	54420	200.39	271.57

M-07	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	53630	198.60	270.04
M-08	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	55080	202.00	272.67
M-09	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	54230	199.40	271.97
M-10	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	53400	198.89	268.49
				PROMEDIO	270.95

Nota. Elaboración Propia

Tabla 40

Resistencia a compresión del adoquín con 15% de BPC a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
M-11	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	70270	200.80	349.95
M-12	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	70850	201.60	351.43
M-13	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	69630	199.60	348.86
M-14	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	71020	200.40	354.39
M-15	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	69900	198.30	352.49
				PROMEDIO	351.43

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.7. Evaluación de la resistencia a flexión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Se evaluó el comportamiento del adoquín ante esfuerzos de doblamiento, obteniendo resultados que muestran cómo varía esta propiedad en función al porcentaje de BPC incorporado de acuerdo a la NTP 399.611, según edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 41

Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
---------	--------------------------	-------------	-------------------	--	----------

M-01	Adoquín convencional	7	500.00	38.80	3.81
M-02	Adoquín convencional	7	510.00	38.33	3.76
M-03	Adoquín convencional	7	500.00	37.28	3.66
M-04	Adoquín convencional	7	530.00	40.24	3.95
M-05	Adoquín convencional	7	520.00	38.17	3.74
PROMEDIO					3.78

Nota. Elaboración Propia

Tabla 42

Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-06	Adoquín convencional	14	640.00	47.92	4.70
M-07	Adoquín convencional	14	650.00	50.74	4.98
M-08	Adoquín convencional	14	640.00	48.13	4.72
M-09	Adoquín convencional	14	640.00	46.64	4.57
M-10	Adoquín convencional	14	630.00	48.08	4.72
PROMEDIO					4.74

Nota. Elaboración Propia

Tabla 43

Resistencia a la flexión del adoquín convencional a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-11	Adoquín convencional	28	770.00	59.41	5.83
M-12	Adoquín convencional	28	760.00	59.09	5.79
M-13	Adoquín convencional	28	760.00	56.56	5.55

M-14	Adoquín convencional	28	740.00	56.28	5.52
M-15	Adoquín convencional	28	750.00	57.94	5.68
PROMEDIO					5.67

Nota. Elaboración Propia

Tabla 44

Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-01	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	420.00	31.75	3.11
M-02	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	410.00	30.52	2.99
M-03	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	400.00	30.21	2.96
M-04	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	450.00	33.49	3.28
M-05	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	7	410.00	31.40	3.08
PROMEDIO					3.09

Nota. Elaboración Propia

Tabla 45

Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-06	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	550.00	41.20	4.04
M-07	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	530.00	40.07	3.93
M-08	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	540.00	40.79	4.00
M-09	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	540.00	40.55	3.98
M-10	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	14	560.00	41.97	4.12

PROMEDIO	4.01
-----------------	------

Nota. Elaboración Propia

Tabla 46

Resistencia a la flexión del adoquín con 5% de BPC a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-11	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	670.00	51.08	5.01
M-12	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	690.00	51.70	5.07
M-13	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	680.00	50.34	4.94
M-14	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	640.00	48.26	4.73
M-15	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	28	660.00	49.00	4.81
PROMEDIO					4.91

Nota. Elaboración Propia

Tabla 47

Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-01	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	360.00	27.10	2.66
M-02	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	380.00	27.88	2.73
M-03	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	350.00	27.17	2.66
M-04	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	350.00	26.55	2.60
M-05	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	7	360.00	27.33	2.68
PROMEDIO					2.67

Nota. Elaboración Propia

Tabla 48*Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 14 días.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-06	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	480.00	36.06	3.54
M-07	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	460.00	35.33	3.46
M-08	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	480.00	35.01	3.43
M-09	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	470.00	35.15	3.45
M-10	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	14	470.00	35.79	3.51
PROMEDIO					3.48

*Nota. Elaboración Propia***Tabla 49***Resistencia a la flexión del adoquín con 10% de BPC a los 28 días.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-11	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	520.00	39.98	3.92
M-12	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	550.00	43.04	4.22
M-13	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	540.00	41.58	4.08
M-14	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	530.00	39.29	3.85
M-15	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	28	540.00	41.14	4.04
PROMEDIO					4.02

Nota. Elaboración Propia

Tabla 50*Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 7 días.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-01	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	260.00	19.08	1.87
M-02	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	250.00	19.12	1.87
M-03	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	240.00	18.65	1.83
M-04	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	240.00	17.60	1.73
M-05	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	7	260.00	19.07	1.87
PROMEDIO					1.83

Nota. Elaboración Propia**Tabla 51***Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 14 días.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-06	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	300.00	22.70	2.23
M-07	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	320.00	24.38	2.39
M-08	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	300.00	23.10	2.27
M-09	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	310.00	23.06	2.26
M-10	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	14	320.00	24.17	2.37
PROMEDIO					2.30

Nota. Elaboración Propia

Tabla 52*Resistencia a la flexión del adoquín con 15% de BPC a los 28 días.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm ²)	MR (MPa)
M-11	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	420.00	31.33	3.07
M-12	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	410.00	30.86	3.03
M-13	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	410.00	29.96	2.94
M-14	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	420.00	30.55	3.00
M-15	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	28	430.00	31.39	3.08
PROMEDIO					3.02

*Nota. Elaboración Propia***4.1.3. Resultados**

Para efectos del estudio, los grupos de muestras se denominaron de la siguiente manera: M-P (muestra patrón), M-BPC 5% (adoquín con incorporación de 5% de biocarbón de poso de café), M-BPC 10% y M-BPC 15%.

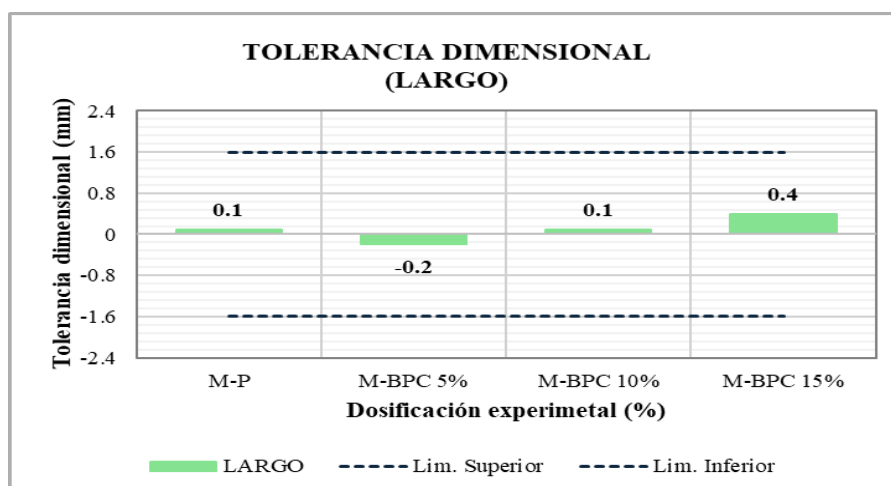
4.1.3.1. Medición de la tolerancia dimensional en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café
Tabla 53*Resultado de la tolerancia dimensional en adoquines de concreto.*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	LARGO		ANCHO		ESPESOR	
		TOL. (mm)	TOL. (%)	TOL. (mm)	TOL. (%)	TOL. (mm)	TOL. (%)
M-P	Adoquín Convencional	0.1	0.4	- 0.1	0.6	0.2	1.4
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	-0.2	0.4	0.0	0.4	0.2	1.4
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	0.1	0.3	0.2	0.7	-0.1	1.1
M- BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	0.4	0.4	0.2	0.8	0.2	1.1

Nota. Elaboración Propia

Figura 11

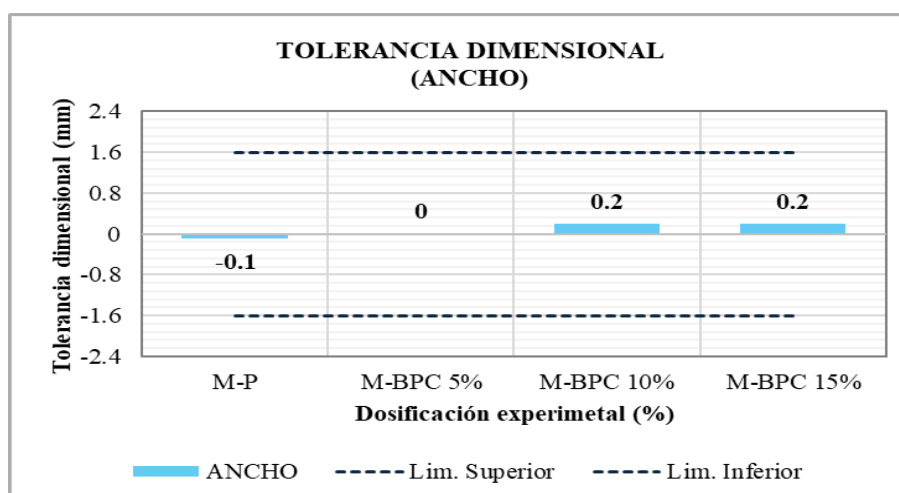
Variación de la tolerancia dimensional promedio en el largo del adoquín.



Nota. Elaboración Propia

Figura 12

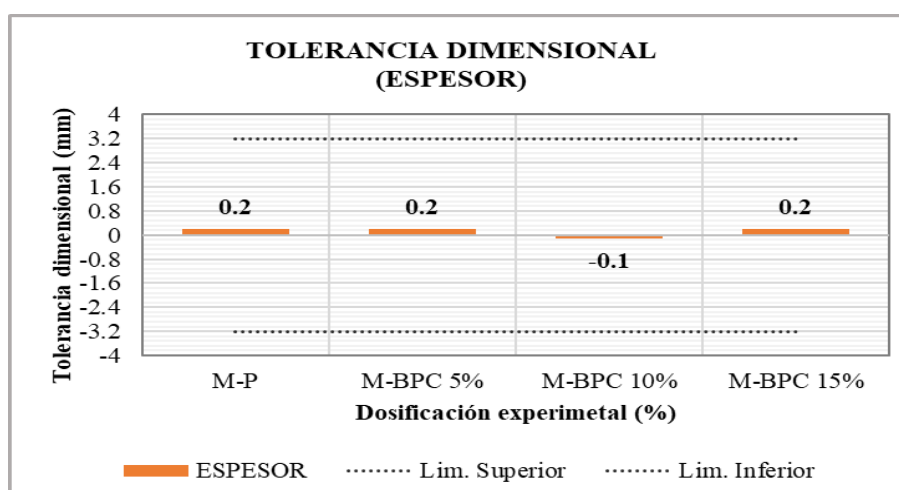
Variación de la tolerancia dimensional promedio en el ancho del adoquín.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 13

Variación de la tolerancia dimensional promedio en el ancho del adoquín.



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación:

Las muestras indican variaciones mínimas en las dimensiones nominales, manteniéndose dentro de rangos aceptables para el adoquín de concreto. En cuanto al largo, como la Figura 11, donde la variación fluctúa entre 0.1, -0.2, 0.3 y 0.4 (0.4, 0.4, 0.3 y 0.4 %), resultando estabilidad dimensional pese a la incorporación del biocarbón. Para la Figura 12, la dimensión ancha presenta desviación y se mantiene entre -0.1, 0, 0.2 y 0.2 mm (0.6, 0.4, 0.7 y 0.8 %), sin tendencia asociada a la dosificación. En el espesor, la Figura 13 indica que se oscilan entre 0.2, 0.2, -0.1 y 0.2 mm (1.4, 1.4, 1.1 y 1.1 %), presentando una limitación mayor a las demás dimensiones, considerándose aceptable para el adoquín de concreto.

4.1.3.2. Determinación de la absorción del adoquín en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Tabla 54

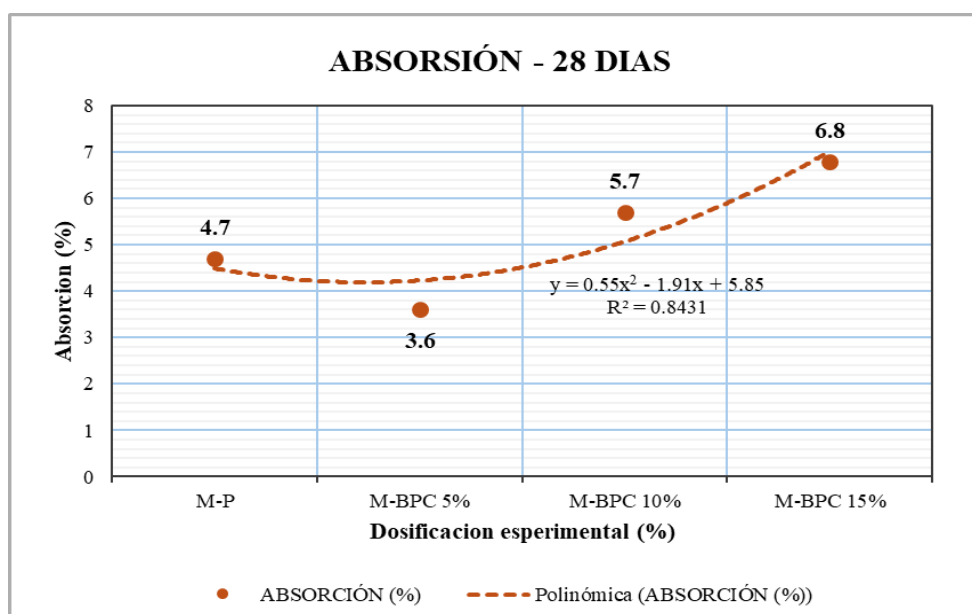
Resultado de absorción en adoquines de concreto.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	ABSORCIÓN (%)
M-P	Adoquín Convencional	4.7
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	3.6
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	5.7
M-BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	6.8

Nota. Elaboración Propia.

Figura 14

Comparación del comportamiento de la absorción en adoquines de concreto.



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación:

En la Figura 14 se muestran los valores promedio de absorción obtenidos para cada grupo de adoquines elaborados con diferentes porcentajes de biocarbón de poso de café, nombrado por M-P, M-BCP 5%, M-BCP 10% y M-BCP 15%, presentan valores entre 4.7 %, 3.6 %, 5-7% y 6.8% respectivamente. Dando por resultado, que las dosificaciones M-P y M-BCP 5% se ubican dentro de rangos óptimos de absorción, lo que indica baja porosidad y adecuada consolidación del material. La muestra M-BCP 10%, con 5.7 %, mantiene aún un comportamiento aceptable, aunque evidencia un incremento asociado a la incorporación de biocarbón. La muestra M- BPC 15% alcanza 6.8 %, siendo el valor más alto del conjunto y supera el límite establecido por la NTP 399.611, lo que indica que el aumento de biocarbón tiende a incrementar la absorción debido a la naturaleza más porosa del material.

En conjunto, los resultados indican que la adición de biocarbón influye en la absorción del adoquín, incrementando este parámetro conforme la dosificación M-BPC 5% y M-BPC 10% aumenta, pero manteniéndose dentro de los límites establecido por la NTP 399.611 para pavimentos de tránsito ligero, a excepción de M-BPC 15%.

4.1.3.3. Evaluación de la resistencia a la compresión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Tabla 55

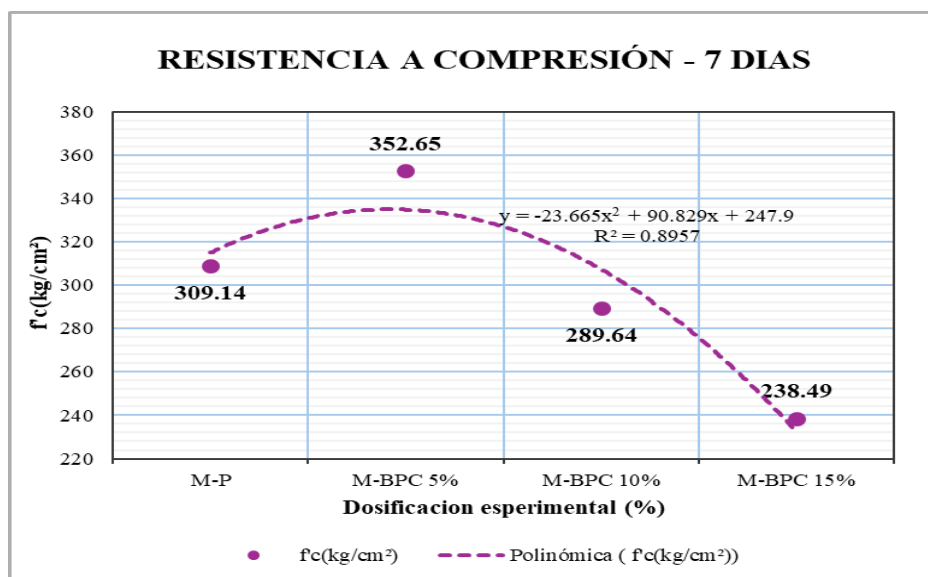
Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 7 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c (7 días)	Variación
		(kg/cm ²)	(%)
M-P	Adoquín Convencional	309.14	0.00%
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	352.65	14.07%
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	289.64	-6.31%
M-BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	238.49	-22.85%

Nota. Elaboración Propia.

Figura 15

Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 7 días.



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación:

En la Figura 15, se evidencian que la incorporación de biocarbón de poso de café (BPC) influye significativamente en el comportamiento mecánico del concreto. La muestra patrón presenta una resistencia de 309.14 kg/cm², mientras que la dosificación de M-BPC 5% alcanza el valor más alto con 352.65 kg/cm².

Sin embargo, para las muestras de M-BPC 10% y M-BPC 15%, la resistencia disminuye a 289.64 kg/cm² y 238.49 kg/cm², respectivamente, siendo incluso inferiores a la muestra patrón, indicando que el exceso de biocarbón genera un aumento en la porosidad y una menor cohesión para el diseño de mezcla, reduciendo su resistencia.

Tabla 56

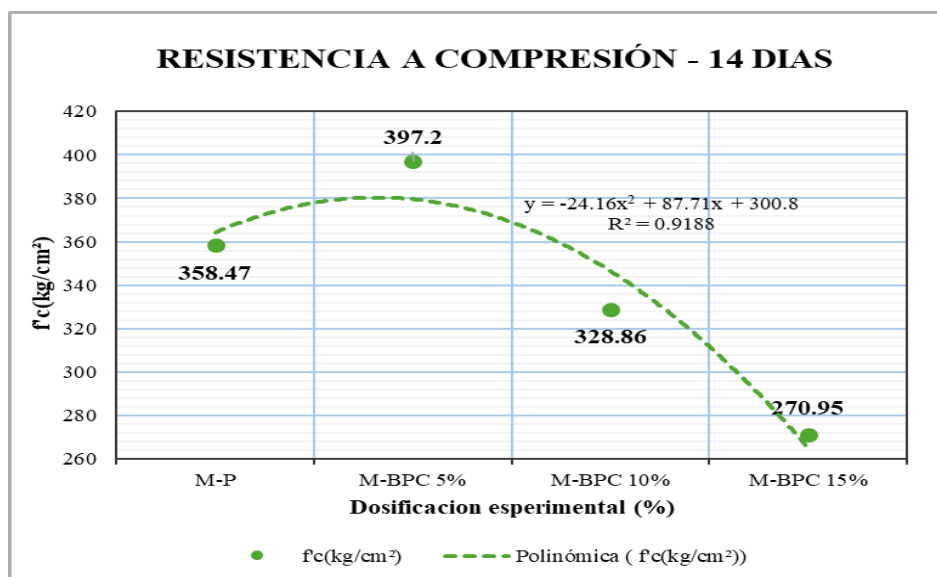
Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 14 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c (14 días) (kg/cm²)	Variación (%)
M-P	Adoquín Convencional	358.47	0.00%
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	397.2	10.80%
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	328.86	-8.26%
M-BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	270.95	-24.41%

Nota. Elaboración Propia.

Figura 16

Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 14 días.



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación:

La Figura 16 muestran una tendencia a los 14 días, evidenciando a la muestra patrón con una resistencia de 358.47 kg/cm², mientras que la dosificación de M-BPC 5% alcanza el valor máximo de 397.20 kg/cm², lo que representa una mejora significativa en la resistencia intermedia.

Sin embargo, la dosificación a M-BPC 10% y M-BPC 15%, la resistencia disminuye a 328.86 kg/cm² y 270.95 kg/cm². Este incremento se atribuye al efecto de relleno del biocarbón de poso de café en bajas proporciones, el cual contribuye a una mayor densificación de la mezcla y favorece el desarrollo de la hidratación del concreto.

Tabla 57

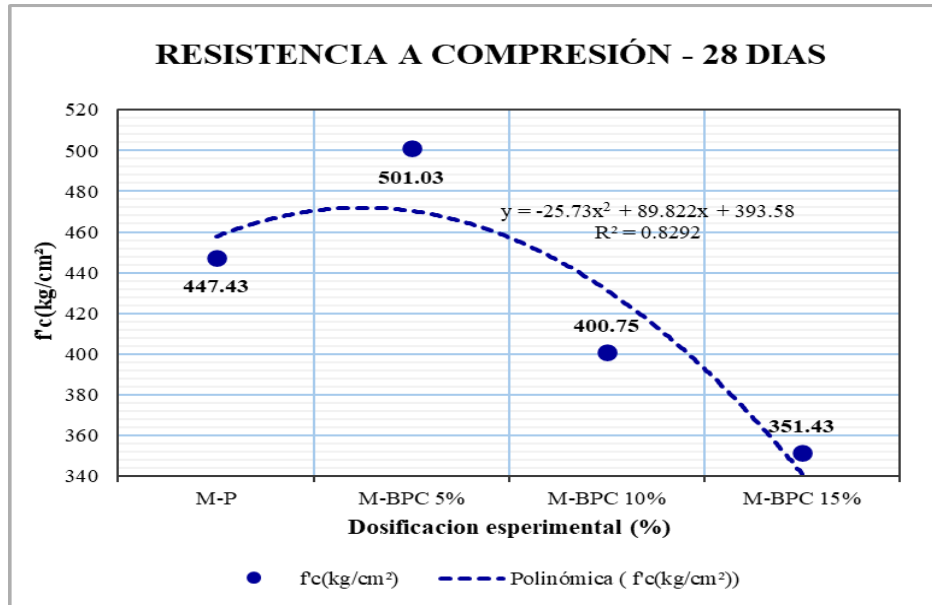
Resultados de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto a los 28 días.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c (28 días)	Variación
		(kg/cm²)	(%)
M-P	Adoquín Convencional	447.43	0.00%
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	501.03	11.98%
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	400.75	-10.43%
M-BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	351.43	-21.46%

Nota. Elaboración Propia.

Figura 17

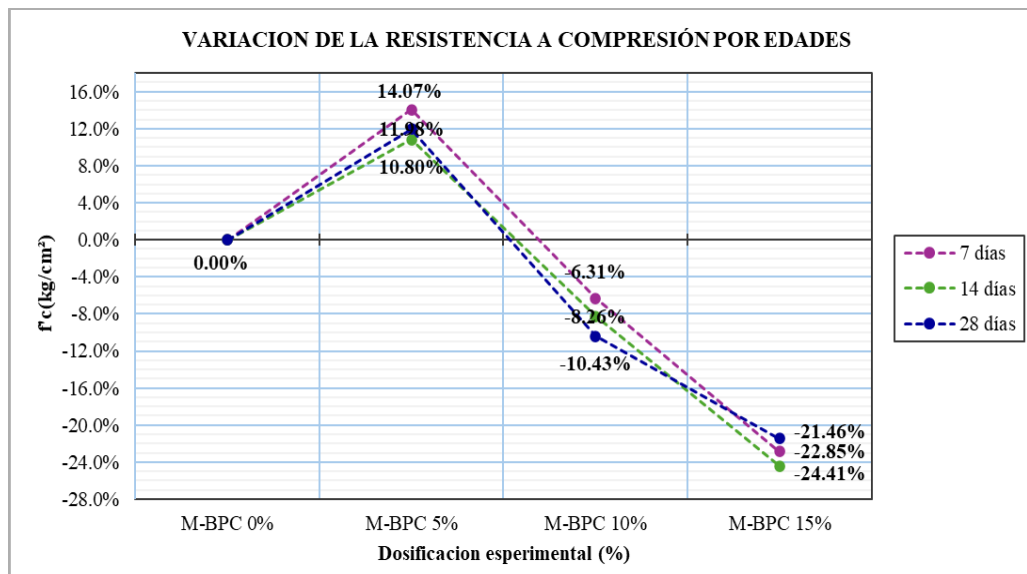
Comparación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto a los 28 días.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 18

Variación del comportamiento de resistencia a compresión de los adoquines de concreto por edades.



Nota. Elaboración Propia.

Interpretación:

La Figura 17 muestra que la dosificación de M-BPC 5% incrementa la resistencia a compresión hasta 501.03 kg/cm² frente a 447.43 kg/cm² de la muestra patrón (M-P). En contraste, las dosificaciones de M-BPC 10% y M-BPC 15% reducen la resistencia a 400.75 kg/cm² y 351.43 kg/cm², debido al aumento de la porosidad, evidenciando que el 5% del biocarbón es la proporción óptima.

Finalmente, la Figura 18 muestra una variación positiva en la resistencia para la dosificación del 5% de biocarbón de poso de café, evidenciando un incremento del 11.98% en la capacidad mecánica del adoquín de concreto y cumpliendo con los requisitos establecidos por la NTP 399.611, lo que la posiciona como la dosificación óptima. En contraste, al incrementar la dosificación a 10% y 15% de biocarbón de poso de café, se observa una variación de reducción en la resistencia, debido a que el carácter poroso del biocarbón predomina en la mezcla, generando un aumento de vacíos y, en consecuencia, una disminución en la capacidad resistente del concreto.

Estos resultados demuestran que el biocarbón de poso de café puede ser considerado un material sostenible y viable como sustituto parcial del cemento, siempre que se emplee en proporciones controladas, siendo el M-BPC 5% la dosificación que optimiza el comportamiento mecánico del adoquín.

4.1.3.4. Evaluación de la resistencia a flexión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Tabla 58

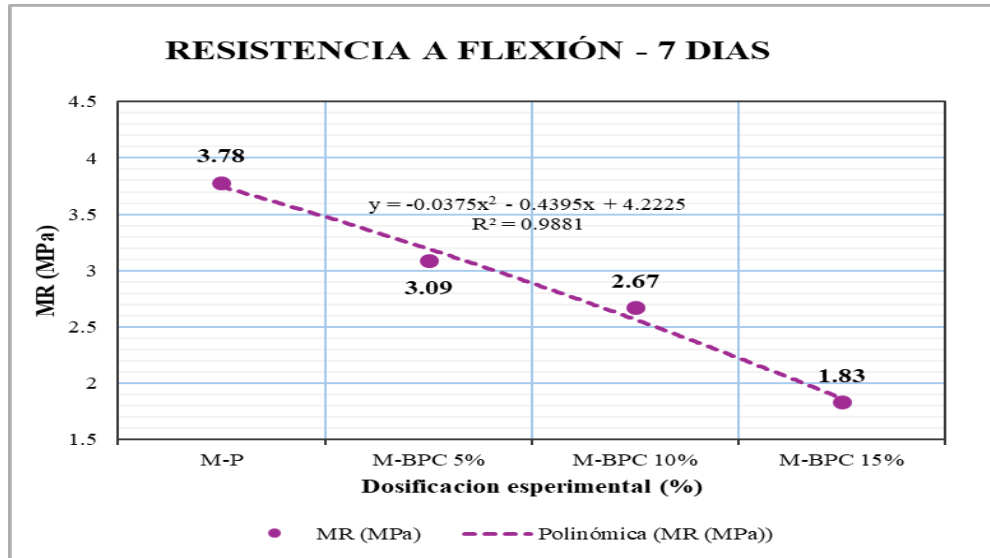
Resultados de resistencia a la flexión de los adoquines de concreto.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	MÓDULO DE RUTURA (Mpa)		
		7 días	14 días	28 días
M-P	Adoquín Convencional	3.78	4.74	5.67
M-BPC 5%	Adoquín con incorporación de 5% de BPC	3.09	4.01	4.91
M-BPC 10%	Adoquín con incorporación de 10% de BPC	2.67	3.48	4.02
M-BPC 15%	Adoquín con incorporación de 15% de BPC	1.83	2.30	3.02

Nota. Elaboración Propia.

Figura 19

Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 7 días.



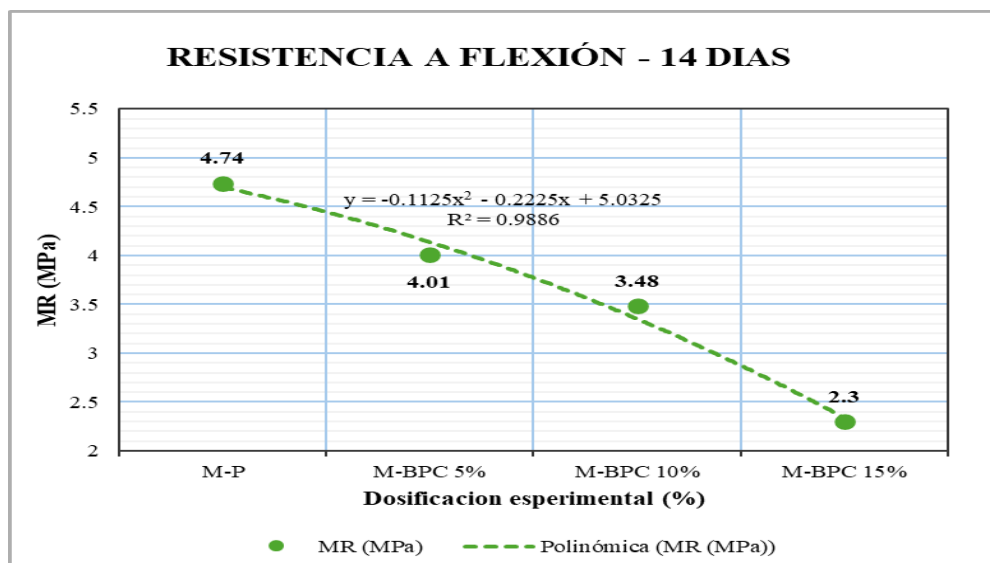
Nota. Elaboración Propia

Interpretación:

A los 7 días, la Figura 19 evidencia que la muestra patrón (M-P) presenta un módulo de rotura de 3.78 MPa, mientras que las dosificaciones de M-BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15% registran valores de 3.09, 2.67 y 1.83 MPa, respectivamente. En esta etapa, ninguna de las mezclas todavía logra alcanzar el valor mínimo de 4.9 MPa, lo cual es esperado como es el proceso inicial de ganancia de resistencia del concreto.

Figura 20

Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 14 días.



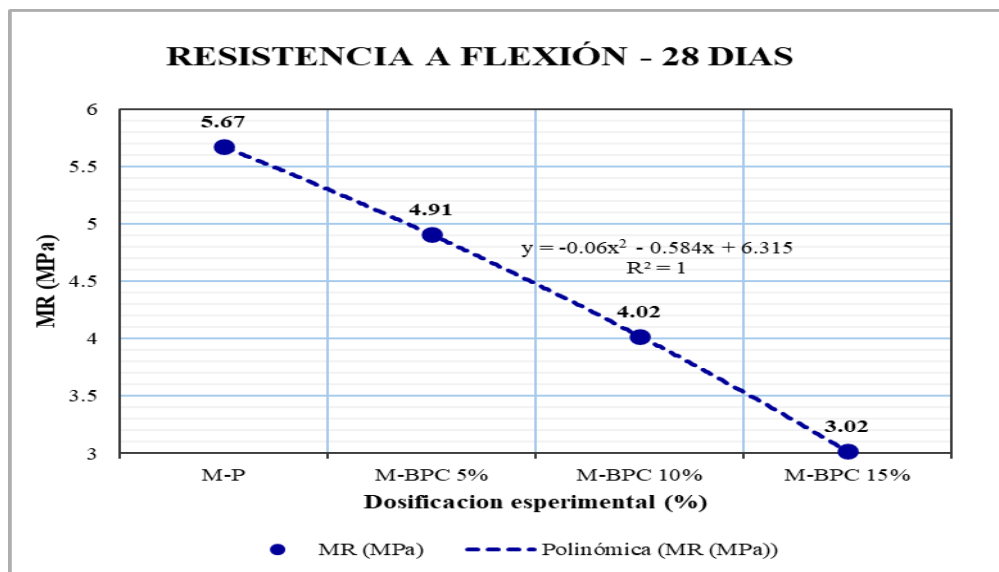
Nota. Elaboración Propia

Interpretación:

A los 14 días, la Figura 20 da a conocer que la muestra patrón (M-P) alcanza 4.74 MPa, acercándose al valor mínimo establecido, mientras que las M-BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15% presentan valores de 4.01, 3.48 y 2.30 MPa. Si bien se observa un incremento progresivo de la resistencia respecto a los 7 días, ninguna de las dosificaciones cumple aún con el requisito normativo por la ITINTEC 339.124.

Figura 21

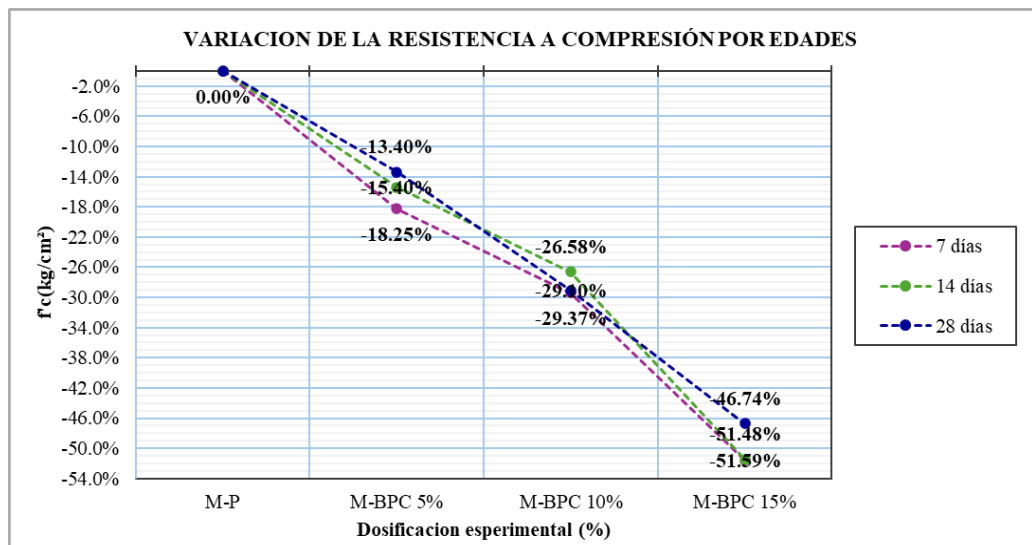
Comparación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto a los 28 días.



Nota. Elaboración Propia

Figura 22

Variación del comportamiento de resistencia a flexión de los adoquines de concreto por edades.



Nota. Elaboración Propia

Interpretación:

A los 28 días, la muestra patrón (M-P) alcanza 5.67 MPa, la dosificación de M-BPC 5% presenta una variación negativa de -13.40%, alcanzando 4.91 MPa, aunque tenga una variación de reducción del módulo de rotura, demuestra que ambos resultados cumplen con el requisito de 4.9 MPa según la ITINTEC 339.124. Por el contrario, las dosificaciones de M-BPC 10% y M-BPC 15% muestran reducciones más pronunciadas de 4.02 MPa y 3.02 MPa respectivamente, no cumpliendo con el criterio normativo. Estos resultados indican que, aunque la incorporación de biocarbón reduce la resistencia a flexión, la dosificación del 5% del biocarbón de poso de café aún mantiene un módulo de rotura aceptable, mientras que porcentajes mayores afectan significativamente el módulo de rotura del material.

4.2. Prueba de hipótesis

Para determinar el efecto de la incorporación de biocarbón de poso de café en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto, se realizó la prueba de hipótesis utilizando los resultados obtenidos en las evaluaciones de tolerancia dimensional, absorción, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. El análisis estadístico se desarrolló considerando lo siguiente:

- Se empleó un nivel de confianza del 95%, con la finalidad de garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos entre las muestras (M-P, M-BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15%) son estadísticamente significativas.
- Se estableció un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las dosificaciones evaluadas, considerando también el análisis estadístico descriptivo para resumir y describir el comportamiento de los datos obtenidos.
- Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), con el fin de identificar diferencias significativas entre las medias de los grupos de muestras evaluados.
- Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar entre qué dosificaciones se presentan diferencias significativas.

4.2.1. Tolerancia dimensional en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

Para ello se toma en cuenta la hipótesis enunciada:

H₀: La tolerancia dimensional en adoquines no varía significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

H₁: La tolerancia dimensional en adoquines varía significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

Prueba de normalidad:

Donde se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Los datos son provenientes de una distribución normal.
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Todos los datos no son provenientes de una distribución normal.

Tabla 59

Prueba de normalidad a los valores de tolerancia dimensional en adoquines.

	Biocarbón de poso de café %	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tolerancia dimensional largo (mm)	M-P	0.241	5	,200*	0.883	5	0.323
	M-BPC 5%	0.207	5	,200*	0.933	5	0.618
	M-BPC 10%	0.186	5	,200*	0.961	5	0.812
	M-BPC 15%	0.197	5	,200*	0.943	5	0.685
Tolerancia dimensional ancho (mm)	M-P	0.205	5	,200*	0.911	5	0.473
	M-BPC 5%	0.147	5	,200*	0.987	5	0.966
	M-BPC 10%	0.271	5	,200*	0.901	5	0.415
	M-BPC 15%	0.229	5	,200*	0.867	5	0.254
Tolerancia dimensional espesor (mm)	M-P	0.234	5	,200*	0.891	5	0.362
	M-BPC 5%	0.283	5	,200*	0.846	5	0.183
	M-BPC 10%	0.189	5	,200*	0.923	5	0.552
	M-BPC 15%	0.202	5	,200*	0.933	5	0.619

Nota. Elaboración Propia, (*) es un límite inferior de la significación verdadera.

Interpretación: En las Tabla 59 muestra que se obtuvo valores de significancia (sig.) mayores a $\alpha = 0.05$ en todas las dosificaciones evaluadas. Esto indica que los datos provienen de una distribución normal, permitiendo el uso de pruebas estadísticas paramétricas para el análisis.

Estadística descriptiva:

Tabla 60

Descripción estadístico de los valores de la tolerancia dimensional en adoquines.

	Biocarbón de poso de café %	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Tolerancia dimensional largo (mm)	M-P	5	0.0800	0.88713	0.39674	-1.0215	1.1815	-0.90	1.10
	M-BPC 5%	5	-0.1600	0.88487	0.39573	-1.2587	0.9387	-1.20	0.90
	M-BPC 10%	5	0.0600	0.73348	0.32802	-0.8507	0.9707	-0.80	1.00
	M-BPC 15%	5	0.3400	0.23022	0.10296	0.0541	0.6259	0.10	0.70
	Total	20	0.0800	0.69857	0.15620	-0.2469	0.4069	-1.20	1.10
Tolerancia dimensional ancho (mm)	M-P	5	-0.0600	0.74364	0.33257	-0.9834	0.8634	-0.80	0.90
	M-BPC 5%	5	-0.0600	0.54129	0.24207	-0.7321	0.6121	-0.80	0.60
	M-BPC 10%	5	0.1600	0.77006	0.34438	-0.7962	1.1162	-0.80	1.00
	M-BPC 15%	5	0.7400	0.18166	0.08124	0.5144	0.9656	0.50	0.90
	Total	20	0.1950	0.65008	0.14536	-0.1092	0.4992	-0.80	1.00
Tolerancia dimensional espesor (mm)	M-P	5	0.2800	0.93113	0.41641	-0.8761	1.4361	-0.90	1.20
	M-BPC 5%	5	0.1400	0.96850	0.43313	-1.0626	1.3426	-1.00	1.10
	M-BPC 10%	5	-0.1400	0.82037	0.36688	-1.1586	0.8786	-1.00	0.90
	M-BPC 15%	5	1.0800	0.46583	0.20833	0.5016	1.6584	0.50	1.60
	Total	20	0.3400	0.88520	0.19794	-0.0743	0.7543	-1.00	1.60

Nota. Elaboración Propia.

En la Tabla 60, se presenta un análisis estadístico descriptivo de la tolerancia dimensional, este cuadro muestra que las medias de todas las dosificaciones son cercanas a cero, indicando variaciones mínimas respecto a las dimensiones nominales. Asimismo, la superposición de los intervalos de confianza y la similitud en los rangos de valores evidencian un comportamiento uniforme entre las muestras. En resumen, estos resultados sugieren que la incorporación de BPC no genera diferencias relevantes, respaldando la hipótesis nula (H_0).

Prueba de ANOVA:

Se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Rechazado la H_1 y aceptado la H_0 .
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Aceptado la H_1 y rechazado la H_0 .

Tabla 61*Prueba de ANOVA de un factor para la tolerancia dimensional en adoquines.*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tolerancia dimensional largo (mm)	Entre grupos	0.628	3	0.209	0.387	0.764
	Dentro de grupos	8.644	16	0.540		
	Total	9.272	19			
Tolerancia dimensional ancho (mm)	Entre grupos	2.142	3	0.714	1.940	0.164
	Dentro de grupos	5.888	16	0.368		
	Total	8.030	19			
Tolerancia dimensional espesor (mm)	Entre grupos	4.108	3	1.369	2.032	0.150
	Dentro de grupos	10.780	16	0.674		
	Total	14.888	19			

Nota. Elaboración Propia.

Interpretación: De acuerdo con los resultados del ANOVA, en la Tabla 61 se observa que los valores de significancia (sig.) para la tolerancia dimensional son mayores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Esto indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las dosificaciones evaluadas (M-BPC 0%, M-BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15%). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna (H_1) y se acepta la hipótesis nula (H_0), aceptando que la incorporación del biocarbón de poso de café no influye significativamente en la tolerancia dimensional de los adoquines de concreto.

Prueba post Hoc – Tukey:**Tabla 62***Prueba post Hoc-Tukey para la tolerancia dimensional en adoquines.*

	Biocarbón de poso de café %	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
Tolerancia dimensional largo (mm)	M-BPC 5%	5	-0.1600
	M-BPC 10%	5	0.0600
	M-P	5	0.0800
	M-BPC 15%	5	0.3400
	Sig.		0.709

Tolerancia dimensional ancho (mm)	M-P	5	-0.0600
	M-BPC 5%	5	-0.0600
	M-BPC 10%	5	0.1600
	M-BPC 15%	5	0.7400
	Sig.		0.200
Tolerancia dimensional espesor (mm)	M-BPC 10%	5	-0.1400
	M-BPC 5%	5	0.1400
	M-P	5	0.2800
	M-BPC 15%	5	1.0800
	Sig.		0.128

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: La prueba de comparación múltiple de Tukey muestra que no existen diferencias significativas entre las distintas dosificaciones evaluadas. Esto confirma los resultados obtenidos en el ANOVA y se mantiene la aceptación de la hipótesis nula (H_0).

4.2.2. Absorción del adoquín en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

H_0 : La absorción en adoquines no influye significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

H_1 : La absorción en adoquines influye significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

Prueba de normalidad:

Donde se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Los datos son provenientes de una distribución normal.
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Todos los datos no son provenientes de una distribución normal.

Tabla 63

Prueba de normalidad a los valores de absorción en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M-P	0.226	5	,200*	0.914	5	0.495

Absorción (%)	M-BPC 5%	0.208	5	,200*	0.956	5	0.781
	M-BPC 10%	0.186	5	,200*	0.949	5	0.732
	M-BPC 15%	0.185	5	,200*	0.958	5	0.794

Nota. Elaboración Propia, (*) es un límite inferior de la significación verdadera.

Interpretación: En la Tabla 63, se observa que los valores de significancia (sig.) superan el nivel de $\alpha = 0.05$ en todas las dosificaciones analizadas, lo que evidencia que los datos presentan una distribución normal, permitiendo la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas.

Estadística descriptiva:

Tabla 64

Descripción estadístico de los valores de absorción en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
M-P	5	4.7280	0.17908	0.08009	4.5056	4.9504	4.53	4.94
M-BPC 5%	5	3.6240	0.05128	0.02293	3.5603	3.6877	3.56	3.70
M-BPC 10%	5	5.6860	0.11036	0.04936	5.5490	5.8230	5.56	5.84
M-BPC 15%	5	6.8160	0.06542	0.02926	6.7348	6.8972	6.73	6.89
Total	20	5.2135	1.21335	0.27131	4.6456	5.7814	3.56	6.89

Nota. Elaboración Propia

El análisis descriptivo en la Tabla 64, muestra diferencias en las medias entre las dosificaciones evaluadas. La muestra con el 5% de biocarbón (M-BPC 5%) presenta el menor valor de absorción de 3.62%, evidenciando un comportamiento más favorable en comparación con M-P. Por otro lado, las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% registran valores superiores como 5.69% y 6.82%, indicando un incremento de la absorción. En conjunto, estos resultados evidencian que la incorporación de BPC influye en la absorción del material, variando su comportamiento en función de la dosificación.

Prueba ANOVA:

Se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Rechazado la H_1 y aceptado la H_0 .
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Aceptado la H_1 y rechazado la H_0 .

Tabla 65*Prueba de ANOVA de un factor para la absorción en adoquines.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27.767	3	9.256	723.675	0.000
Dentro de grupos	0.205	16	0.013		
Total	27.972	19			

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: Se observa que el valor de significancia es menor al nivel de significancia, esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las dosificaciones evaluadas (M-P, M.BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15%). En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Prueba post Hoc – Tukey:**Tabla 66***Prueba post Hoc-Tukey para la absorción en adoquines.*

Biocarbón de poso de café %	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
M-BPC 5%	5	3.6240			
M-P	5		4.7280		
M-BPC 10%	5			5.6860	
M-BPC 15%	5				6.8160
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: La Tabla 66 muestra que cada dosificación evaluada se ubica en subconjuntos diferentes, lo que indica que existen diferencias significativas entre todas las medias de absorción, resaltando que la dosificación de M-BPC 5% presenta el menor valor de absorción, seguida por la muestra patrón, mientras que las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% muestran incrementos progresivos en esta propiedad. Estos resultados confirman que la incorporación de biocarbón de poso de café influye de manera significativa en la absorción del concreto.

4.2.3. Resistencia a la compresión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

H₀: La resistencia a la compresión en adoquines no cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

H₁: La resistencia a la compresión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

Prueba de normalidad:

Donde se considera que:

- P-valor $> \alpha$ (0.05) = H₀: Los datos son provenientes de una distribución normal.
- P-valor $< \alpha$ (0.05) = H₁: Todos los datos no son provenientes de una distribución normal.

Tabla 67

Prueba de normalidad a los valores de resistencia a compresión en adoquines a los 28 días.

	Biocarbón de poso de café %	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	M-P	0.217	5	,200*	0.908	5	0.457
Resistencia a compresión (kg/cm²)	M-BPC 5%	0.173	5	,200*	0.972	5	0.891
	M-BPC 10%	0.215	5	,200*	0.935	5	0.628
	M-BPC 15%	0.152	5	,200*	0.985	5	0.957

Nota. Elaboración Propia, (*) es un límite inferior de la significación verdadera.

Interpretación: Según se muestra en la Tabla 67, los valores de significancia obtenidos son mayores a $\alpha = 0.05$ en todos los casos evaluados, lo cual indica que los datos siguen una distribución normal y, por tanto, es adecuado emplear métodos estadísticos paramétricos.

Descripción estadística:

Tabla 68

Descripción estadístico de los valores de la resistencia a compresión en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
M-P	5	447.4280	3.89163	1.74039	442.5959	452.2601	442.16	451.12
M-BPC 5%	5	501.0320	2.48777	1.11257	497.9430	504.1210	497.61	503.87
M-BPC 10%	5	400.7440	3.20048	1.43130	396.7701	404.7179	397.41	405.82
M-BPC 15%	5	351.4240	2.16104	0.96645	348.7407	354.1073	348.86	354.39
Total	20	425.1570	56.92692	12.72925	398.5144	451.7996	348.86	503.87

Nota. Elaboración Propia

El análisis descriptivo de la Tabla 68, muestra diferencias claras entre las medias de las dosificaciones evaluadas. La mezcla M-BPC 5% presenta el mayor valor promedio de 501.03 kg/cm², superando a la muestra patrón, lo que evidencia una mejora en la capacidad resistente del material. Por otro lado, las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% presentan valores menores, indicando una disminución de la resistencia a medida que aumenta el contenido de biocarbón de poso de café

En conjunto, estos resultados evidencian que la incorporación de biocarbón de café influye en la resistencia a compresión, mejorando su desempeño en bajas dosificaciones y afectando en proporciones mayores.

Prueba ANOVA:

Se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Rechazado la H_1 y aceptado la H_0 .
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Aceptado la H_1 y rechazado la H_0 .

Tabla 69

Prueba de ANOVA de un factor para la resistencia a compresión en adoquines.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61427.815	3	20475.938	2259.604	0.000
Dentro de grupos	144.988	16	9.062		
Total	61572.802	19			

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: La Tabla 69 muestran que el valor de significancia obtenido es inferior al nivel de significancia establecido (0.05). Esto evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las distintas dosificaciones de BPC evaluadas.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), concluyendo que la adición de biocarbón de poso de café tiene un efecto significativo sobre la resistencia a compresión de los adoquines de concreto.

Prueba post Hoc – Tukey:

Tabla 70

Prueba post Hoc-Tukey para la resistencia a compresión en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
M-BPC 15%	5	351.4240			
M-BPC 10%	5		400.7440		
M-P	5			447.4280	
M-BPC 5%	5				501.0320
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: La Tabla 70 evidencia que cada una de las dosificaciones evaluadas se ubica en subconjuntos diferentes, indicando que existen diferencias significativas entre todas las medias de resistencia a compresión. También se observa que la dosificación M-BPC 5% presenta el mayor valor, seguida por la muestra patrón (M-P) mientras que las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% muestran una disminución progresiva en la resistencia.

Este comportamiento confirma que la incorporación de biocarbón de poso de café influye de manera significativa en la resistencia a compresión.

4.2.4. Resistencia a flexión en adoquines de concreto incorporando biocarbón de poso de café

H₀: La resistencia a flexión en adoquines no cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

H₁: La resistencia a flexión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.

Prueba de normalidad:

Donde se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Los datos son provenientes de una distribución normal.
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Todos los datos no son provenientes de una distribución normal.

Tabla 71

Prueba de normalidad a los valores de resistencia a flexión en adoquines a los 28 días.

	Biocarbón de poso de café %	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión (Mpa)	M-P	0.214	5	,200*	0.906	5	0.443
	M-BPC 5%	0.179	5	,200*	0.954	5	0.762
	M-BPC 10%	0.161	5	,200*	0.977	5	0.917
	M-BPC 15%	0.191	5	,200*	0.936	5	0.635

Nota. Elaboración Propia, (*) es un límite inferior de la significación verdadera.

Interpretación: La Tabla 71 evidencia que los valores de significancia (sig.) son superiores a $\alpha = 0.05$ en todas las dosificaciones consideradas, lo que confirma la normalidad de los datos y permite la utilización de pruebas paramétricas en el análisis estadístico.

Descripción estadística:

Tabla 72

Descripción estadístico de los valores de la resistencia a flexión en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
M-P	5	5.6740	0.13867	0.06202	5.5018	5.8462	5.52	5.83
M-BPC 5%	5	4.9120	0.14043	0.06280	4.7376	5.0864	4.73	5.07
M-BPC 10%	5	4.0220	0.14394	0.06437	3.8433	4.2007	3.85	4.22
M-BPC 15%	5	3.0240	0.05683	0.02542	2.9534	3.0946	2.94	3.08
Total	20	4.4080	1.02232	0.22860	3.9295	4.8865	2.94	5.83

Nota. Elaboración Propia

Los descriptivos de la Tabla 72, muestra diferencias entre las medias de las dosificaciones evaluadas, indicando una reducción progresiva del módulo de rotura conforme aumenta el contenido de BPC.

En conjunto, estos resultados indican que la incorporación de biocarbón de poso de café influye en la resistencia a flexión, siendo favorable en bajas proporciones y desfavorable en mayores dosificaciones.

Prueba ANOVA:

Se considera que:

- $P\text{-valor} > \alpha (0.05) = H_0$: Rechazado la H_1 y aceptado la H_0 .
- $P\text{-valor} < \alpha (0.05) = H_1$: Aceptado la H_1 y rechazado la H_0 .

Tabla 73

Prueba de ANOVA de un factor para la resistencia a flexión en adoquines.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19.606	3	6.535	415.604	0.000
Dentro de grupos	0.252	16	0.016		
Total	19.858	19			

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: Los resultados muestran que el valor de significancia obtenido es menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), tal como detalla la Tabla 73. En ese sentido, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), concluyendo que la incorporación de biocarbón de poso de café tiene un efecto significativo en la resistencia a flexión de los adoquines de concreto.

Prueba post Hoc – Tukey:

Tabla 74

Prueba post Hoc-Tukey para la resistencia a flexión en adoquines.

Biocarbón de poso de café %	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
M-BPC 15%	5	3.0240			
M-BPC 10%	5		4.0220		
M-BPC 5%	5			4.9120	
M-P	5				5.6740
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración Propia

Interpretación: En la Tabla 74, se observa que la muestra patrón presenta el mayor valor, seguida por la dosificación M.BPC 5%, mientras que las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% evidencian una disminución progresiva en el módulo de rotura. Esto demuestra que, a mayores porcentajes de biocarbón de poso de café, se produce una reducción en la resistencia a flexión del adoquín de concreto.

4.3. Discusión de resultados

Discusión 1:

El ensayo de tolerancia dimensional evidenció que las variaciones registradas en los adoquines de concreto fluctuaron entre 0.1, -0.2, 0.3 y 0.4 mm en longitud, equivalentes a 0.4%, 0.4%, 0.3% y 0.4%, respectivamente; para el ancho, las variaciones fueron de -0.1, 0, 0.2 y 0.2 mm, correspondientes a 0.6%, 0.4%, 0.7% y 0.8%; mientras que en el espesor se registraron valores entre -0.1 y 0.2 mm, equivalentes a rangos de 1.1% y 1.4%. Estos resultados se mantuvieron dentro de las especificaciones establecidas por la NTP 399.611, evidenciando que las dimensiones de los adoquines conservaron estabilidad geométrica pese a la incorporación de biocarbón de poso de café. Este comportamiento se explicó debido a que el biocarbón no alteró significativamente el proceso de moldeado ni generó cambios volumétricos apreciables durante la hidratación y endurecimiento del concreto, manteniéndose estable la conformación física del adoquín.

Estos resultados guardaron relación con lo reportado por J. et al. (2022), quienes obtuvieron variaciones mínimas de ± 0.1 mm en longitud, ancho y espesor al incorporar cenizas de ladrillera artesanal, manteniéndose dentro de los requisitos establecidos por la normativa. De manera similar, Trujillo Pacaya (2024) registró variaciones de 0.80 ± 1.24 mm en longitud, 0.88 ± 0.22 mm en ancho y 1.10 ± 1.24 mm en espesor, demostrando que la incorporación de materiales alternativos no comprometió la estabilidad dimensional ni la geometría de los adoquines de concreto.

Asimismo, Monje Peña (2021) determinó que la incorporación de cenizas orgánicas mantuvo las dimensiones de los adoquines dentro de los rangos normativos, sin afectar la calidad geométrica del material. En ese sentido, se infirió que el biocarbón de poso de café no influyó de manera crítica en la tolerancia dimensional del adoquín.

Discusión 2:

Los resultados de la absorción de los adoquines de concreto evidenciaron que las dosificaciones M-P, M-BPC 5%, M-BPC 10% y M-BPC 15% registraron valores de 4.7%, 3.6%, 5.7% y 6.8%, respectivamente. Se observó que la dosificación M-BPC 5% presentó una menor absorción respecto a la muestra patrón, indicando una mejor compactación de la matriz cementante y una reducción de la porosidad efectiva del adoquín. Este comportamiento se explicó debido a que, en bajas proporciones, el biocarbón de poso de café actuó como material de relleno (filler), permitiendo una mejor distribución de partículas y disminuyendo los vacíos capilares. Sin embargo, al incrementar la dosificación a M-BPC 10% y M-BPC 15%, la absorción aumentó progresivamente, alcanzando valores de 5.7% y 6.8%, respectivamente, superando este último el límite establecido por la NTP 399.611. Este incremento se atribuyó a la elevada porosidad y capacidad de absorción del biocarbón, que generó una mayor cantidad de vacíos interconectados dentro de la matriz del concreto, favoreciendo el ingreso y retención de agua.

Este comportamiento es consistente con lo reportado por Zalamea Suárez (2022), quien evidenció que elevadas dosificaciones de biocarbón, como el 25%, incrementaron significativamente los vacíos internos y redujeron el desempeño mecánico del concreto, confirmando el efecto negativo de altas proporciones sobre la estructura interna del material. Asimismo, Roychand et al. (2025) señalaron que la capacidad de absorción del biocarbón influyó directamente en la retención de agua dentro de la mezcla, pudiendo modificar el comportamiento físico y mecánico del concreto cuando no se controló adecuadamente la condición de humedad del material antes de su incorporación.

A nivel nacional, Monje Peña (2021) reportó valores de absorción entre 2.23% y 4.08% para adoquines elaborados con ceniza de algarroba, y entre 2.16% y 3.62% para mezclas con ceniza de eucalipto, manteniéndose dentro de los rangos normativos debido al empleo de dosificaciones controladas. De igual forma, G. J. Benancio Camara & Chamorro Baldeon (2023) evidenciaron que únicamente las dosificaciones del 5% de ceniza de hoja de maíz y ceniza de bagazo de caña de azúcar cumplieron con los límites de absorción establecidos por la normativa, mientras que porcentajes mayores incrementaron progresivamente la absorción del adoquín. Estos resultados confirmaron que el uso de materiales orgánicos y biocarbón en bajas proporciones puede mejorar la compactación y reducir la absorción; sin embargo, en altas dosificaciones predomina su naturaleza porosa, afectando negativamente el comportamiento físico del concreto.

Discusión 3:

La resistencia a compresión de los adoquines de concreto evidenció que la dosificación M-BPC 5% alcanzó una resistencia de 501.03 kg/cm², superando a la muestra patrón de 447.43 kg/cm², lo que representó un incremento del 11.98%. En contraste, las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% registraron resistencias de 400.75 kg/cm² y 351.43 kg/cm², respectivamente, evidenciando una disminución progresiva de la capacidad resistente conforme aumentó el contenido de biocarbón de poso de café. Este comportamiento se explicó debido a que, en bajas proporciones, el biocarbón actuó como material de relleno (filler), favoreciendo la densificación de la matriz cementante y mejorando la adherencia interna del concreto; además, su estructura porosa contribuyó al curado interno mediante la retención gradual de agua. Sin embargo, en mayores porcentajes predominó su elevada porosidad y capacidad de absorción, generando vacíos adicionales, alteraciones en la relación agua/cemento y una menor continuidad de la matriz, debilitando estructuralmente el adoquín de concreto.

Estos resultados guardan relación con Roychand et al. (2023), quienes incorporaron biocarbón en proporciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% como sustitución parcial del agregado, obteniendo una resistencia a compresión de 29.6 MPa frente a 22.9 MPa de la muestra control, representando un incremento del 29.3% con la dosificación del 15%. No obstante, la diferencia respecto al presente estudio pudo atribuirse al tipo de sustitución empleada, las condiciones de pirólisis y el tratamiento del biocarbón, evidenciando que las propiedades del material dependieron directamente de su procesamiento y aplicación dentro de la mezcla. De manera similar, Zalamea Suárez (2022) reportó resistencias a compresión de 246.8 kg/cm², 238.8 kg/cm² y 236.8 kg/cm² para dosificaciones de 1.5%, 3.0% y 4.5% de biocarbón, valores superiores a la muestra patrón de 208.2 kg/cm²; sin embargo, con una dosificación del 25% obtuvo únicamente 46.2 kg/cm², representando una reducción del 77%, confirmando que elevadas proporciones de biocarbón afectaron negativamente el desempeño mecánico del concreto.

Asimismo, Na et al. (2021) señalaron que la incorporación de biocarbón en proporciones bajas de 0.5%, 1% y 1.5% mejoró la resistencia a compresión debido a su capacidad de retener agua y favorecer el proceso de hidratación del cemento; sin embargo, indicaron que incrementos excesivos redujeron la eficiencia del material cementante y aumentaron la porosidad interna. Del mismo modo, Salvador Terrones (2023) obtuvo una resistencia de 248.97 kg/cm² con una dosificación de 2% de biocarbón, superando en 16.88% a la muestra patrón de 213.53 kg/cm², evidenciando un comportamiento similar al observado en la dosificación M-BPC 5% del presente estudio. Por otra parte, G. J.

Benancio Camara & Chamorro Baldeon (2023) reportaron resistencias de 439.38 kg/cm² y 480.91 kg/cm² con la incorporación del 5% de cenizas orgánicas, mientras que J. et al. (2022) obtuvieron 385.09 kg/cm² frente a 370.04 kg/cm² de la muestra convencional, confirmando que bajas proporciones de materiales alternativos optimizaron la resistencia mecánica del adoquín de concreto sin comprometer su comportamiento estructural.

Discusión 4:

La resistencia a flexión de los adoquines de concreto evidenció que la muestra patrón alcanzó un módulo de rotura de 5.67 MPa, mientras que la dosificación M-BPC 5% registró una resistencia de 4.91 MPa, cumpliendo con el valor mínimo normativo de 4.9 MPa establecido por la ITINTEC 339.124. En contraste, las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15% alcanzaron resistencias de 4.02 MPa y 3.02 MPa, respectivamente, valores que no cumplieron con el criterio normativo y evidenciaron una disminución progresiva de la capacidad resistente a flexión conforme aumentó el contenido de biocarbón de poso de café. A diferencia de la resistencia a compresión, la resistencia a flexión resultó más sensible a la presencia de vacíos, microfisuras y discontinuidades internas, debido a que este ensayo evalúa el comportamiento del material frente a esfuerzos de tracción indirecta. Por ello, el incremento de la porosidad generado por el biocarbón afectó directamente la cohesión de la matriz cementante y favoreció la propagación de fisuras, reduciendo la capacidad del adoquín para resistir cargas de flexión.

Este comportamiento coincidió con Mejia Vega & Cuitiva Madrid (2022), quienes emplearon una sustitución del 5% de cemento por óxidos de biochar tipo C y AAA, obteniendo resistencias a flexión de 7.5 MPa para la muestra patrón, 5.9 MPa para el biochar tipo C y 5.6 MPa para el tipo AAA, evidenciando una disminución en la resistencia a flexión pese a la mejora observada en la resistencia a compresión. Dichos resultados confirmaron que la incorporación de biocarbón no favoreció de manera uniforme todas las propiedades mecánicas del material. Por otro lado, Roychand et al. (2025) reportaron un incremento del 18.9% en la resistencia a flexión, pasando de 5.3 MPa en la muestra convencional a 6.3 MPa con incorporación de biocarbón. Sin embargo, esta diferencia respecto al presente estudio pudo atribuirse a que el biocarbón fue utilizado como sustituto del agregado fino y bajo condiciones controladas de humedad, evidenciando que el desempeño mecánico dependió del tipo de sustitución, tratamiento previo y dosificación empleada en la mezcla.

Así mismo, Salvador Terrones (2023) reportó una disminución del módulo de rotura de 39.95 kg/cm² en la muestra patrón a 37.02 kg/cm² al incorporar biocarbón como sustituto parcial del cemento, comportamiento que coincidió con la tendencia observada en la presente investigación. En contraste, Trujillo Pacaya (2024) obtuvo una resistencia a flexión de 40.99 kg/cm² con su dosificación óptima de 5% de concreto reciclado y 10% de ceniza de malezas, evidenciando que el comportamiento mecánico puede mejorar dependiendo del tipo de material alternativo incorporado y de la proporción utilizada dentro del diseño de mezcla.

Discusión 5:

Los resultados obtenidos evidenciaron que la incorporación de biocarbón de poso de café influyó significativamente en el comportamiento físico-mecánico del adoquín de concreto, mostrando un desempeño óptimo en la dosificación M-BPC 5% y una degradación progresiva en las dosificaciones M-BPC 10% y M-BPC 15%. Este comportamiento se explicó debido a que, en bajas proporciones, el biocarbón actuó como material de relleno (filler), favoreciendo la compactación de la matriz cementante, reduciendo la porosidad efectiva y mejorando la adherencia interna del concreto. Sin embargo, en mayores dosificaciones predominó su elevada porosidad y capacidad de absorción de agua, incrementando los vacíos internos y las discontinuidades de la matriz, lo que debilitó progresivamente las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto.

Este comportamiento guarda coherencia con Roychand et al. (2023), quienes reportaron una resistencia a compresión de 29.6 MPa frente a 22.9 MPa de la muestra patrón, obteniendo un incremento del 29.3% mediante la incorporación del 15% de biocarbón como sustituto parcial del agregado fino. Dichos resultados evidenciaron que el biocarbón puede mejorar el desempeño mecánico del concreto bajo condiciones controladas. No obstante, la diferencia respecto al presente estudio pudo atribuirse al tipo de sustitución empleada, al proceso de pirólisis y a la interacción del biocarbón con la matriz cementante, factores que influyeron directamente en el comportamiento físico-mecánico del material. De manera similar, Zalamea Suárez (2022) reportó incrementos del 19%, 15% y 14% en la resistencia a compresión con dosificaciones de 1.5%, 3% y 4.5% de biocarbón, respectivamente; sin embargo, con una dosificación del 25% registró una reducción del 77%, confirmando que elevadas proporciones de biocarbón afectan negativamente las propiedades mecánicas debido al incremento de la porosidad y a la disminución de la continuidad de la matriz del concreto.

Así mismo, G. J. Benancio Camara & Chamorro Baldeon (2023) determinaron que la incorporación del 5% de ceniza de hoja de maíz y del 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar mejoró significativamente la resistencia a compresión, alcanzando valores de 439.38 kg/cm² y 480.91 kg/cm², respectivamente, superando la resistencia mínima de 380 kg/cm². Del mismo modo, reportaron resistencias a flexión de 91.83 kg/cm² y 102.01 kg/cm², evidenciando un comportamiento favorable en bajas proporciones; sin embargo, mayores dosificaciones ocasionaron una disminución progresiva de las propiedades mecánicas, tendencia que coincidió con los resultados obtenidos en la presente investigación. De igual forma, Trujillo Pacaya (2024) identificó como dosificación óptima la combinación 5% CR – 10% CDM, alcanzando una resistencia a compresión de 318.50 kg/cm² y una adecuada estabilidad dimensional, demostrando que el uso de materiales alternativos en adoquines de concreto resulta viable siempre que se mantenga un equilibrio adecuado en las proporciones de sustitución y en las características físicas de los materiales incorporados.

CONCLUSIONES

Conclusión 1:

La incorporación de biocarbón de poso de café no altera significativamente la geometría del adoquín de concreto. Para las dosificaciones BPC 0%, BPC 5%, BPC 10% y BPC 15%, se registraron variaciones de tolerancia dimensional en longitud de 0.1, -0.2, 0.3 y 0.4 mm; en ancho de -0.1, 0, 0.2 y 0.2 mm; y en espesor de 0.2, 0.2, -0.1 y 0.2 mm, equivalentes a rangos porcentuales de 0.4, 0.4, 0.3 y 0.4%; 0.6, 0.4, 0.7 y 0.8%; y 1.4, 1.4, 1.1 y 1.1%, respectivamente. Estos valores se mantienen dentro de los límites establecidos por la NTP 399.611, evidenciando que el biocarbón de poso de café no genera deformaciones ni cambios dimensionales apreciables en el adoquín de concreto.

Conclusión 2:

La incorporación de biocarbón de poso de café influye en la absorción del adoquín de concreto, registrándose valores de 4.7%, 3.6%, 5.7% y 6.8% para las dosificaciones BPC 0%, BPC 5%, BPC 10% y BPC 15%, respectivamente. Se evidencia que la dosificación BPC 5% reduce la absorción respecto a la muestra patrón, lo que indica una mejor compactación y menor porosidad efectiva; sin embargo, a mayores porcentajes (BPC 10% y BPC 15%), la absorción se incrementa progresivamente, superando el límite normativo en el caso del BPC 15%. Este comportamiento se debe a que, en bajas dosificaciones, el biocarbón de poso de café actúa como filler, rellenando vacíos; mientras que, en mayores contenidos, predomina su alta porosidad y capacidad de absorción de agua, incrementando la permeabilidad del material.

Conclusión 3:

El biocarbón de poso de café mejora en un 11.98% la resistencia a compresión del adoquín de concreto a los 28 días en la dosificación BPC 5%, alcanzando una resistencia de 501.03 kg/cm², valor superior a la muestra patrón (447.43 kg/cm²). Por el contrario, las mezclas con mayores incorporaciones presentan una disminución progresiva de la resistencia, registrándose valores de 400.75 kg/cm² para BPC 10% y 351.43 kg/cm² para BPC 15%. Esto confirma que porcentajes elevados de biocarbón de poso de café afectan negativamente la relación agua/cemento debido a su mayor porosidad; mientras que, en bajas proporciones, favorece el curado interno al retener agua en su estructura porosa, contribuyendo a una hidratación más eficiente del concreto.

Conclusión 4:

La resistencia a flexión presenta mayor sensibilidad a la incorporación de biocarbón de poso de café. Para las dosificaciones BPC 0%, BPC 5%, BPC 10% y BPC 15%, se obtuvieron valores de 5.67 MPa, 4.91 MPa, 4.02 MPa y 3.02 MPa, respectivamente. La dosificación BPC 5% cumple con el valor mínimo normativo de 4.9 MPa, aunque presenta una reducción del 13.40%; mientras que las dosificaciones BPC 10% y BPC 15% no cumplen con el criterio establecido, evidenciando una disminución progresiva de la capacidad resistente a flexión. Este comportamiento se debe a que la resistencia a flexión depende de la continuidad y cohesión interna del material, y la presencia de biocarbón de poso de café en mayores proporciones genera vacíos y discontinuidades que actúan como puntos de inicio de fisuras bajo esfuerzos de tracción.

Conclusión 5:

Finalmente, el biocarbón de poso de café influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto, evidenciándose un comportamiento óptimo en la dosificación del 5% como sustitución parcial del cemento y una degradación progresiva en dosificaciones mayores (10% y 15%). En bajas proporciones, mejora la compactación, reduce la porosidad efectiva y favorece la hidratación del cemento; mientras que, en altas proporciones, su elevada porosidad incrementa los vacíos internos, disminuyendo la resistencia mecánica y aumentando la absorción.

Por lo tanto, el biocarbón de poso de café constituye un material viable y sostenible para la fabricación de adoquines de concreto destinados a tránsito ligero, siempre que se utilice en proporciones controladas, siendo el 5% la dosificación óptima que equilibra el desempeño físico y mecánico del material.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1:

Se recomienda mantener los procesos de dosificación, mezclado y compactación empleados en la investigación, debido a que las variaciones de tolerancia dimensional se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTP 399.611. Asimismo, se sugiere controlar la uniformidad del moldeado y del vibrado, ya que el biocarbón de poso de café no afecta directamente la geometría del adoquín, pero puede influir indirectamente si no se logra una adecuada compactación de la mezcla.

Recomendación 2:

Debido a que el incremento del biocarbón eleva la absorción de agua, se recomienda controlar el contenido de humedad del biocarbón de poso de café antes de su incorporación, a fin de evitar variaciones en la porosidad y permeabilidad del adoquín de concreto.

Recomendación 3:

Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias orientadas a evaluar las condiciones de producción del biocarbón de poso de café, tales como la temperatura de pirólisis, la granulometría y el estado de humedad, debido a que su alta porosidad y capacidad de absorción influyen directamente en la relación agua/cemento y en la formación de vacíos internos en la matriz del concreto. Un biocarbón inadecuadamente acondicionado puede generar disminución de la resistencia mecánica e incremento de la permeabilidad del material.

Recomendación 4:

Se recomienda ajustar la relación agua/cemento al incorporar biocarbón, especialmente en dosificaciones mayores al 5%, con la finalidad de compensar su capacidad de absorción de agua y mejorar el desempeño mecánico del adoquín, principalmente en la resistencia a flexión.

Recomendación 5:

Se recomienda emplear el biocarbón de poso de café en una proporción del 5% como sustitución parcial del cemento, debido a que esta dosificación presentó el mejor desempeño físico-mecánico, alcanzando una resistencia a compresión de 501.03 kg/cm², una absorción de 3.6% y una resistencia a flexión de 4.91 MPa, cumpliendo con los requisitos normativos establecidos. En contraste, dosificaciones superiores generan una disminución de la resistencia mecánica y un incremento de la absorción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrigo, R., Jagdale, P., Bartoli, M., Tagliaferro, A., & Malucelli, G. (2019). Structure–Property Relationships in Polyethylene-Based Composites Filled with Biochar Derived from Waste Coffee Grounds. *Polymers*, 11(8), 1336. <https://doi.org/10.3390/polym11081336>
- Bahamondes, R., Echaveguren, T., & Vargas-Tejeda, S. (2013). Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón. *Revista de la construcción*, 12(3), 17-26. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000300002>
- Benancio Camara, G. J., & Chamorro Baldeon, M. S. (2023). *Influencia de la incorporación de cenizas de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físicomecánicas de adoquines de concreto tipo II en vías urbanas-Huánuco 2022*.
- Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D. C., Sánchez, J. D., Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D. C., & Sánchez, J. D. (2021). Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines. *Revista ION*, 34(1), 27-35. <https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>
- Clark-Martinez, O., & Alán-Zúñiga, M. (2002). *Implementación de metodología para el diseño de mezclas secas en elementos prefabricados vibrocompactados*.
- Gorisse, F. (1980). *Ensayos y control de los hormigones*. Editores Técnicos Asociados. <https://books.google.com.pe/books?id=cnXLzRriLYQC>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. McGraw-Hill Interamericana. <https://books.google.com.pe/books?id=5A2QDwAAQBAJ>
- Hidalgo Segovia, C. S., & Rivera Garcés, S. G. (2017). *Obtención de Carbón Activado a partir del Bagazo del Café como una propuesta de utilización del residuo de una Industria Cafetera* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/42515>
- Iriondo, A., & Castillo, M. D. D. (2023). *El café*. Los Libros de La Catarata. <https://books.google.com.pe/books?id=n5moEAAAQBAJ>
- Islam, M. A., Parvin, M. I., Dada, T. K., Kumar, R., & Antunes, E. (2024). Silver adsorption on biochar produced from spent coffee grounds: validation by kinetic and isothermal

- modelling. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(22), 28007-28021.
<https://doi.org/10.1007/s13399-022-03491-0>
- ITINTEC 339.124, Legislation ITINTEC 339.124, Adoquines de concreto 1 (1988).
- J., P., Turpo, V., Lipa, L., Pacori, J., Turpo, V., & Lipa, L. (2022). Evaluation of the physical and mechanical properties of a paving block with added ash from artisanal brick kilns. En *Revista Ingeniería de Construcción* (Vol. 37, Número 2).
<https://doi.org/10.7764/RIC.00032.21>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2003). *Design and control of concrete mixtures*.
- Mejia Vega, L. A., & Cuitiva Madrid, A. R. (2022). *ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA LA CONTRUCCIONEN MORTEROS DE CEMENTOS CON ADITIVOS DE ÓXIDOS DE BIOCHAR*.
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/12104>
- Monje Peña, D. I. (2021). *Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas en adoquines de concreto adicionando ceniza de algarroba seca - eucalipto, Tumbes 2021*.
- Na, S., Lee, S., & Youn, S. (2021). Experiment on Activated Carbon Manufactured from Waste Coffee Grounds on the Compressive Strength of Cement Mortars. *Symmetry*, 13(4), 619.
<https://doi.org/10.3390/sym13040619>
- NTG 41087 h1, Legislation 41087 h1, Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto. 1 (2012).
- NTP 399.604, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto (2002).
- NTP 399.611, Legislation NTP 399.611, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos (2017).
- NTP 399.613., Unidades de albañilería-Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (2005).
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacio, J., & Romero, H. (2019). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5a ed.). Ediciones de la U.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf

- Ojeda, J. E. B. (2010). Fabricación de adoquines para uso en vías peatonales, usando cuesco de palma africana. *Inge Cuc*, 6(1), 67-78.
- Oliveira, G. A., Gevaerd, A., Mangrich, A. S., Marcolino-Junior, L. H., & Bergamini, M. F. (2021). Biochar obtained from spent coffee grounds: Evaluation of adsorption properties and its application in a voltammetric sensor for lead (II) ions. *Microchemical Journal*, 165, 106114. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106114>
- Paitán, H. Ñ., Dueñas, M. R. V, Vilela, J. J. P., & Delgado, H. E. R. (2019). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U. <https://books.google.com.pe/books?id=KzSjDwAAQBAJ>
- Paitán, H. Ñ., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Paucar, A. V. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.
- Palacio, D. C. (2022). *Toxicología*. Editorial El Manual Moderno. <https://books.google.com.pe/books?id=gV-CEAAAQBAJ>
- Rojas López, M. D. (2015). *Evaluación_de_proyectos_para_ingenieros*.
- Roychand, R., Kilmartin-Lynch, S., Saberian, M., Li, J., & Li, C. Q. (2025). Translating lab success to the field: Evaluating coffee biochar-enhanced concrete in real-world construction. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04233. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04233>
- Roychand, R., Kilmartin-Lynch, S., Saberian, M., Li, J., Zhang, G., & Li, C. Q. (2023). Transforming spent coffee grounds into a valuable resource for the enhancement of concrete strength. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138205>
- Salvador Terrones, J. G. (2023). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm², sustituyendo parcialmente el cemento por biocarbón de restos de madera, en la ciudad de Chiclayo* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6846>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la investigación*. MacGraw-Hill/Interamericana. <https://books.google.com.pe/books?id=BNGjAQAACAAJ>

- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). Metodología de la investigación 6ta edición. En *CF Roberto Hernandez Sampieri, Metodologia De La Investigacion 6ta edición. MEXICO: McGRAW-HILL* (6a ed.). McGraw Hill.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Bhandar Editores. <https://books.google.com.pe/books?id=EWq-QPJhsRAC>
- Saraguro, B., Carrión, J., Torres, H., & Guerrero, P. (2021). La resistencia a la compresión y el desgaste en adoquines de concreto. *Impacto Científico*, 16(2), 481-506. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/impacto/article/view/37306>
- Solis Ruiz, H. M., & Ruiz, H. M. S. (2024). Gestión de residuos sólidos y su relación con la inversión pública en municipalidades del Perú. *Revista Alfa*, 8(22), 220-231. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.260>
- Trujillo Pacaya, T. (2024). *Influencia de cenizas de malezas y concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines artesanales, Callería, Pucallpa, 2023*.
- Vallecilla, J. O. M. (2017). *Elementos de concreto reforzado I*. Ediciones Unibagué. <https://books.google.com.pe/books?id=1d70DwAAQBAJ>
- Varas Ramírez, J. B. (2021). *Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz* [ULVR]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4697>
- Zalamea Suárez, A. S. (2022). *DISEÑO DE HORMIGÓN HIDRÁULICO CON BIOCARBÓN* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/16884>

ANEXOS

ANEXO 1: Validación de Instrumentos por juicio de expertos

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : ING. Cesar Augusto Lázaro Cabrera
1.2 Cargo e institución donde labora : ingeniero civil colegiado
1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físicas de los agregados"
1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems			✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)				1	8	1
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.80

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024



Cesar Augusto Lázaro Cabrera
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 139540
FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : ING. Cesar Augusto Lázaro Cabrera
 1.2 Cargo e institución donde labora : ingeniero civil colegiado
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Diseño de mezcla por módulo de fineza"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología			✓		
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				✓	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			✓		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		↓	↓	2	8	↓
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.76

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024


 Cesar Augusto Lázaro Cabrera
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 135540
FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : ING. Cesar Augusto Lázaro Cabrera
 1.2 Cargo e institución donde labora : ingeniero civil colegiado
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					9	1
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.82

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

0.53 a menos		Validez nula
0.54 @ 0.59		Validez baja
0.60 @ 0.65		Valida
0.66 @ 0.71		Muy valida
0.72 @ 0.99	✓	Excelente validez
1		Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

.....

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del



 Cesar Augusto Lázaro Cabrera
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 135540
FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Alfredo Miguel Otañe Rodríguez
 1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físicas de los agregados"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			✓		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems			✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)				2	7	1
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.78

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024


FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Alfredo Miguel Otañe Rodríguez
 1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Diseño de mezcla por módulo de fineza"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				✓	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			✓		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados			✓		
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		↓	↓	↓	↓	↓
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.76

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024


FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Alfredo Miguel Otañe Rodríguez
1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto"
1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				✓	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					10	
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.8

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

0.53 a menos		Validez nula
0.54 @ 0.59		Validez baja
0.60 @ 0.65		Valida
0.66 @ 0.71		Muy valida
0.72 @ 0.99	✓	Excelente validez
1		Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

.....

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del


FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Dennys Ortiz Llanto
1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físicas de los agregados"
1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					8	1
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.93

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024


 Ing. Dennys Ortiz Llanto
 CIP 130648
FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Dennys Ortiz Llanto
 1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Diseño de mezcla por módulo de fineza"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				✓	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		↓	↓	↓	↓	↓
		A	B	C	D	E

Coefficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.8

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 @ 0.59	Validez baja
0.60 @ 0.65	Valida
0.66 @ 0.71	Muy valida
0.72 @ 0.99	✓ Excelente validez
1	Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del 2024



 Ing. Dennys Ortiz Llanto
 CIP 130648
FIRMA DEL JUEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION POR CRITERIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y nombre del Juez : MG. ING. Dennys Ortiz Llanto
 1.2 Cargo e institución donde labora : Docente universitario en ingeniería civil
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : "Propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto"
 1.4 Autor del instrumento : Marquez Ichavautis Lady Natally

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 1	BAJA 2	REGULAR 3	BUENA 4	MUY BUENA 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				✓	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				✓	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				✓	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				✓	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				✓	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					10	
		A	B	C	D	E

Coeficiente de validez = $(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E) / 50 =$ 0.8

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique la coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

0.53 a menos		Validez nula
0.54 @ 0.59		Validez baja
0.60 @ 0.65		Valida
0.66 @ 0.71		Muy valida
0.72 @ 0.99	✓	Excelente validez
1		Validez perfecta

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

.....

LUGAR: Chanchamayo, 26 de diciembre del



 Ing. Dennys Ortiz Llanto
 CIP 130648
FIRMA DEL JUEZ

ANEXO 2: Instrumentos para la recolección de datos

Ensayo de caracterización de los agregados:



SOLUCIONES EN INGENIERÍA
DE SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO

MUESTRA : CANTERA VILLA RICA

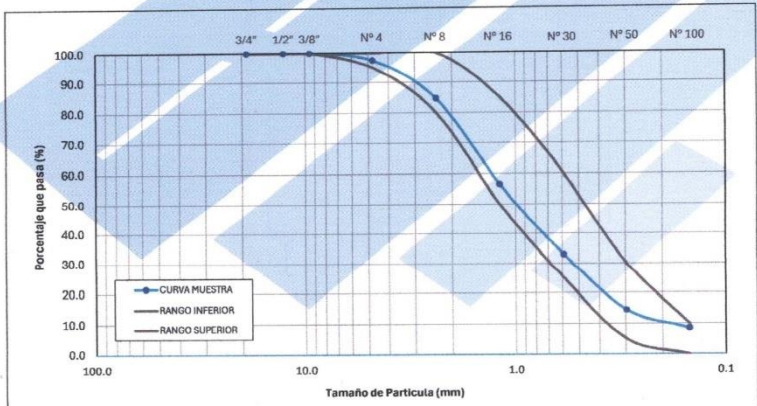
FECHA : 22/07/2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

METODO AASHTO T-27 Y ASTM D-1422 / NTP 400.012

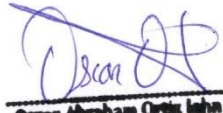
TAMIZ	ABER.mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		UBICACIÓN : VILLA RICA
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		MUESTRA : M-1
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	100	MATERIAL : ARENA GRUESA
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	100	TAMAÑO MAX : 100
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	100	PESO TOTAL : 500 g.
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0		LÍMITE LÍQUIDO :
Nº 4	4.750	12.8	2.6	2.6	97.4	95 - 100	LÍMITE PLÁSTICO :
Nº 8	2.380	64.2	12.8	15.4	84.6	80 - 100	ÍNDICE PLÁST. :
Nº 10	2.000	38.3	7.6	23.0	77.0		HUM. NATURAL :
Nº 16	1.190	102.5	20.5	43.5	56.5	50 - 85	CLASIFICACIÓN: :
Nº 30	0.590	118.4	23.6	67.1	32.9	25 - 60	M. FINEZA : 3.05
Nº 40	0.420	57.6	11.5	78.6	21.4		TMN :
Nº 50	0.297	34.5	6.9	85.5	14.5	5 - 30	CBR. :
Nº 100	0.149	29.8	5.9	91.4	8.6	0 - 10	OBSERVACIONES:
Nº 200	0.074	4.7	0.9	92.4	7.6		
FONDO		38.2	7.6	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:
Muestra proporcionada por el interesado


Susana Ortiz Carras
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 85288


Oscar Abraham Ortiz John
SUP DE MECÁNICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta

Marca registrada en  Indecopi

Playa Hermosa, San Ramón - Chanchamayo

964-672-241 | 964-725-319

 consedis.geotecnia@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

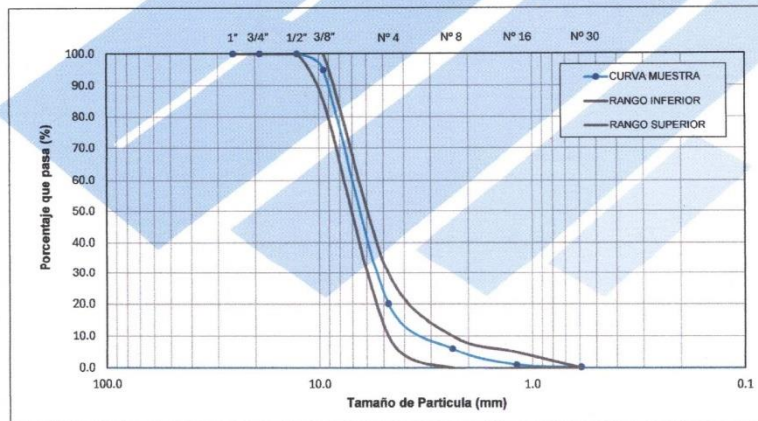
TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
MUESTRA : RIO ENTÁZ - VILLA RICA
FECHA : 22/07/2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

METODO AASHTO T-27 Y ASTM D-1422 / NTP 400.012

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0.0	0.0	0.0	100.0		UBICACIÓN : VILLA RICA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		MUESTRA : M-1
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		MATERIAL : CONFITILLO
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		TAMAÑO MAX : 1/4"
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 500 g.
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	100	LÍMITE LÍQUIDO :
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	100	LÍMITE PLÁSTICO :
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	100	ÍNDICE PLÁST. :
3/8"	9.525	25.2	5.0	5.0	95.0	85 - 100	HUM. NATURAL :
1/4"	6.350	182.7	36.5	41.5	58.5		CLASIFICACIÓN :
Nº 4	4.760	192.4	38.4	79.9	20.1	10 - 30	M. FINEZA : 3.78
Nº 8	2.380	70.3	14.0	94.0	6.0	0 - 10	TMN : 3/8"
Nº 10	2.000	16.5	3.3	97.2	2.8		CBR. :
Nº 16	1.190	8.7	1.7	99.0	1.0	0 - 5	OBSERVACIONES:
Nº 30	0.590	3.8	0.8	99.7	0.3		
FONDO		1.3	0.3	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:
Muestra proporcionada por el interesado

[Firma]
Susana Ortiz Casas
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 86288

[Firma]
Osvaldo Abraham Ortiz Jahn
ESP. DE MECÁNICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta

Marca registrada en **Indecopi**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
MUESTRA : RIO ENTÁZ - VILLA RICA
FECHA : 22/07/2025

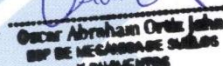
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO

NTP 339.185 / ASTM C566

MATERIAL : CONFITILLO		AGREGADO GRUESO		
		MUESTRAS		
		1	2	3
Peso de la muestra húmeda	(kg)	1476.20		
Peso de la muestra al horno	(kg)	1468.80		
Tara	(kg)	69.30		
Contenido de agua	(kg)	7.40		
Contenido de humedad	(%)	0.53		



Susana Ortiz Casas
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 85288



Oscar Abraham Ortiz Jahn
EXP. DE MECÁNICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS

Observaciones:

Muestra proporcionada por el interesado



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta

Marca registrada en  **Indecopi**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES
INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE
TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
MUESTRA : CANTERA VILLA RICA FECHA : 22/07/2025

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO

NTP 336.105 / ASTM C568

		AGREGADO FINO		
MATERIA	: ARENA GRUESA	MUESTRAS		
		1	2	3
Peso de la muestra húmeda	(kg)	1358.40		
Peso de la muestra al horno	(kg)	1344.20		
Tara	(kg)	69.30		
Contenido de agua	(kg)	14.20		
Contenido de humedad	(%)	1.11		



Susan Ortiz Casas
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 85288

Oscar Abraham Ortiz John
SUP. DE MECÁNICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS

Observaciones:
Muestra proporcionada por el interesado



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta

Marca registrada en  Indecopi

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
 LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
 MUESTRA : CANTERA VILLA RICA

FECHA : 22/07/2025

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

NTP 400.017 / ASTM C29

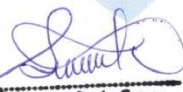
AGREGADO FINO					
MATERIAL : ARENA GRUESA		MUESTRAS			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(kg)	8.789	8.738	8.713	
peso del recipiente	(kg)	6.305	6.305	6.305	
Peso de la muestra	(kg)	2.484	2.433	2.408	
Volumen	(m ³)	0.002	0.002	0.002	
Peso unitario suelto humedo	(Kg/m ³)	1.144	1.121	1.109	1.125
Peso unitario suelto seco	(Kg/m ³)				1.112

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)

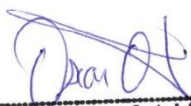
NTP 400.017 / ASTM C29

AGREGADO FINO					
MATERIAL : ARENA GRUESA		MUESTRAS			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(kg)	9.164	9.148	9.182	
peso del recipiente	(kg)	6.305	6.305	6.305	
Peso de la muestra	(kg)	2.859	2.843	2.877	
Volumen	(m ³)	0.002	0.002	0.002	
Peso unitario compactado humedo	(Kg/m ³)	1.317	1.310	1.325	1.317
Peso unitario compactado seco	(Kg/m ³)				1.303

Observaciones:
 Muestra proporcionada por el interesado



Susan Ortiz Casas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 86288


Oscar Abraham Ortiz Jaban
 ING. DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS


Verifica la originalidad
 de este certificado,
 escanea el QR y consulta

 Marca registrada en  **Indecopi**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
 LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
 MUESTRA : RIO ENTÁZ - VILLA RICA

FECHA : 22/07/2025

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

NTP 400.017 / ASTM C29

AGREGADO GRUESO					
MATERIAL : CONFITILLO		MUESTRAS			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(kg)	9.258	9.312	9.247	
peso del recipiente	(kg)	6.305	6.305	6.305	
Peso de la muestra	(kg)	2.953	3.007	2.942	
Volumen	(m3)	0.002	0.002	0.002	
Peso unitario suelto humedo	(Kg/m3)	1,360	1,385	1,355	1,367
Peso unitario suelto seco	(Kg/m3)				1,360

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)

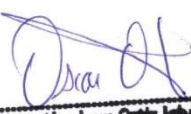
NTP 400.017 / ASTM C29

AGREGADO GRUESO					
MATERIAL : CONFITILLO		MUESTRAS			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(kg)	9.705	9.695	9.710	
peso del recipiente	(kg)	6.305	6.305	6.305	
Peso de la muestra	(kg)	3.400	3.390	3.405	
Volumen	(m3)	0.002	0.002	0.002	
Peso unitario compactado humedo	(Kg/m3)	1,566	1,562	1,569	1,566
Peso unitario compactado seco	(Kg/m3)				1,557

Observaciones:
 Muestra proporcionada por el interesado



Susann Ortiz Casas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 85288


 Oscar Abraham Ortiz Jahn
 SSP DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS



Verifica la originalidad
 de este certificado,
 escanea el QR y consulta

Marca registrada en  Indecopi

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESIS : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE
 POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
 LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
 MUESTRA : CANTERA VILLA RICA

FECHA : 22/07/2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

NTP 400.022 / ASTM C128

AGREGADO FINO				
MATERIAL : CONFITILLO		MUESTRAS		
		1	2	3
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua	(g)	984.40		
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon	(g)	678.90		
Peso del agua	(g)	305.50		
Peso de la arena secada al horno + peso del balon	(g)	673.30		
Peso del balon	(g)	178.90		
Peso de la arena secada al horno	(g)	494.40		
Volumen del balon	(cm ³)	500.00		
Peso específico de la masa	(g/cm ³)	2.54		
Peso específico de la masa saturada superficialmente seco	(g/cm ³)	2.57		
Peso específico aparente	(g/cm ³)	2.62		2.62
Absorción	(%)	1.13		1.13


 Susam Ortiz Casbis
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 85289


 Oscar Abraham Ortiz Jalla
 EEP DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS

Observaciones:

Muestra proporcionada por el interesado


 Verifica la originalidad
 de este certificado,
 escanea el QR y consulta

 Marca registrada en  Indecopi

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO
 BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
 LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
 MUESTRA : RIO ENTAZ - VILLA RICA

FECHA : 22/07/2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

NTP 400.021 / ASTM C127

AGREGADO GRUESO				
MATERIAL : CONFITILLO		MUESTRAS		
		1	2	3
Peso de material seco ($110 \pm 5^\circ\text{C}$)	(g)	2970.00		
Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca	(g)	3000.00		
Peso de la muestra sat. dentro del agua + peso de la canastilla	(g)	2874.00		
Peso de la canastilla	(g)	981.00		
Peso de la muestra sat. dentro del agua	(g)	1893.00		
Peso específico de la masa	(g/cm ³)	2.68		
Peso específico de la masa saturada superficialmente seco	(g/cm ³)	2.71		
Peso específico aparente	(g/cm ³)	2.76		2.76
Absorción	(%)	1.01		1.01


 Samuel Ortiz Casas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 85269


 Oscar Abraham Ortiz Jahn
 ESP DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS

Observaciones:

Muestra proporcionada por el interesado


 Verifica la originalidad
 de este certificado,
 escanea el QR y consulta

 Marca registrada en  **Indecopi**

Diseño de mezcla ACI 211:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TESISTA : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADQUINES
INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO
TIPO R-15 PARA LA RUTA 2024"
LUGAR : VILLA RICA - OXAPAMPA - PASCO
FECHA : 22/07/2025

DISEÑO DE MEZCLA $f_c = 420 \text{ kg/cm}^2$

MATERIALES:

CEMENTO : Portland Tipo I - Pacasmayo
PESO DE BOLSA : 42.5 kg.
PESO ESPECÍFICO : 3.15 g/cm³

DATOS DE LABORATORIO:

ENSAYOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/8"
MÓDULO DE FINEZA	3.05	3.78
PESO UNITARIO SUELTO SECO (KG/M ³)	1,112	1,360
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (KG/M ³)	1,303	1,557
PESO ESPECÍFICO	2.62	2.76
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.13	1.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.11	0.53

VALORES DE DISEÑO:

f_c	(kg/cm ²)	420
f_{cr}	(kg/cm ²)	518
ASENTAMIENTO SLUMP		1"
VOL. AGUA	(lt/m ³)	207.00
AIRE INCORPORADO	(%)	3.00
RELACION A/C		0.41
FACTOR CEMENTO	(bol/m ³)	11.88
PESO DEL AGREGADO GRUESO	(kg/cm ³)	598.29

VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS:

CEMENTO	$10.82 \times 42.5 / 3.15 / 1000$	0.160
AGUA	$207.00 / 1000$	0.207
AIRE	3%	0.030
AGREGADO GRUESO	$685.16 / 2.76 / 1000$	0.217
TOTAL		0.614
VOLUMEN DEL AGREGADO FINO	$1.00 - 0.631$	0.366
		1.000 m ³
PESO DEL AGREGADO FINO	$0.366 \times 2.62 \times 1000$	958.92 kg/cm ³



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta


Susam Ortiz Casas
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 85288


Oscar Abraham Ortiz Jahn
GAP DE MECÁNICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS

Marca registrada en  Indecopi

Playa Hermosa, San Ramón - Chanchamayo

964-672-241 | 964-725-319

 consedis.geotecnica@gmail.com

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3:

CEMENTO	42.5 x 10.83	504.88 kg.
AGUA		207.00 l.
AGREGADO FINO		1009.65 kg.
AGREGADO GRUESO		598.29 kg.
TOTAL DE MATERIALES		2,319.82 kg.

PROPORCIONES EN PESO:

CEMENTO	460.00	/	460.00	1.00 m3
AGUA	207.00	/	460.00	0.45
AGREGADO FINO	1009.65	/	460.00	2.19
AGREGADO GRUESO	598.29	/	460.00	1.30

CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA:

CEMENTO			42.50 kg/bolsa
AGUA	0.36	x	42.50
AGREGADO FINO	2.19	x	42.50
AGREGADO GRUESO	1.30	x	42.50

PROPORCIONES EN PESO:

CEMENTO	42.50	/	42.50	1.00 p3
AGUA				15.30
AGREGADO FINO	93.28	/	31.51	2.96
AGREGADO GRUESO	55.28	/	38.52	1.44

CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

	CORRECCION POR HUMEDAD	AGUA EFECTIVA
AGREGADO FINO	1020.90	0.19
AGREGADO GRUESO	601.45	2.88
TOTAL DE AGUA EFECTIVA		3.07

DISEÑO FINAL:

CEMENTO	504.88 kg.
AGUA	210.07 l.
AGREGADO FINO	1020.90 kg.
AGREGADO GRUESO	601.45 kg.
TOTAL	2337.30 kg.

PESO POR MUESTRA 0.0012 m3

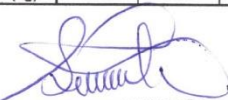
CEMENTO	0.61 kg.
AGUA	0.25 l.
AGREGADO FINO	1.23 kg.
AGREGADO GRUESO	0.72 kg.
TOTAL	2.80 kg.

CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA:

MATERIALES		BPC 0%	BPC 5%	BPC 10%	BPC 15%
CEMENTO	(kg)	0.61	0.58	0.52	0.44
BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ	(kg)	0.00	0.03	0.06	0.08
AGUA	(l)	0.25	0.25	0.25	0.25
AGREGADO FINO	(kg)	1.23	1.23	1.23	1.23
AGREGADO GRUESO	(kg)	0.72	0.72	0.72	0.72



Verifica la originalidad
de este certificado,
escanea el QR y consulta


Susan Ortiz Casas
 INGENIERO CIVIL
 C.P. N° 65286


Oscar Abraham Ortiz Jahn
 ESP DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS

Marca registrada en  **Indecopi**

Playa Hermosa, San Ramón - Chanchamayo

964-672-241 | 964-725-319

 consedis.geotecnia@gmail.com

Ensayo de tolerancia dimensional:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025
Código : NTP 399.611 (2017)
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos
Código : ASTM C936
Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CONVENCIONAL			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		LARGO (mm)	200
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	199.6	199.5	199.5	199.6	199.6	0.4	0.2	
M-02	200.8	200.8	200.7	200.7	200.8	-0.8	0.4	
M-03	201.0	201.0	200.9	200.9	201.0	-0.9	0.5	
M-04	199.0	199.0	198.9	198.9	199.0	1.1	0.5	
M-05	199.4	199.4	199.5	199.5	199.5	0.6	0.3	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CONVENCIONAL			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ANCHO (mm)	100
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	100.7	100.7	100.8	100.7	100.7	-0.7	0.7	
M-02	99.1	99.1	99.1	99.0	99.1	0.9	0.9	
M-03	100.2	100.2	100.2	100.2	100.2	-0.2	0.2	
M-04	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	-0.8	0.8	
M-05	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	0.5	0.5	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CONVENCIONAL			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ESPESOR (mm)	60
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	58.9	58.9	58.8	58.8	58.9	1.2	1.9	
M-02	59.0	59.0	59.0	59.1	59.0	1.0	1.6	
M-03	59.4	59.4	59.5	59.4	59.4	0.6	1.0	
M-04	60.5	60.5	60.6	60.6	60.6	-0.5	0.9	
M-05	61.0	60.9	60.9	60.9	60.9	-0.9	1.5	

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 399.611 (2017)
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : ASTM C936
Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		LARGO (mm)	200
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	199.5	199.4	199.4	199.5	199.5	0.6	0.3	
M-02	200.7	200.7	200.6	200.6	200.7	-0.7	0.3	
M-03	201.2	201.2	201.2	201.2	201.2	-1.2	0.6	
M-04	200.4	200.4	200.3	200.4	200.4	-0.4	0.2	
M-05	199.2	199.1	199.1	199.2	199.2	0.9	0.4	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ANCHO (mm)	100
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	99.6	99.7	99.7	99.6	99.7	0.3	0.3	
M-02	100.0	100.1	100.1	100.1	100.1	-0.1	0.1	
M-03	100.3	100.2	100.2	100.3	100.3	-0.3	0.3	
M-04	99.5	99.4	99.5	99.4	99.5	0.6	0.6	
M-05	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	-0.8	0.8	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ESPESOR (mm)	60
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	59.4	59.4	59.4	59.4	59.4	0.6	1.0	
M-02	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	1.1	1.8	
M-03	60.8	60.7	60.8	60.8	60.8	-0.8	1.3	
M-04	59.2	59.2	59.2	59.1	59.2	0.8	1.4	
M-05	60.9	61.0	61.0	61.0	61.0	-1.0	1.6	

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 399.611 (2017)
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : ASTM C936
Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		LARGO (mm)	200
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	200.4	200.5	200.4	200.5	200.5	-0.4	0.2	
M-02	200.7	200.8	200.8	200.7	200.8	-0.8	0.4	
M-03	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	0.6	0.3	
M-04	199.0	199.0	199.0	198.9	199.0	1.0	0.5	
M-05	200.1	200.1	200.1	200.1	200.1	-0.1	0.0	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ANCHO (mm)	100
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	99.4	99.4	99.4	99.3	99.4	0.6	0.6	
M-02	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	-0.5	0.5	
M-03	99.4	99.4	99.5	99.5	99.5	0.5	0.5	
M-04	99.0	99.1	99.1	99.0	99.1	1.0	1.0	
M-05	100.8	100.8	100.8	100.9	100.8	-0.8	0.8	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ESPESOR (mm)	60
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	60.7	60.7	60.8	60.8	60.8	-0.8	1.3	
M-02	59.1	59.1	59.2	59.1	59.1	0.9	1.5	
M-03	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	0.5	0.8	
M-04	60.2	60.2	60.3	60.3	60.3	-0.3	0.4	
M-05	61.0	61.0	60.9	60.9	61.0	-1.0	1.6	

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI, GP 004)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

ASTERESPI S.A.C.
Ing. g. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025
Código : NTP 399.611 (2017)
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos
Código : ASTM C936
Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		LARGO (mm)	200
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	0.8	0.4	
M-02	200.3	200.2	200.2	200.3	200.3	-0.3	0.1	
M-03	199.6	199.6	199.6	199.6	199.6	0.4	0.2	
M-04	198.0	198.0	199.1	199.1	198.6	1.4	0.7	
M-05	200.6	200.7	200.7	200.6	200.7	-0.7	0.3	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ANCHO (mm)	100
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	99.1	99.0	99.0	99.1	99.1	0.9	0.9	
M-02	99.5	99.4	99.4	99.5	99.5	0.5	0.5	
M-03	100.6	100.6	100.6	100.7	100.6	-0.6	0.6	
M-04	99.2	99.3	99.2	99.2	99.2	0.8	0.8	
M-05	100.9	100.9	100.8	100.9	100.9	-0.9	0.9	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC			DIMENSIÓN ESPECIFICADA:		ESPESOR (mm)	60
MUESTRA	L-1	L-2	L-3	L-4	PROM.	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (%)	
M-01	59.2	59.2	59.2	59.1	59.2	0.8	1.4	
M-02	59.0	59.0	59.1	59.1	59.1	1.0	1.6	
M-03	60.4	60.4	60.4	60.5	60.4	-0.4	0.7	
M-04	60.8	60.7	60.7	60.7	60.7	-0.7	1.2	
M-05	59.7	59.7	59.8	59.7	59.7	0.3	0.5	

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Ensayo de absorción a adoquines de concreto:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO"
Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025
Código : **NTP 399.611 (2017)**
Título : **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos**
Código : **ASTM C936**
Título : **Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units**

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CONVENCIONAL		
MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
M-01	2501	2615	4.56	4.7
M-02	2516	2630	4.53	
M-03	2480	2598	4.76	
M-04	2510	2634	4.94	
M-05	2495	2616	4.85	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC		
MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
M-01	2435	2525	3.70	3.6
M-02	2441	2528	3.56	
M-03	2447	2536	3.64	
M-04	2440	2528	3.61	
M-05	2438	2526	3.61	

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC		
MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
M-01	2283	2410	5.56	5.7
M-02	2310	2442	5.71	
M-03	2294	2428	5.84	
M-04	2305	2434	5.60	
M-05	2290	2421	5.72	

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SE REALICE EN SU TOTALIDAD CON LA PERMANENCIA DE INDECOPI, GEOMAT.

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO"
Fecha recepción : sábado, 9 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : **NTP 399.611 (2017)**
Título : **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos**

Código : **ASTM C936**
Título : **Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units**

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO:		ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC		
MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)
M-01	2236	2390	6.89	6.8
M-02	2241	2394	6.83	
M-03	2230	2380	6.73	
M-04	2246	2398	6.77	
M-05	2229	2382	6.86	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD Y PARA EFECTOS DE INFORMACIÓN (INFORMACIÓN)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo

Cel.: 981 783 260

E-mail: kageotecnia@gmail.com

RUC: 20568773714

ASTERESPI S.A.C.

Ing. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Ensayo de resistencia a compresión de adoquines de concreto:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

ASTERESPI

S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI

N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : **NTP 399.611 (2017)**

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : **ASTM C936**

Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm²)	f _c (kg/cm²)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	199.70	100.20	59.40	62010	200.10	309.90
M-02	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	199.20	99.80	60.40	61670	198.80	310.21
M-03	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	200.20	98.90	58.70	60950	198.00	307.83
M-04	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	199.80	99.60	59.50	61400	199.00	308.54
M-05	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	200.50	99.80	61.20	61880	200.10	309.25
M-06	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	199.40	99.40	60.50	71230	198.20	359.38
M-07	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	199.80	99.40	60.40	70860	198.60	356.80
M-08	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	198.70	99.80	58.80	70960	198.30	357.84
M-09	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	201.20	99.60	59.80	71750	200.40	358.04
M-10	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	200.80	99.80	59.30	72200	200.40	360.28
M-11	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	200.10	99.80	60.50	88300	199.70	442.16
M-12	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	199.50	100.10	58.90	89470	199.70	448.02
M-13	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	199.40	100.20	61.10	90100	199.80	450.95
M-14	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	200.50	100.00	60.60	90450	200.50	451.12
M-15	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	199.80	99.90	58.70	88800	199.60	444.89

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL PETICIONARIO

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP.004)

Equipo utilizado

Presas de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 INDE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-XS, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espintu Veliz

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S

CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo

Cel.: 981 783 260

E-mail: kageotecnia@gmail.com

RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 399.611 (2017)

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : ASTM C936

Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm²)	f _c (kg/cm²)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	200.20	98.80	60.40	69960	197.80	353.69
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	201.20	99.40	59.40	70600	199.99	353.01
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.60	100.40	61.00	70410	200.40	351.35
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.00	101.10	60.50	71000	201.19	352.90
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.50	99.40	58.90	69860	198.30	352.29
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	200.40	98.90	58.80	78560	198.20	396.38
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.40	100.50	58.80	79400	200.40	396.21
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	200.80	100.40	60.40	80350	201.60	398.56
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.60	100.50	60.80	79770	200.60	397.66
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	200.40	99.00	59.70	78800	198.40	397.19
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	200.60	99.90	59.80	99720	200.40	497.61
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	201.10	100.80	60.20	101890	202.71	502.64
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	199.70	99.80	61.10	99560	199.30	499.55
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	200.20	100.20	58.70	100600	200.60	501.49
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	199.70	99.60	59.80	100220	198.90	503.87

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL PETICIONARIO

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI GP.004)

Equipo utilizado

Preso de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 N°DE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-XS, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 399.611 (2017)
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : ASTM C936
Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm²)	f _c (kg/cm²)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	198.90	100.80	59.40	58300	200.49	290.79
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.80	99.20	60.20	56670	198.20	285.92
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.20	100.60	61.10	58080	200.40	289.83
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.20	99.50	59.30	57550	199.20	288.91
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	198.90	100.80	58.80	58700	200.49	292.78
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.60	100.40	60.40	66200	200.40	330.34
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.70	99.20	59.80	65700	199.09	329.99
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.50	99.20	60.40	64950	197.90	328.19
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.20	100.10	59.40	65350	200.40	326.10
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.80	99.90	59.80	65800	199.60	329.66
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.50	100.40	58.80	79600	200.30	397.41
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.20	100.80	60.10	81010	201.80	401.43
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.80	99.20	60.50	79700	199.19	400.11
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.20	98.90	60.70	79950	197.01	405.82
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.70	100.60	59.70	80550	201.90	398.95

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL PETICIONARIO

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Equipo utilizado

Prueba de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 MDE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-XS, CALIBRADO EN LABORATORIO CALBRATEC SAC 11/2024



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Kathern Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : **NTP 399.611 (2017)**

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

Código : **ASTM C936**

Título : Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units

MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm²)	Fc (kg/cm²)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.20	99.10	59.80	46890	198.40	236.34
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.80	100.50	59.40	48040	201.80	238.05
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.50	99.80	59.20	48170	199.10	241.94
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.40	99.40	60.40	47360	198.20	238.95
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.80	100.60	60.20	47670	201.00	237.17
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	198.80	100.80	58.80	54420	200.39	271.57
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.40	99.60	60.10	53630	198.60	270.04
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.80	100.60	59.40	55080	202.00	272.67
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.60	99.40	59.80	54230	199.40	271.97
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	201.10	98.90	60.10	53400	198.89	268.49
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.80	100.50	60.40	70270	200.80	349.95
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.40	100.60	60.60	70850	201.60	351.43
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.80	99.40	59.30	69630	199.60	348.86
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.60	100.40	59.40	71020	200.40	354.39
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	198.90	99.70	58.80	69900	198.30	352.49

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL PETICIONARIO

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI. GP.004)

Equipo utilizado

Presas de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 N°DE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-X5, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

Ensayo de resistencia a flexión de adoquines de concreto:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

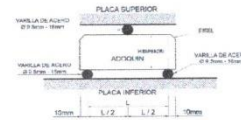
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 339.124 (1988)

Título : ADOQUINES DE CONCRETO. Metodos y ensayos

Código : NTG 41087 h1

Título : Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.



MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN PROMEDIO			CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm²)	MR (MPa)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	199.60	100.40	58.80	500.00	38.80	3.81
M-02	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	199.40	99.80	59.90	510.00	38.33	3.76
M-03	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	200.50	100.20	60.20	500.00	37.28	3.66
M-04	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	200.10	99.50	59.80	530.00	40.24	3.95
M-05	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	15/08/2025	7	200.40	99.40	60.90	520.00	38.17	3.74
M-06	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	199.20	99.40	60.10	640.00	47.92	4.70
M-07	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	199.50	100.10	58.70	650.00	50.74	4.98
M-08	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	199.40	100.40	59.70	640.00	48.13	4.72
M-09	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	200.20	100.00	60.90	640.00	46.64	4.57
M-10	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	22/08/2025	14	200.50	99.20	59.80	630.00	48.08	4.72
M-11	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	200.40	99.40	56.40	770.00	59.41	5.83
M-12	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	200.80	99.20	59.30	760.00	59.09	5.79
M-13	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	199.40	100.10	60.10	760.00	56.56	5.55
M-14	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	199.20	99.50	59.80	740.00	56.28	5.52
M-15	ADOQUIN CONVENCIONAL	8/08/2025	5/09/2025	28	200.60	100.40	59.10	750.00	57.94	5.68

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

"EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP 004)

Equipo utilizado

Prueba de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 NDE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-XS, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo

Cel.: 981 783 260

E-mail: kageotecnia@gmail.com

RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

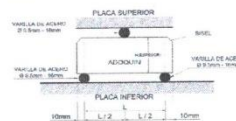
Fecha emisión : miércoles, 10 de Septiembre de 2025

Código : NTP 339.124 (1988)

Título : ADOQUINES DE CONCRETO. Metodos y ensayos

Código : NTG 41087 h1

Título : Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.



MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm²)	MR (MPa)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	200.80	100.20	59.80	420.00	31.75	3.11
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.50	99.80	60.20	410.00	30.52	2.99
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.10	100.80	59.40	400.00	30.21	2.96
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	200.10	99.50	60.40	450.00	33.49	3.28
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	15/08/2025	7	199.50	100.30	59.20	410.00	31.40	3.08
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	200.50	99.40	60.30	550.00	41.20	4.04
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.40	100.20	59.60	530.00	40.07	3.93
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.10	100.80	59.40	540.00	40.79	4.00
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.40	100.20	59.80	540.00	40.55	3.98
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	22/08/2025	14	199.50	99.80	60.00	560.00	41.97	4.12
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	200.30	99.20	59.80	670.00	51.08	5.01
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	198.80	100.10	59.80	690.00	51.70	5.07
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	199.60	99.10	60.60	680.00	50.34	4.94
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	200.50	99.40	60.10	640.00	48.26	4.73
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 5% BPC	8/08/2025	5/09/2025	28	200.80	99.80	60.50	660.00	49.00	4.81

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISITA

"EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Equipo utilizado

Presas de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 N°DE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-X3, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherine Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

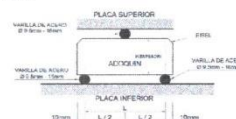
Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 339.124 (1988)

Título : ADOQUINES DE CONCRETO. Metodos y ensayos

Código : NTG 41087 h1

Título : Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.



MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VAGIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm²)	MR (MPa)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.20	100.40	59.80	360.00	27.10	2.66
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.50	99.50	60.90	380.00	27.88	2.73
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.30	100.20	58.80	350.00	27.17	2.66
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.80	100.10	59.80	350.00	26.55	2.60
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.40	100.70	59.50	360.00	27.33	2.68
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.00	100.50	59.80	480.00	36.06	3.54
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.10	99.70	59.40	460.00	35.33	3.46
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.40	99.80	60.80	480.00	35.01	3.43
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.60	99.40	60.20	470.00	35.15	3.45
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.50	100.20	59.40	470.00	35.79	3.51
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.40	99.20	59.40	520.00	39.98	3.92
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.90	99.40	58.90	550.00	43.04	4.22
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.20	99.50	59.40	540.00	41.58	4.08
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.50	100.10	60.40	530.00	39.29	3.85
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 10% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.30	100.60	59.40	540.00	41.14	4.04

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Equipo utilizado

Prueba de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 N°DE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-X3, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesista : BACH. LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS

Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORANDO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"

Fecha recepción : viernes, 8 de Agosto de 2025

Fecha emisión : miércoles, 10 de Setiembre de 2025

Código : NTP 339.124 (1988)

Título : ADOQUINES DE CONCRETO. Métodos y ensayos

Código : NTG 41087 h1

Título : Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.



MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIMENSIÓN			CARGA MÁXIMA (kg)	MÓDULO DE RUTURA (kg/cm²)	MR (MPa)
					LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
M-01	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.20	100.40	60.40	260.00	19.08	1.87
M-02	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.50	99.80	59.40	250.00	19.12	1.87
M-03	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.50	99.40	59.20	240.00	18.65	1.83
M-04	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	199.10	100.10	60.50	240.00	17.60	1.73
M-05	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	16/08/2025	7	200.10	100.30	60.60	260.00	19.07	1.87
M-06	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.60	99.10	60.10	300.00	22.70	2.23
M-07	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	200.50	100.40	59.50	320.00	24.38	2.39
M-08	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.50	100.80	58.90	300.00	23.10	2.27
M-09	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.40	100.50	60.00	310.00	23.06	2.26
M-10	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	23/08/2025	14	199.50	99.70	59.60	320.00	24.17	2.37
M-11	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.40	100.10	60.20	420.00	31.33	3.07
M-12	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.80	100.20	59.80	410.00	30.86	3.03
M-13	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	199.60	100.40	60.60	410.00	29.96	2.94
M-14	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.20	100.20	60.90	420.00	30.55	3.00
M-15	ADOQUIN CON INCORPORACIÓN DE 15% BPC	9/08/2025	6/09/2025	28	200.10	100.10	60.80	430.00	31.39	3.08

Observaciones:

*MUESTRAS OTORGADAS POR EL TESISTA

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA PRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE INDECOPI: GP-004)

Equipo utilizado

Prueba de concreto: PYS EQUIPOS MODELO PYS 5001 MPDE SERIE 206 INDICADOR DIGITAL 315-XS, CALIBRADO EN LABORATORIO CALIBRATEC SAC 11/2024

ASTERESPI S.A.C.
Ing. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Cel.: 981 783 260
E-mail: kageotecnia@gmail.com
RUC: 20568773714

Certificados de calibración:

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 071

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. Expediente: 0520

2. Solicitante: MASTERESPI S.A.C.

3. Dirección: JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO

4. Equipo: HORNO DE SECADO

Marca: PYS

Modelo: STHX-1A

N° de serie: 17821

Procedencia: NO INDICA

Identificación: NO INDICA

Ubicación: LABORATORIO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 250 °C	0 °C a 250 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

5. Fecha de calibración 2024-12-19

Fecha de Emisión

2024-12-26

Escanee el QR para ver el certificado de calibración

Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817646 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/12/2024 14:11:35-0500

Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

📞 977 997 385 - 913 028 621

📞 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C. ubicado en Jr. Paracas Nro. S/N (S69068270 - Barrio Patarcocha Pilcomayo)
Junin - Huancayo - Pilcomayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,0 °C	24,3 °C
Humedad relativa	58 %	60 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
MSG	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH12) con incertidumbre en el orden de 0,11 °C a 0,14 °C	LTT24-0182

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 224,6 VAC
- La carga para la medición fue de 60 % y consistió de 1 Tara grande y 6 taras pequeñas con muestra

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 24,1 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,2	109,6	110,5	109,7	107,8	107,9	112,1	112,6	106,8	106,7	112,7	109,6	6,0
02	109,8	109,5	110,2	109,3	107,5	107,8	111,5	112,1	106,6	106,6	112,2	109,3	5,7
04	109,8	109,3	109,8	109,0	107,3	107,6	111,1	111,7	106,4	106,3	112,0	109,0	5,8
06	110,0	109,1	109,8	109,1	107,3	107,4	111,5	111,8	106,3	106,2	111,9	109,0	5,8
08	110,0	109,1	110,0	109,1	107,3	107,4	111,9	112,2	106,3	106,4	112,1	109,2	5,9
10	110,2	109,3	110,3	109,5	107,6	107,5	112,2	112,9	106,5	106,7	112,6	109,5	6,5
12	110,2	109,6	110,6	109,9	107,7	107,9	112,3	112,9	106,7	106,7	112,8	109,7	6,3
14	110,3	109,7	110,5	109,7	107,7	107,9	112,4	112,7	106,8	106,7	112,6	109,7	6,1
16	110,1	109,5	110,2	109,3	107,4	107,7	111,5	112,0	106,6	106,5	112,0	109,3	5,6
18	110,1	109,2	109,8	109,0	107,2	107,5	111,1	111,6	106,4	106,2	111,6	109,0	5,5
20	110,0	109,1	109,7	108,9	107,1	107,3	111,2	111,6	106,3	106,1	111,7	108,9	5,7
22	109,9	109,1	109,9	109,2	107,3	107,3	111,9	112,3	106,3	106,4	112,1	109,2	6,0
24	110,0	109,4	110,4	109,4	107,6	107,6	112,3	112,9	106,5	106,6	112,6	109,5	6,5
26	109,9	109,7	110,5	109,7	107,8	107,8	112,2	112,8	106,6	106,7	112,7	109,7	6,3
28	109,8	109,5	110,3	109,4	107,5	107,7	111,9	112,3	106,6	106,6	112,4	109,4	5,9
30	109,7	109,5	110,1	109,0	107,4	107,6	111,8	112,0	106,5	106,5	111,9	109,2	5,5
32	109,7	109,4	110,1	109,0	107,3	107,6	111,7	112,1	106,5	106,5	112,0	109,2	5,6
34	109,6	109,4	110,1	109,4	107,4	107,6	111,7	112,2	106,5	106,6	112,1	109,3	5,7
36	109,8	109,4	110,2	109,4	107,5	107,6	111,7	112,3	106,5	106,6	112,2	109,3	5,8
38	109,8	109,3	110,1	109,3	107,4	107,6	111,4	112,0	106,4	106,4	112,0	109,2	5,7
40	110,0	109,3	110,0	109,2	107,4	107,6	111,7	112,2	106,3	106,5	112,2	109,2	6,0
42	110,0	109,4	110,2	109,3	107,5	107,6	112,0	112,6	106,5	106,5	112,4	109,4	6,1
44	110,1	109,5	110,3	109,5	107,6	107,7	112,1	112,6	106,5	106,7	112,2	109,5	6,1
46	110,2	109,4	110,2	109,3	107,4	107,6	111,8	112,3	106,5	106,6	112,2	109,3	5,8
48	110,3	109,4	110,1	109,3	107,5	107,7	111,8	112,3	106,5	106,5	112,1	109,3	5,8
50	110,2	109,3	110,1	109,2	107,3	107,5	111,4	112,1	106,4	106,4	112,1	109,2	5,8
52	110,2	109,3	110,0	109,2	107,4	107,5	111,4	112,0	106,4	106,3	112,1	109,2	5,9
54	110,1	109,2	110,0	109,3	107,4	107,5	111,7	112,2	106,4	106,5	112,1	109,2	5,8
56	109,9	109,3	110,1	109,3	107,4	107,6	111,8	112,4	106,4	106,6	112,2	109,3	6,0
58	109,9	109,4	110,3	109,5	107,6	107,7	112,1	112,7	106,6	106,7	112,3	109,5	6,1
60	109,8	109,4	110,2	109,4	107,5	107,7	111,8	112,5	106,5	106,5	112,3	109,4	6,0
T. PROM		109,4	110,1	109,3	107,5	107,6	111,8	112,3	106,4	106,5	112,2	109,3	
Temp. máxima		109,7	110,6	109,9	107,8	107,9	112,4	112,9	106,8	106,7	112,8		
Temp. mínima		109,1	109,7	108,9	107,1	107,3	111,1	111,6	106,3	106,1	111,6		
DTT		0,6	0,9	1,0	0,7	0,6	1,3	1,4	0,5	0,7	1,2		

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	112,9	0,4
Mínima Temperatura medida	106,1	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,4	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,8	0,4
Estabilidad medida	0,70	0,05
Uniformidad medida	6,5	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

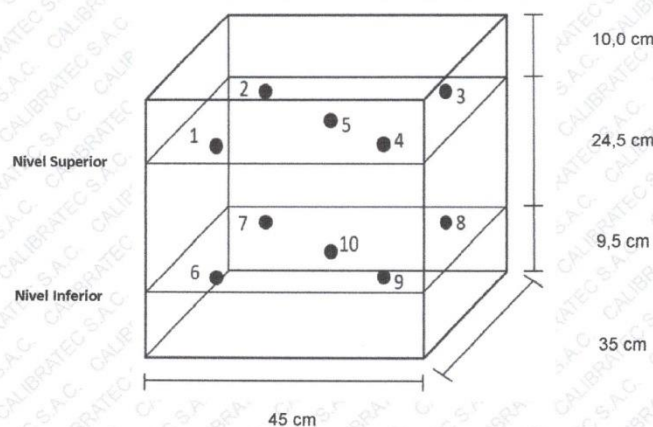
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo
CUMPLE con los límites especificados de temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 7 cm de las paredes laterales y a 7 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

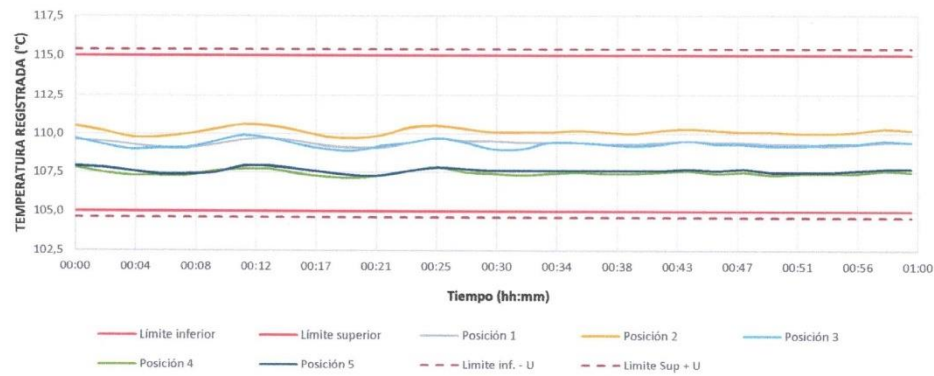
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

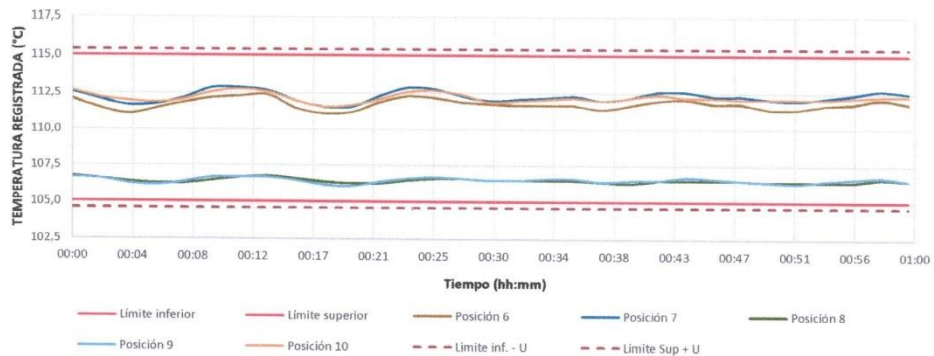
Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-0101-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0445-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0520
2. Solicitante	MASTERESPI S.A.C.
3. Dirección	JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca	OHAUS
Modelo	R21PE30ZH
N° de serie	357860161
Identificación	NO INDICA
Procedencia	CHINA
Capacidad máxima:	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Capacidad mínima	200 g
Clase de exactitud	III
5. Fecha de calibración	2024-11-19

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-11-25



Escanee el QR para
ver el certificado de
calibración



Jefe de Laboratorio

Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 25/11/2024 12:05:41-0500



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0445-2024

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Ensayo de Materiales de MASTERESPI S.A.C. ubicado en Av. Huancavelica Nro. 2231 El tambo - Huancayo - Junín

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	17,9 °C	17,9 °C
Humedad relativa	43 %	43 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	0994-MPES-C-2024
PESATEC	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	1113-MPES-C-2024
PESATEC	Pesa de 10 kg de clase M1	0992-MPES-C-2024
PESATEC	Pesa de 20 kg de clase M1	0993-MPES-C-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29994 g)
- La división de verificación "e" y la clase de exactitud se encuentra indicado en la balanza
- La capacidad mínima ha sido determinado según la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático"
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 9 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento de calibración
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0445-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	17,9 °C	17,9 °C

	Inicial	Final
Humedad	43,0 %	42,0 %

Carga L1 15 000,1 g		
I	ΔL	E
g	g	g
15 000	0,2	0,2
15 001	0,9	0,5
15 001	0,8	0,6
15 001	0,8	0,6
15 000	0,3	0,1
15 000	0,4	0,0
15 001	0,8	0,6
15 001	0,8	0,6
15 000	0,4	0,0
15 001	0,9	0,5
Dif Máx. Encontrada		0,6
EMP		20

Carga L2 30 000,5 g		
I	ΔL	E
g	g	g
29 998	0,3	-2,3
29 998	0,3	-2,3
29 998	0,2	-2,2
29 999	0,9	-1,9
29 998	0,2	-2,2
29 998	0,3	-2,3
29 998	0,1	-2,0
29 999	0,8	-1,8
29 999	1,0	-2,0
29 999	0,9	-1,9
Dif Máx. Encontrada		0,5
EMP		30

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	4
2	5

	Inicial	Final
Temperatura	17,9 °C	17,9 °C

	Inicial	Final
Humedad	42,0 %	43,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido Ec				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	Ec g
1	100,0	100	0,6	-0,1	10 000,1	10 001	0,9	0,5	0,6
2		100	0,6	-0,1		10 001	0,8	0,6	0,7
3		100	0,6	-0,1		10 001	0,8	0,6	0,7
4		100	0,6	-0,1		10 001	0,7	0,7	0,8
5		100	0,6	-0,1		10 001	0,8	0,6	0,7
Error máximo permitido (±)									20

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0445-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	17,9 °C	17,9 °C	Humedad	43,0 %	43,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 100,0	100	0,7	-0,2						
200,0	200	0,7	-0,2	0,0	201	0,7	0,8	1,0	10
3 000,0	3 000	0,7	-0,2	0,0	3 002	0,6	1,9	2,1	10
6 000,0	6 001	0,9	0,6	0,8	6 002	0,5	2,0	2,2	20
9 000,0	9 000	0,2	0,3	0,5	9 002	0,6	1,9	2,1	20
12 000,1	12 001	0,8	0,6	0,8	12 002	0,4	2,0	2,2	20
15 000,1	15 001	0,8	0,6	0,8	15 003	0,7	2,7	2,9	20
18 000,1	18 001	0,6	0,8	1,0	18 002	0,8	1,6	1,8	20
21 000,4	21 001	0,6	0,5	0,7	21 002	1,0	1,1	1,3	30
24 000,4	24 001	0,7	0,4	0,6	24 002	0,9	1,2	1,4	30
30 000,5	30 000	0,4	-0,4	-0,1	30 000	0,4	-0,4	-0,1	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{1,1^2 + 0,00000000075 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000038 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

✉ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0220-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

- Expediente: 0520
- Solicitante: MASTERESPI S.A.C.
- Dirección: JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO
- Instrumento calibrado: MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)

Marca	PYS
Modelo	PYS5001
N° de serie	206
Identificación	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Intervalo de indicación	0 kgf a 100000 kgf
Resolución	10 kgf
Clase de exactitud	NO INDICA
Modo de fuerza	Compresión

Indicador Digital

Marca	HIGH WEIGHT	Serie	X50012
Modelo	315-X5	Resolución	10 kgf

Transductor de Presión

Marca	NO INDICA	Serie	5393
Modelo	NO INDICA		
- Fecha de calibración: 2024-11-19

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-11-25



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/11/2024 09:24:50-0500

Jefe de Laboratorio

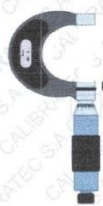


Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0220-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Ensayo de Materiales de MASTERESPI S.A.C. ubicado en Av. Huancavelica Nro. 2231 El tambo - Huancayo - Junin

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	18,5 °C	19,0 °C
Humedad relativa	41 %	40 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 272 kg	INF-LE N° 070-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0220-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf	kgf	
%	kgf							kgf
10	10000	10072	10102	10082	—	—	10085	-85
20	20000	20110	20130	20125	—	—	20122	-122
30	30000	30123	30128	30108	—	—	30120	-120
40	40000	40076	40081	40101	—	—	40086	-86
50	50000	50067	50077	50082	—	—	50076	-76
60	60000	60028	60043	60033	—	—	60035	-35
70	70000	70023	70038	70043	—	—	70035	-35
80	80000	80033	80043	80053	—	—	80043	-43
90	90000	90022	90032	90037	—	—	90030	-30
100	100000	100014	100029	100045	—	—	100029	-29

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kgf						%
10	10000	-0,84	0,29	—	0,10	—	0,97
20	20000	-0,61	0,10	—	0,05	—	0,54
30	30000	-0,40	0,07	—	0,03	—	0,42
40	40000	-0,21	0,06	—	0,03	—	0,36
50	50000	-0,15	0,03	—	0,02	—	0,34
60	60000	-0,06	0,02	—	0,02	—	0,32
70	70000	-0,05	0,03	—	0,01	—	0,31
80	80000	-0,05	0,03	—	0,01	—	0,30
90	90000	-0,03	0,02	—	0,01	—	0,30
100	100000	-0,03	0,03	—	0,01	—	0,30

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	Resolución relativa a %	Cero f0 %
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f ₀)	0,00 %
--	--------

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0220-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

Ensayo de análisis de composición química del biocarbón de poso de café:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° 0101 – 26 – LABICER

1. **DATOS DEL CLIENTE**
- 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : LADY NATALLY MARQUEZ ICHAVAUTIS
1.2. D.N.I / R.U.C. : 74041495
1.3. DIRECCIÓN : -
1.4. PERSONA DE CONTACTO : Lady Natally Marquez Ichavautis
1.5. CORREO ELECTRÓNICO : 74041495@uniscjsa.edu.pe
2. **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME** : 28 / 01 / 2026
3. **ENSAYO SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

4. **DATOS DE LA MUESTRA**
- 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ⁽¹⁾

MUESTRA/CÓDIGO LABORATORIO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	TIPO DE MUESTRA/MATRIZ	PROCEDENCIA	PRESENTACIÓN / CONDICIÓN
M1 / 0115-26	Cenizas de biocarbón de poso de café	Inorgánica	-	1 bolsa sellada de plástico

⁽¹⁾ Ver Nota 2 al final del documento.

- 4.2. OBSERVACIONES DEL CLIENTE TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS EN ADOQUINES INCORPORADO BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ PARA PAVIMENTO DE TRÁNSITO LIGERO, VILLA RICA, 2024"
- 4.3. OBSERVACIONES DEL LABORATORIO : --
5. **CONDICIONES DEL MUESTREO**
- 5.1. MUESTREO POR : No aplica
5.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No aplica
5.3. PLAN DE MUESTREO : No aplica
5.4. FECHA Y HORA DE MUESTREO : No aplica
5.5. LUGAR / COORDENADAS DE MUESTREO : No aplica
5.6. ESTACIÓN DE MUESTREO : No aplica
5.7. FECHA Y HORA DE ENSAYO EN CAMPO : No aplica
5.8. LUGAR DE ENSAYO EN CAMPO : No aplica
6. **CONDICIONES DE ENSAYO EN LABORATORIO**
- 6.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 23 / 01 / 2026
6.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 26 / 01 / 2026
6.3. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ENSAYO : LABORATORIO LABICER-UNI
Primer piso del Centro de Investigación de la Facultad de Ciencias. Pabellón R3-UNI.
6.4. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 24.5 °C; Humedad relativa: 25 %
7. **MÉTODOS DE ENSAYO**

N°	PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾	TÍTULO / OBSERVACIONES (Si aplica)
1	Composición química	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDX)	Análisis semicuantitativo elemental (del sodio al uranio).

⁽¹⁾ Método de ensayo de referencia, norma o técnica aceptada por el cliente.



8. RESULTADOS

8.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO ⁽¹⁾	UNIDADES
M1	Potasio, K	68.353	%
	Calcio, Ca	14.577	%
	Magnesio, Mg	8.687	%
	Fósforo, P	3.777	%
	Azufre, S	2.332	%
	Hierro, Fe	1.284	%
	Manganeso, Mn	0.597	%
	Cobre, Cu	0.392	%

⁽¹⁾ Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.

8.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO ⁽¹⁾	UNIDADES
M1	Óxido de potasio, K ₂ O	62.903	%
	Óxido de calcio, CaO	14.622	%
	Óxido de magnesio, MgO	8.282	%
	Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	7.021	%
	Óxido de azufre, SO ₃	4.930	%
	Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	1.322	%
	Óxido de manganeso, MnO	0.559	%
	Óxido de cobre, CuO	0.363	%

⁽¹⁾ Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.

⁽²⁾ Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.



9. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Analista Responsable:

Persona que autoriza el informe:



Saira Carhuayal Alvarez
Analista
LABICER-UNI



Firmado digitalmente por:
MAZAMEJIA ILY MARILU FIR
10509227 hard
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 28/01/2026 15:12:04-0500

M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. Si LABICER-UNI no realiza el muestreo, entonces no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra. Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y 4.1. (a excepción del código del laboratorio y la presentación/condición) y 4.2 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.
5. Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.
6. El uso indebido de este informe de ensayo constituye un delito sancionado conforme a la ley, por la autoridad competente.
7. Cuando se reporte la incertidumbre del resultado asociado, este se reporta utilizando un factor de cobertura de $k=2.0$ al 95% de confianza.
8. El laboratorio no da información sobre declaraciones de conformidad, opiniones, ni interpretaciones. El informe de ensayo emitido no es válido para procesos judiciales y/o penales.



ANEXO



Figura N°1. Muestra de cenizas de biocarbón de poso de café



Figura N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva (SHIMADZU, EDX-800HS).

----- **FIN DEL DOCUMENTO** -----



ANEXO 3: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPOTESIS GENERAL:	V1: Biocarbón de poso de café	D1: Propiedades físicas	I1: Granulometría I2: Peso específico	Tipo de investigación: Aplicada (Paitán et al., 2014) Nivel de investigación: Explicativo (Sampieri et al., 2014) Diseño de investigación: Experimental (Sampieri, 2018) Población y muestra: Población: Adoquines ecológicos para pavimento de tránsito ligero (Paitán et al., 2019) Muestra: Estará conformada por un total aproximado de 60 adoquines ecológicos (Sampieri et al., 2014) Técnica: Observación directa (Sampieri et al., 2006) Instrumento: Ficha técnica (Sampieri et al., 2014)
¿Cuánto varia las propiedades físico-mecánicas en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?	Evaluar las propiedades físico-mecánicas en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.	Las propiedades físico-mecánicas en adoquines varia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.		D2: Proporción	I1: 5% I2: 10% I3: 15%	
PROBLEMAS ESPECIFICOS:	OBJETIVOS ESPECIFICOS:	HIPOTESIS ESPECIFICOS:	V2: Propiedades físico- mecánicas en adoquines	D1: Tolerancia dimensional	I1: Alto I2: Ancho I3: Largo	
¿Cuánto varia la tolerancia dimensional en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?	Medir la tolerancia dimensional en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.	La tolerancia dimensional en adoquines varia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.		D2: Absorción	I1: Porosidad	
¿Cuánto influye la absorción en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?	Determinar la absorción en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.	La absorción en adoquines influye significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.		D3: Resistencia a la compresión	I1: 14 días I2: 28 días I3: 28 días	
¿Cuánto cambia la resistencia a la compresión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?	Evaluar la resistencia a la compresión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.	La resistencia a la compresión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.		D4: Resistencia a flexión	I1: 14 días I2: 28 días I3: 28 días	
¿Cuánto cambia la resistencia a flexión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024?	Evaluar la resistencia a flexión en adoquines incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.	Evaluar la resistencia a flexión en adoquines cambia significativamente incorporando biocarbón de poso de café para pavimento de tránsito ligero, Villa Rica, 2024.				

ANEXO 4: Panel fotográfico

EXTRACCIÓN DEL BIOCARBÓN DE POSO DE CAFÉ

Figura 23

Recolección de poso de café en cafetería y ferias de Villa Rica



Figura 24

Poso de café en estado natural (recolección por día).



Figura 25

Secado del poso de café recolectado.



Figura 26

Procesamiento del biocarbón de poso de café.



Figura 27

Biocarbón de poso de café pulverizado.



Figura 28

Tamizado del biocarbón de poso de café.



CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Figura 29

Ensayo de granulometría del agregado fino.



Figura 30

Ensayo de granulometría del agregado grueso (confitillo).



Figura 31

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



Figura 32

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (confitillo).



Figura 33

Peso específico y absorción del agregado grueso.



Figura 34

Peso específico y absorción del agregado fino.



ELABORACIÓN DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO

Figura 35

Peso de los materiales del diseño de mezcla.



Figura 36

Incorporación del biocarbón de poso de café al diseño de mezcla.



Figura 37

Elaboración del diseño de mezcla para el adoquín de concreto.



Figura 38

Elaboración de adoquines de concreto.



Figura 39

Moldeo por vibro compactación del adoquín de concreto.



Figura 40

Separación de las muestras por dosificación.



CURADO DE LAS MUESTRAS DE ADOQUINES

Figura 41

Curado del adoquín de concreto.



Figura 42

Identificación de los adoquines por grupo de muestras.



ENSAYO DE TOLERANCIA DIMENCIONAL EN ADOQUINES DE CONCRETO

Figura 43

Tolerancia dimensional de adoquines convencionales.



Figura 44

Tolerancia dimensional en adoquines con BPC 5%.



ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO

Figura 45

Absorción de los adoquines.



Figura 46

Peso de la muestra húmeda para absorción.



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO

Figura 47

Resistencia a compresión del adoquín convencional, a los 7 días.



Figura 48

Resistencia a compresión del adoquín con BPC 10%, a los 7 días.



Figura 49

Resistencia a compresión del adoquín con BPC 5%, a los 14 días.



Figura 50

Resistencia a compresión del adoquín con BPC 15%, a los 14 días.



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO

Figura 51

Resistencia a flexión del adoquín con BPC 5%, a los 7 días.



Figura 52

Resistencia a flexión del adoquín con BPC 5%, a los 14 días.

