



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Comportamiento mecánico de adoquines de concreto  
con adición de ceniza de carbón y Tagelus dombeii**

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

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Berrocal Madueño, Luis Fernando ([orcid.org/0000-0003-0712-2185](https://orcid.org/0000-0003-0712-2185))

Paredes Zavaleta, Helí Wilson ([orcid.org/0000-0001-6432-458X](https://orcid.org/0000-0001-6432-458X))

**ASESOR:**

Mg. Quesada Llanto, Julio Christian ([orcid.org/0000-0003-4366-4926](https://orcid.org/0000-0003-4366-4926))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, QUESADA LLANTO JULIO CHRISTIAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Comportamiento mecánico de adoquines de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus dombeii", cuyos autores son BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO, PAREDES ZAVALETA HELÍ WILSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 19 de Abril del 2024

| <b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>  | <b>Firma</b>   |
|---|--|
| QUESADA LLANTO JULIO CHRISTIAN<br><b>DNI:</b> 42831273<br><b>ORCID:</b> 0000-0003-4366-4926 | Firmado electrónicamente<br>por: JQUESADA el 19-04-<br>2024 15:43:31 |

Código documento Trilce: TRI - 0743105





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO, PAREDES ZAVALA HELÍ WILSON estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Comportamiento mecánico de adoquines de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus dombeii", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| <b>Nombres y Apellidos</b>  | <b>Firma</b>   |
|---|--|
| HELÍ WILSON PAREDES ZAVALA<br><b>DNI:</b> 70488979<br><b>ORCID:</b> 0000-0001-6432-458X     | Firmado electrónicamente por: HEPAREDESZA el 19-04-2024 17:17:30 |
| LUIS FERNANDO BERROCAL MADUEÑO<br><b>DNI:</b> 72680795<br><b>ORCID:</b> 0000-0003-0712-2185 | Firmado electrónicamente por: LFBERROCALM el 19-04-2024 19:12:58 |

Código documento Trilce: TRI - 0743106

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a Dios, quien permitió a ver llegado a este momento de mi vida, por guiarme y cuidarme en cada paso de mi vida dándome fuerza para seguir cumpliendo mis metas y objetivos.

Dedico también a mis padres, quienes, con mucho esfuerzo, amor y sacrificio durante estos años, me han permitido llegar hasta aquí y convertirme en una mejor persona.

Berrocal Madueño, Luis Fernando

Este proyecto está dedicado a Dios, quien ha estado siempre presente para ser mi guía y por brindarme salud, sabiduría, paz e sabiduría y el pan de todos los días. A mis padres quienes me brindaron su apoyo y su amor incondicional, a mis hermanos, a mi esposa y a mi hijo quienes me brindan su ayuda incondicional y me impulsan día a día ser una mejor persona.

Paredes Zavaleta, Helí Wilson



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme salud, por protegerme a largo de mi vida, por darme la fortaleza en los momentos de dificultades y de debilidades. A mis Padres: Florencio Berrocal Cusiche y Gloria Madueño Reyes por su amor incondicional, por su paciencia por ser los principales inspiradores de mis sueños, por poner su confianza y creer en mis expectativas, por aconsejarme y motivarme en cada paso que daba, por valorarme inculcándome buenos principios, gracias.

Berrocal Madueño, Luis Fernando

Agradezco a Dios por estar siempre presente y ser mi guía, por brindarme salud, sabiduría, paz e inteligencia y el pan de cada día.

Agradezco a mi padre Manuel Paredes Castillo y a mi madre Hilda Zavaleta García quienes me acompañan y me guían desde el cielo, ellos fueron un ejemplo de vida a seguir les agradezco inmensamente y me siento muy afortunado de haber sido su hijo. Así mismo agradezco a mi esposa Anita Analí Ascate García y a mi hijo Thiago Manuel Paredes Ascate quienes me apoyan y me impulsan y me acompañan día a día para poder ser un mejor ser humano.

Paredes Zavaleta, Helí Wilson

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| CARÁTULA .....                                | i    |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR ..... | ii   |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES.....  | iii  |
| DEDICATORIA.....                              | iv   |
| AGRADECIMIENTO.....                           | v    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                    | vi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                        | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                       | viii |
| RESUMEN .....                                 | x    |
| ABSTRACT .....                                | xi   |
| I. INTRODUCCIÓN.....                          | 1    |
| II. METODOLOGÍA.....                          | 15   |
| III. RESULTADOS.....                          | 34   |
| IV. DISCUSIÓN.....                            | 52   |
| V. CONCLUSIONES.....                          | 54   |
| VI. RECOMENDACIONES.....                      | 56   |
| REFERENCIAS.....                              | 57   |
| ANEXOS.....                                   | 62   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de adoquín.....       | 9  |
| <b>Tabla 2:</b> Abreviaturas de los óxidos del cemento.....                          | 12 |
| <b>Tabla 3:</b> Diseño cuasi experimental de la investigación.....                   | 16 |
| <b>Tabla 4:</b> Muestra de adoquines de concreto.....                                | 19 |
| <b>Tabla 5:</b> Composición química de la Ceniza de Carbón.....                      | 34 |
| <b>Tabla 6:</b> Composición química de la Ceniza de <i>Tagelus Dombeyi</i> .....     | 35 |
| <b>Tabla 7:</b> Granulometría del Agregado Grueso.....                               | 37 |
| <b>Tabla 8:</b> Granulometría del agregado fino.....                                 | 39 |
| <b>Tabla 9:</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....       | 40 |
| <b>Tabla 10:</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....        | 41 |
| <b>Tabla 11:</b> Contenido de humedad de agregado grueso.....                        | 41 |
| <b>Tabla 12:</b> Contenido de humedad de agregado fino.....                          | 42 |
| <b>Tabla 13:</b> Diseño de mezcla adoquín patrón.....                                | 43 |
| <b>Tabla 14:</b> Diseño de mezcla patrón en proporción para 1 adoquín.....           | 43 |
| <b>Tabla 15:</b> Diseño de mezcla adoquín experimental 1 con 4% C.C. y 12% T.D....   | 44 |
| <b>Tabla 16:</b> Diseño de mezcla experimental 1 en proporción para 1 adoquín.....   | 44 |
| <b>Tabla 17:</b> Diseño de mezcla adoquín experimental 2 con 6% C.C. y 18% T.D....   | 45 |
| <b>Tabla 18:</b> Diseño de mezcla experimental 2 en proporción para 1 adoquín.....   | 45 |
| <b>Tabla 19:</b> Resistencia a la compresión de las muestras patrón.....             | 46 |
| <b>Tabla 20:</b> Resistencia a la compresión de la muestra con 4% C.C. y 12% T.D.... | 47 |
| <b>Tabla 21:</b> Resistencia a la compresión de la muestra con 6% C.C. y 18% T.D.... | 48 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Mapa de ubicación de la Ceniza de Carbón.....                           | 21 |
| <b>Figura 2:</b> Mercado de peses la sirena .....  | 21 |
| <b>Figura 3:</b> Secado <i>Tagelus Dombeii</i> .....                                     | 22 |
| <b>Figura 4:</b> Proceso molido del <i>Tagelus Dombeii</i> .....                         | 22 |
| <b>Figura 5:</b> Triturado y molido de la ceniza de carbón.....                          | 22 |
| <b>Figura 6:</b> Análisis de fluorescencia de rayos x.....                               | 23 |
| <b>Figura 7:</b> Calcinación de los materiales.....                                      | 24 |
| <b>Figura 8:</b> Obtención del agregado fino .....                                       | 25 |
| <b>Figura 9:</b> Obtención del agregado grueso .....                                     | 25 |
| <b>Figura 10:</b> Obtención del cemento .....  | 25 |
| <b>Figura 11:</b> Materiales para la fabricación de adoquines.....                       | 26 |
| <b>Figura 12:</b> Dosificación de materiales .....                                       | 26 |
| <b>Figura 13:</b> Mezclado de materiales .....   | 26 |
| <b>Figura 14:</b> Sistema de vibración.....  | 27 |
| <b>Figura 15:</b> Levantamiento de brazo neumático .....                                 | 27 |
| <b>Figura 16:</b> Retiro de los adoquines.....   | 28 |
| <b>Figura 17:</b> Traslado de los adoquines .....  | 28 |
| <b>Figura 18:</b> Foto panorámica de la máquina semi automática de adoquines.....        | 28 |
| <b>Figura 19:</b> Curado de los adoquines de concreto.....                               | 29 |
| <b>Figura 20:</b> Ensayo de rotura de la muestra patrón .....                            | 30 |
| <b>Figura 21:</b> Ensayo de rotura de la muestra experimental 1 .....                    | 30 |
| <b>Figura 22:</b> Ensayo de rotura de la muestra experimental 2.....                     | 31 |
| <b>Figura 23:</b> Análisis térmico diferencial (ATD) .....                               | 36 |
| <b>Figura 24:</b> Análisis térmico diferencial de Ceniza de <i>Tagelus Dombeii</i> ..... | 36 |
| <b>Figura 25:</b> Curva granulométrica del agregado grueso .....                         | 38 |
| <b>Figura 26:</b> Curva granulométrica del agregado fino .....                           | 40 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 27:</b> Resistencia mecánica de los adoquines .....                          | 46 |
| <b>Figura 28:</b> Resistencia mecánica de los adoquines experimental 1 .....           | 48 |
| <b>Figura 29:</b> Resistencia mecánica de los adoquines experimental 2 .....           | 49 |
| <b>Figura 30:</b> Resistencia mecánica del adoquin patrón y experimental a 7 días. ... | 49 |
| <b>Figura 31:</b> Resistencia mecánica del adoquin patrón y experimental a 14 días. .  | 50 |
| <b>Figura 32:</b> Resistencia mecánica del adoquín patrón y experimental a 28 días..   | 51 |

## RESUMEN

En este proyecto de investigación se tiene como objetivo principal investigar a dos nuevos materiales como son: la Ceniza de Carbón y el Tagelus Dombeyi, la metodología que se ha utilizado para la elaboración de este proyecto es de tipo aplicada con una investigación cuasi experimental y un enfoque cuantitativo.

De los resultados obtenidos podemos resaltar que la ceniza de carbón y el Tagelus Dombeyi necesitan un tiempo de calcinación de 2 horas aproximadamente, la diferencia se presenta en que el Tagelus Dombeyi necesita estar entre 150 y 300 °C. de temperatura y la ceniza de carbón una temperatura constante de 520.5 °C.

A partir de esta información y tomando como referencia los antecedentes de investigaciones similares se logró determinar que, si realizamos el proceso de adición en porcentajes menores al 18% como remplazo del cemento, para la fabricación de adoquines de concreto estos no se verán afectados en su característica principal que es la resistencia a la compresión. Sino por el contrario este valor tiende a incrementarse considerablemente de acuerdo con el tiempo curado de los adoquines.

**Palabras clave:** Adoquines, diseño de mezcla, comportamiento mecánico, ceniza de carbón, Tagelus Dombeyi.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research project is to investigate two new materials such as: Coal Ash and Tagelus Dombeyi. The methodology that has been used to prepare this project is of an applied type with quasi-experimental research and a quantitative approach.

From the results obtained we can highlight that coal ash and Tagelus Dombeyi need a calcination time of approximately 2 hours, the difference is that Tagelus Dombeyi needs to be between 150 and 300 °C. temperature and the coal ash a constant temperature of 520.5 °C.

From this information and taking as reference the background of similar investigations, it was determined that if we carry out the addition process in percentages less than 18% as a replacement for cement, for the manufacture of concrete pavers these will not be affected in their characteristic. The main one is the compressive strength. On the contrary, this value tends to increase considerably according to the curing time of the pavers.

**Keywords:** Pavers, mix design, mechanical behavior, coal ash, Tagelus Dombeyi.



## **I. INTRODUCCIÓN.**

En el transcurso del tiempo en innumerables lugares del planeta se vienen realizando varios trabajos de carácter experimental con el propósito de renovar la práctica mecánica de los adoquines de concreto implementando así la utilización de nuevos materiales con el propósito de disminuir la contaminación en nuestra atmósfera y reducir sus elevados costos de fabricación de estos elementos, con el solo objetivo de llegar a optimizar la durabilidad y su resistencia a cargas de alto impacto de los vehículos. Teniendo en cuenta que la mayoría de las vías de tránsito vehicular del ámbito nacional se encuentran en un estado de deterioro, debido a factores como congestión vial y cambios climáticos, por lo que es necesario realizar indagaciones de carácter científico sobre usar diferentes formas de fabricar adoquines de concreto adicionando nuevos materiales como la ceniza de carbón que viene a ser el resultado de una combustión completa con su característica principal de un color gris claro.

Debido a la gran demanda que existe en el uso del cemento, (el aglomerante), que al ser mezclado con el agua se humedece; dando inicio a complejas reacciones químicas transformándose así en una pasta moldeable en la cual se puede llegar a obtener propiedades adherentes muy importantes. Al fraguar en muy poco tiempo y endurecerse paulatinamente, el cemento alcanza un estado inflexible. Siendo este el comportamiento, el que llega a ser su atractivo principal y el causante del que este se haya transformado en el conglomerante más valioso utilizado en la construcción moderna.

Lo cual implica a su vez la emisión de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> en la producción de este elemento por lo que para mejorar su composición para que este pueda obtener mayor durabilidad y resistencia a la compresión sin hacer uso de materiales primarios contaminantes y costosos, se vienen buscando alternativas que potencien y logren una mejora significativa en las características mecánicas de los ladrillos adoquines hecho de concreto haciendo uso de elementos tales como la ceniza para cambiar partidariamente el cemento son opciones que permitirían hacer del concreto un material con baja carga contaminante, económico y social asociado a su producción.

De este modo, se conoce que durante un periodo de tiempo se viene poniendo un enérgico esfuerzo en construcciones sostenibles sustituyendo materiales cuya materia primaria usa de manera frecuente agentes contaminantes, es así que al respecto se viene intentando el uso de materiales reciclados como ceniza de carbón y Tagelus Dombeii.

Por lo tanto, se sabe que los adoquines de concreto son elementos adaptables, prefabricados, con diseño para uso en pavimentos, teniendo como objetivo mejorar y proponer una unidad constructiva con un comportamiento confortable para el tránsito de vehículos, mediante el ajuste de la compostura del concreto adicionando en este caso con ceniza de carbón y Tagelus Dombeii.

Por esta razón, la investigación tiene una justificación práctica debido a que se pretende realizar estudios complementarlos para llegar a conocer cómo se comporta mecánicamente los adoquines con la integración en forma de adición de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii y de esta manera lograr sentar un precedente en la utilización de estos materiales para que futuros investigadores lo consideren como un parámetro. También se tiene una justificación metodológica puesto que permitirá a que otros puedan tomar como base y/o procesos a tener en consideración para la estimación de los resultados tanto de las Cenizas de Carbón como del Tagelus Dombeii en el comportamiento mecánico de los adoquines de hechos de concreto para ello se requerirán técnicas e instrumentos específicos. También se justifica socialmente, debido a que se lograría un bienestar para todos los pobladores locales y alrededores con el uso de materias recicladas evitando la contaminación y empleándose en la producción de adoquines de concreto que servirían a su vez para una buena pavimentación mejorando también la seguridad vial, incrementando considerablemente su vida útil, a la vez se justifica técnicamente porque se van a emplear los requisitos y estándares de la norma NTP 339.611 y NTP 339.604 adecuadas para el pleno desarrollo de esta investigación demostrando que existe la factibilidad de elaborar adoquines de concreto con adición de cenizas de carbón y Tagelus Dombeii, además se justifica teóricamente centrándose en que los adoquines de concreto, ya que son de uso frecuente en pavimentaciones de elevado tránsito de vehicular, estacionamientos, senda de jardines, pisos de exteriores, veredas, etc.

Finalmente, se llega a justificar económicamente debido a que cuando se determine los comportamientos mecánicos de cada adoquín de concreto, se podrá plantear un diseño mediante la mezcla de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi con la finalidad de mejorar los pavimentos y reduciendo los costos de operación por traslado y sobre todo optimizar la inversión económica en trabajos de mantenimiento y rehabilitación.

Ante esto, se formula la siguiente problemática, ¿De qué modo se determinará los comportamientos mecánicos de cada adoquín de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi?

Por lo tanto, se sugiere el siguiente objetivo general de nuestra investigación: determinar el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi. Asimismo, en este proceso surgen los objetivos específicos como son: (a) Determinar la composición física química de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi mediante análisis de fluorescencia de rayos x - Ancash 2023. (b) Determinar el diseño de mezcla para el adoquín de concreto patrón y experimental- Ancash 2023 (c) Determinar la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una  $f'c = 340$  kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto patrón y experimental - Ancash 2023.

Al mismo tiempo, se plasma la siguiente premisa general: La adición de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi tendrá influencia para mejorar el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto. En lo referente a las conjeturas concretas de las premisas: (a) Se Determinará la composición física química de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi mediante análisis de fluorescencia de rayos x - Ancash 2023 (b) Se determinará el diseño de mezcla para el adoquín de concreto patrón y experimental - Ancash 2023 c) Se determinará la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una  $f'c = 340$  kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto patrón y experimental - Ancash 2023.

Para seguir con esta investigación se requiere tener datos informativos de anteriores investigaciones los cuales deben tener relación con el tema que se está tratando, ejemplo: en el ámbito nacional se tiene a Espada y Morales (2020), determinaron como título de su tesis “Influencia de la añadidura de la ceniza volante del carbón en las cualidades del concreto, en las paredes portuarios, Lima, zona Balneario de Ancón, 2018”. Para esto hicieron uso de una tipología de investigación denominada como cuasi experimental con diseño experimental, en cuanto a las muestras requirieron una cantidad de 18 especímenes. Para los resultados lograron determinar una resistencia de compresión del concreto de  $290.39 \text{ kg/cm}^2$ , en donde obtuvieron un mejor resultado en la fuerza a las compresiones del concreto adicionado con ceniza volante de carbón a un porcentaje de 15% con  $393.68 \text{ kg/cm}^2$ . Llegando a concluir que al adicionar 15 por ciento de cenizas volantes del carbón, se pudo lograr optimizar la resistencia de compresión de concreto.

De la misma forma, los investigadores Huaquisto & Belisario (2018), plasmaron como título de averiguación la “disposición de las cenizas volantes en las dosificaciones del concreto como sustitución del cemento” con finalidad principal realizar las dosis de las mezclas del concreto con adición de las cenizas volantes de carbón. Para esta investigación emplearon un tipo de metodología no experimental – cuantitativa y no comparativa. En lo referente a los resultados comprobaron que en los 28 días el concreto resiste en promedio de  $221 \text{ kg/cm}^2$ , en cambio para el concreto con adición de ceniza volante de 2.5% obtuvieron  $223 \text{ kg/cm}^2$ , con un 5% aumento a un  $231 \text{ kg/cm}^2$ , para un 10% solo llegaron a un  $200 \text{ kg/cm}^2$  y con 15% la resistencia fue aún menor de  $192 \text{ kg/cm}^2$ . Concluyendo así que se debe emplear la ceniza volante en un rango inferior al 10% como sustitución al cemento, para lograr resultados de mejoraría en la resistencia y calidad.

Asimismo, se tiene que en la investigación de Mariluz y Ulloa (2018). Plantearon como título de su tesis “aplicación de las cenizas volantes del carbón sobrantes de las Centrales termoeléctricas ILO21– Moquegua como añadidura para renovar las cualidades del concreto: aguante a las compresiones, absorción, manejabilidad y temperatura”. Donde uno de sus objetivos fue la

especificación de las propiedades de resistencia del concreto al incluir escorias volantes de carbón; la tipología de estudio usada fue experimental. Se lograron resultados positivos con las adiciones con dosificaciones de 5%,10% y 20% de cenizas. Concluyendo, una mejora al estar sometido a las compresiones con 28 días de curado, es decir que las utilizaciones de escorias volantes de carbón en mínimas cantidades logran mejorar las propiedades de durabilidad y resistencia del conglomerante.

De igual modo, se indica que Gonzales y Sánchez (2022), plasmaron como encabezado en su investigación “Evaluar cada efecto de las cenizas de carbón como componente aglomerante en las propiedades mecánicas del adoquin de concreto, Pucallpa 2022” con el fin de evaluar el impacto producido por la escoria del carbón como componente de aglomeramiento en las particularidades mecánicas de cada adoquín de concreto para lo cual usaron un modelo de estudio aplicativo y boceto experimental de corte transversal. En cuanto a las muestras fueron 48 adoquines con dimensiones de 4x10x20cm tanto para patrón como para el reemplazo con cenizas de carbón en 3%, 6% y 9%. Para los resultados obtuvieron que con la ceniza volante en un 9% se logró un aumento correspondiente al soporte a la compresión con 401.2 Kg/cm<sup>2</sup>. Todo lo contrario, ocurrió con el uso de mayores valores porcentuales del mencionado debido a que no se produjo un incremento y sólo se tuvo una estimación de 313.9 Kg/cm<sup>2</sup> en referente al 0% de reemplazo. Se concluyó que existen una mejor conexión al reemplazar la ceniza volante en los adoquines con 3% a 9% debido a que resultaron con óptimos soportes a la compresión y absorción.

Por otra parte, el autor Tapia (2020), planteó como título de su tesis “Resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I reemplazando al cemento por ceniza de cubierta de arroz y conchas de lapicero”. Para ello uso un tipo de investigación por su orientación aplicada de nivel explicativo y con diseño cuasi experimental. Respecto a las muestras fueron 27 bloques de dimensiones 4x10x20. Los resultados fueron que se llegó a la comprobación que al combinar la ceniza de la cubierta del arroz con caparazón del lapicero se tiene un mejor rendimiento en el comportamiento mecánico del concreto; los adoquines con esta combinación presentaron resultados inmejorables respecto

a los adoquines sin adición a las edades de 14 y 28 días; al sustituir un 16% a la edad de 14 días mostró un mejor fuerza de soporte de 290.20 kg/cm<sup>2</sup> logrando superar levemente al convencional en un 4.45% y con 28 días tuvo una fuerza de soporte de 502.01 kg/cm<sup>2</sup>, de esta manera también superó al convencional en un 56.88%, al sustituir por 28% al estar curado en 14 días mostró una fuerza de soporte de 318.86 kg/cm<sup>2</sup> en la cual sobrepasa al convencional en 13.40% y curado en los 28 días llega a 531.46 kg/cm<sup>2</sup> sobrepasando al convencional en 65.88%. Concluyendo, los materiales usados en combinación muestran resultados favorables para llegar a realizar una sustitución al cemento.

De manera similar, Rosas (2021), tuvo como título de su tesis “Resistencia a la compresión de adoquines  $f'c = 320\text{kg/cm}^2$ , remplazando al cemento en un 3% con donax trunculux y en un 9% con Equisetum arvenses, Chimbote – Ancash – 2021”. En referencia a la metodología fue aplicada considerando un diseño experimental y un nivel cuasiexperimental. Para la muestra representativa requirió 18 adoquines de concreto de los cuales mostró como resultados que para activar las materias primas con la mufla en un inicio se necesita calentar hasta los 900°C para el Molusco bivalvo de cocina por 4 horas y la cola de caballo a 390°C por 2 horas, luego en cuanto a la fuerza de soporte a la compresión  $f'c=320\text{ kg/cm}^2$  los adoquines de concreto con sustitución de patrón 3% ceniza donax trunculux y 9% ceniza de Equisetum lograron obtener buenos resultados respecto al patrón, donde se indica que a los 14 días si aumentó su resistencia en 11.85% en comparación con el patrón y a los 28 días también con una variación de 17.48%. Por lo tanto, concluyeron que la resistencia con la sustitución de las cenizas concha de cocina y cola de caballo si cumplen con alcanzar un mejoramiento respecto a la fuerza de resistencia a compresión.

Por otro lado, Matienzo, J. (2018), título a su tesis “Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$  remplazando al cemento por las combinaciones de un 8% de cenizas de conchas de abanico y 12% por el polvo de la cascara de arroz – 2017”. Para lo cual empleo una metodología aplicada con diseño experimental con una muestra de 18 especímenes entre patrón y adicionados. Como resultados mostró que la combinación de escoria del

recubrimiento del arroz con cenizas de las conchas de abanico tiene un pH = 14.35, además que el polvo de las cascaras de arroz muestra un 90.55% y del cenizo de las conchas de abanico 98.58% en la suma de sus óxidos. Asimismo, sustituyendo al cemento por el 20% por mezcla ambos componentes puzolánicos se logró la obtención de una resistencia de 52.82%, 81.08% y 99.49% a los 7,14 y 28 días respectivamente. Concluyendo, que al realizar una mezcla del polvo de las cascaras de arroz con las cenizas de las conchas de abanico se llega a utilizar como puzolana, siempre y cuando estos no sobrepasen al 20% del cemento.

Ahora bien, para llegar a determinar la conducta mecánica de los adoquines de concreto al adicionar ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi se comienza con las teorías basadas en el elemento principal como es el adoquín denominado como piezas de concreto pre moldeado en maquinaria por medio de vibro compactación, son menos costosas, de simple colocación y son soluciones más rápidas para construir pavimentos (Supermix, 2021). También, cuentan con las características para poder considerarse como elementos macizos, sus lados muestran forma plana, paralelas e idénticas (López, 2010, p. 48).

Es por ello que la pavimentación urbana con elementos de concreto intertrabados están formados teóricamente a partir de cimentaciones granulares, con capas o camas de arena que cumplen la función de asiento, los adoquines de concreto intertrabados, la arenilla selladora, el confinamiento lateral y los drenajes, construidos sobre las sub-rasantes de los suelos preparados para poder recibirlos. El pavimento con adoquines intertrabados se levantan de manera que todas las cargas verticales de los automóviles se transmitan a los elementos intertrabados por corte por intermedio de la arena de selladora.

Por lo que para poder obtener este tipo de pavimento se tiene que realizar los trabajos preliminares en la cual se realizaran los trabajos previos a la instalación de los adoquines tales como: demoliciones, limpieza del terreno, roces y desbroces, entre otras. En cuanto a las consideraciones para el diseño estructural se realizará una comparación de cuatro circunstancias que



intervienen en el diseño. Siendo estas las siguientes: tráfico, el entorno ambiental, Las definiciones del parámetro requerido para el diseño y el análisis del tipo de pavimento es función del profesional responsable, también se tendrá que tener en cuenta la solidez de la superficie de la subrasante y el material estructural del pavimento intertrabados (NTP CE. 010 pavimentos, 2016).

Para el tráfico, la estimación se tendrá que tomar en cuenta para distinguir los distintos tipos de cargas vehiculares, además se deberá de tener en cuenta la distribución de ruedas, ejes y número de carga de los diferentes tipos de vehículo durante el período de diseño.

En cuanto al medio ambiente, la humedad y la temperatura, son dos agentes que tienen la capacidad de determinar el comportamiento mecánico del pavimento. En esta técnica de diseño, el efecto medioambiental se incorpora en la definición de la solidez de la sub-rasante del suelo y del material estructural del pavimento. Las especificaciones de las calidades de drenaje y de la condición de la humedad se involucrarán para poder determinar el valor de firmeza de diseño para el suelo de la subrasante y de los recursos granulares.

En cuanto al parámetro requerido para el estudio del diseño, los valores de los espesores se determinarán en función al soporte de la sub-rasante y a las reiteraciones del tráfico de diseño para lo cual se deberá de tener en cuenta la siguiente información: el lapso de diseño será de 20 años, también se tomaran consideraciones de tasas de incremento anuales del tráfico, a lo largo del uso del pavimento, para poder estimar la firmeza de la sub-rasante se deberá de tener datos del ensayo de CBR.

Materiales del pavimento, se deberá determinar todo el material del pavimento disponible para la construcción. En esta consideración la conducta estructural del pavimento con elementos estructurales de concreto intertrabados dependerá de las trabazones dentro de las unidades individuales. En el momento que se adhiera una carga, el traslado de corte entre estas unidades permitirán que las cargas sean distribuidas en mayores áreas. Estas extensiones estarán sujetas al tráfico vehicular es por ello que se recomienda el uso de espesores mínimos de adoquines de hormigón de 60 mm de altura y un modelo de posición con un aspecto de espiga. La cama de arenilla no deberá

ser menor de 25 milímetros ni mayor a 40 milímetros, además no debe usarse arenas provenientes de los triturados, ni polvo de piedra. También se considerará aquellos factores que afectan al diseño estructural del pavimento tales como: El número de vehículos y el tráfico (Vehículos ligeros y Camiones), el apoyo de la subrasante, las cualidades de los recursos en la armadura del pavimento, y el aspecto medioambiental (NTP CE. 010 pavimentos, 2016)

Dicho lo anterior, se necesita conocer que cada adoquín presenta un grado de resistencia y dependiendo de la utilización que se va a requerir, es decir, si se pretende emplear para construir pavimentos se requiere tener conocimiento sobre el soporte del tráfico de los vehículos o peatones que tiene que llegar a soportar (Cabezas, 2014, p.15).

**Tabla 1**

*Resistencia a la compresión de acuerdo al tipo de adoquín.*

| Tipo de adoquín        | Espesor Nominal (mm) | Resistencia a compresión |                        |
|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|
|                        |                      | Prom. 3 unidades         | Unidad                 |
| I (peatonal)           | 40                   | 320 kg/cm <sup>2</sup>   | 290 kg/cm <sup>2</sup> |
|                        | 60                   | 320 kg/cm <sup>2</sup>   | 390 kg/cm <sup>2</sup> |
| II (vehicular ligero)  | 60                   | 420 kg/cm <sup>2</sup>   | 380 kg/cm <sup>2</sup> |
|                        | 80                   | 380 kg/cm <sup>2</sup>   | 340 kg/cm <sup>2</sup> |
|                        | 100                  | 360 kg/cm <sup>2</sup>   | 325 kg/cm <sup>2</sup> |
| III (vehicular pesado) | ≥80                  | 561 kg/cm <sup>2</sup>   | 510 kg/cm <sup>2</sup> |

*Fuente: NTP 339.611 (2017).*

Para lo referente a la adición se tiene en consideración que el porcentaje que se pretende adicionar no excederá al 10% en peso del cemento. También que para cantidades inferiores a un 6% se sabe que se tienen un mínimo o el efecto es inexistente en las características del hormigón en condición de fresco o endurecido. Sin embargo, con la adición de cantidades superiores a 10% se estiman mejores resultados logrando inclusive a la incrementación de los

requerimientos del agua a la mezcla, dando un resultado contrario en la resistencia mecánica (NTP 399.090 Cementos, 2016).

Por consiguiente, al plantear el uso de materiales reciclados se conoce que la Ceniza de Carbón es distinguido como residuo de combustión de carbón o CCR, esta es producto en principio del quemado de carbón echo por las centrales eléctricas de carbón. Este material denominado ceniza tiene variedades de subproductos que son provenientes del quemado de carbones, como: cenizas fondo, cenizas volantes y escoria de caldera (EPA, 2023, p.1).

También tenemos que saber las características químicas de las Cenizas del Carbón, para poder trabajar y saber qué porcentaje tienen de cada elemento, ya que la propiedad química del Carbón son variantes debido a que acatan dependiendo de los componentes químicos del mismo. Estos porcentajes que se encuentran en los diferentes elementos de la ceniza son diferentes particularmente unas de las otras. Por lo frecuente tienden a tener los siguientes elementos en proporciones mayores: Dióxido de sílice( $\text{SiO}_2$ ), Trióxido de aluminio( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Trióxido de hierro( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Oxido de calcio( $\text{CaO}$ ), y carbón sin ser quemado; en baja magnitud, generalmente menos de los 5% en peso: oxido de magnesio( $\text{MgO}$ ), óxido de azufre( $\text{SO}_3$ ), alcalinos ( $\text{Na}_2\text{O}$  Y  $\text{K}_2\text{O}$ ) y otros constituyentes en proporciones aún más bajas, como son el compuesto de titanio, vanadio, manganeso, fosforo, germanio, galio, etc (CEDEX, 2011, p.2).

La particularidad física de la Ceniza del Carbón se puede apreciar, principalmente en su color de gris oscuro, tiene una resistencia superior sometida a la compresión ya que es material granular muy fino, su permeabilidad es muy poca con K de  $3.7 \times 10^{-4} \text{cm/seg}$  y su peso específico de de 2 y  $2.9 \text{g/cm}$ , y si se llega a hidratar incrementa su porosidad. Las cenizas aplican como disolvente inerte en su desarrollo en los procesos de reacciones puzolánicas (Ríos, 2020, p.13).

Al mismo tiempo, es necesario indicar que el *Tagelus Dombeyi* corresponde a la especie de concha pico de pato que es un molusco bivalvo marino que tiene una forma alargada como principal propiedad llegando a medir aproximadamente 10 cm (Mendiz, 2010, p. 20).

Este molusco bivalvo se puede hallar en el intermareal entre el rango de profundidad de un metro a 16 metros, ya que los *Tagelus Dombeyi* adultos residen frecuentemente en lugares que contengan arenas de tipo fina, en la cual esto alcanza una profundidad aproximada de unos 5 metros, pero por otro lado los *Tagelus Dombeyi* juveniles se encuentran en arenas fangosas que se ubica en un fondo de 16 metros aproximados. La distribución de esta concha donde llegan a abundar más es en Perú desde la provincia de Tumbes ( $03^{\circ} 34' S$ ,  $80^{\circ} 27' O$ ), hasta el Estero Elefante ( $46^{\circ} 34' S$ ,  $73^{\circ} 35' O$ ) de Chile, donde se extrae manualmente aprovechando la bajamar ya que es una especie comestible. También hay casos de que se encontraron la presencia del *Tagelus Dombeyi* en las costas de Colombia y Panamá, pero en cantidades más bajas. (Wikipedia, 2023)

Siguiendo con la investigación tenemos el Cemento que es un elemento conglomerante hidráulico que en la actualidad es comúnmente usado en la edificación, para unir materiales de las construcciones como son los agregados finos, agregados gruesos, agua y distintos aditivos formando así el concreto. También se le llama portland por el color y textura ya que se asemeje con la piedra de portland, que son piedras calizas que mayormente son utilizadas en el Reino Unido (Promart, 2019)

Como bien sabemos el cemento es un polvo finamente molido, la cual sus composiciones principales son; el silicato de calcio y cantidades más bajas de aluminato de calcio. Pero también existen diferentes tipos de cementos portland en las cuales tenemos algunas principales que se muestran a continuación. (PAVICONJ, 2020, p.3).

Tipo I: Cemento Portland Ordinario.

Tipo II: Cemento Modificado.

Tipo III: Cemento de Endurecimiento Rápido

Tipo IV: Cemento Portland de baja temperatura

Tipo V: Cemento Portland de alto horno o cemento de escoria

Tipo VI: Cemento resistente a los sulfatos

Llegado a este punto, para elaboración de adoquines de concreto se debe tener en cuenta la normativa, en esta circunstancia la NTP 399.611 en la que se describen los requerimientos que deberá cumplir la producción final. Uno de los principales componentes es el cemento portland que tiene propiedades de adhesión y cohesión con la característica de conglomerar porciones de minerales con el fin de poder condensarse, está conformado por calentamiento de clinkerización de carbonatos cálcico, sílices y aluminios, estos se muelen hasta la obtener polvos finos. Además, la química del cemento de manera frecuente usa un patrón en base a abreviaciones para las configuraciones químicas de los distintos tipos de óxidos (Niño, J. 2010, p. 20).

**Tabla 2**

*Abreviaturas de los óxidos del cemento.*

| Fórmula                        | Nomenclatura                    | Abreviatura |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------|
| CaO                            | “Óxido de Calcio (Cal)”         | A           |
| SiO <sub>2</sub>               | “Dióxido de Sílice (Silicato)”  | S           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | “Óxido de Aluminio (Aluminato)” | A           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | “Óxido de Hierro (Hierro)”      | F           |

*Fuente:*(Niño, J. 2010).

Además, se tienen los agregados o áridos para concreto pudiendo tomar en cuenta todos los componentes que, teniendo una resistencia particular adecuada (resistencia del grano), no perjudican el procedimiento para llegar a endurecer el cemento, es decir que no afectan y lleguen a garantizar una adhesión apropiada con las pastas de cementos en estado duro (Sánchez, 2001, p.10).

De esta manera, se requiere de los agregados y uno de estos es el agregado fino que es producto de una desintegración artificial o natural, pasada por el tamiz normado de 9,5 mm (3/8”) y quedando en retención por el tamiz normado 74 mm (N°200). En cuanto al agregado grueso es aquel componente cuya materia se retiene por el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la disgregación de forma normal o forma dinámica de las rocas y que se rige al límite indicado por la normativa vigente, este agregado residirá en piedra

chancada o grava, hormigon residual o una mezcla de los anteriores (NTP 400.037, 2014).

Por último, se tiene al agua quien contempla cumplir dos funciones esenciales en la elaboración de concreto, tanto como agua para mezcla o curado. Es así que, en gran parte cualquier agua natural potable, que carezca de sabor u olor notorio sirve para la mezcla debido a que el agua tiene la función como componente en la producción del mezclado y esta ocupa alrededor de un 10% a 25% por cada m<sup>3</sup> producido de concreto (Sánchez, 2001, p.14).

Por otra parte, para la producción de los adoquines de concreto se debe someter a los ensayos correspondientes a los componentes de los mismos, en este caso uno es el análisis granulométrico que es aquel que se realiza al establecer una cantidad requerida en peso de los múltiples volúmenes de porciones, seccionadas por las diversas aberturas de tamices usados en el proceso hasta lograr la determinación de un módulo de fineza adecuado que no sea inferior a 2,3 ni superior al 3,1 debido a que esta se encuentra directamente relacionada con la trabajabilidad del concreto.

De manera análoga, se debe emplear el mismo ensayo para el agregado grueso a fin de poder obtener el por tamaño máximo nominal, es decir, el agregado sometido a pasar por la abertura del tamiz por medio del cual este deberá pasar como requisito mínimo el 95% o superior del material tamizado (NTP 400.037, 2014).

Respecto a lo antes mencionado, los agregados deben pasar por el ensayo de peso unitario es aquel que se toma como volumen de referencia. En este ensayo hay dos clases como es el suelto, el cual se logra determinar al dejar caer de forma libre el agregado dentro del receptáculo y el compacto siendo a que el material se debe compactar de modo semejante a como se realiza con el concreto (NTP 400.037, 2014).

Además, se tienen que someter al ensayo de peso específico que es el peso de un cuerpo u objeto dividido por su volumen. Los materiales granulares tienen dos tipos de gravedad específica: el aparente, que es el peso del agregado en conjunto dividido por su volumen (incluidos los huecos entre sus

partículas) y el absoluto: peso de una particular granular dividida por su volumen.

Asimismo, se tiene que conocer su porcentaje de humedad y absorción que viene a ser la diferencia entre el material humedecido con el mismo material puesto a ser secado en el horno. Esta diferencia se tiende a presentar como un dato muy importante en la clasificación del material. La absorción se obtiene luego de haber sido sometido a los agregados a una saturación de 24 horas, las cantidades de agua consumida ayuda a estimar las porosidades de las partículas de los agregados (NTP 400.037, 2014).

Para la dosificación de los adoquines de concreto se indica como la combinación empleada para fijar las cantidades de agregados, agua cemento que se establece con el fin de producción de cada unidad.

El procedimiento para la fabricación de los adoquines de hormigon reside en la obtención de una resistencia apropiado con un valor mínimo del cemento, de manera que se reduzca en lo posible al mínimo el coste de producción. Por consiguiente, existen muchas formas para lograr a elaboración de adoquines y una es mediante la vibración que es un método de asentamiento muy funcional y eficiente logrado hasta hoy en día, obteniendo un concreto cuyas propiedades están bien dadas como son la resistencia mecánica, condición de compacto y un correcto acabado.

Además, los concretos que tienen una densidad seca son los que muestran una resistencia superior, sin embargo, su manera de aplicar en construcciones es muy compleja debido al mínimo rango de trabajabilidad, por esta razón la vibración se presenta como solución al problema, logrando permitir el uso de mezclas cuyos asentamientos son de 0" a 1" (Arrieta y Peñaherrera, 2001, p. 42).

que busca resolver problemas prácticos y mejorar la vida cotidiana mediante el uso de conocimientos científicos y tecnológicos



## **II. METODOLOGÍA.**

### **Tipo y diseño de investigación.**

Tipo de investigación: La investigación será considerada de tipo aplicada, ya que busca resolver las dificultades prácticas y optimizar la vida cotidiana a través del uso de conocimientos tecnológicos y científicos. También cabe indicar que una investigación aplicada necesita de una teoría referencial para lograr el entendimiento de la problemática (Behar, 2008, p. 20).

Enfoque de la investigación: para el enfoque de esta investigación se ha considerado un enfoque de tipo cuantitativo debido a que se pretende obtener resultados numéricos, a través de medicaciones numéricas e investigaciones estadísticas inferenciales, además se probarán y formularán hipótesis previamente. En este planteamiento se incorpora generalmente reglas y prácticas de la ciencia y el positivismo. De tal forma que su investigación se basa en casos de “tipo” en donde se pretende que los resultados encontrados permitan hacer divulgaciones precisas en las cuales se puedan generar procesos deductivos, donde por intermedio de numeraciones numéricas y estudios estadísticos, se podrán extraer conclusiones basadas en las hipótesis formuladas previamente.

Nivel de investigación: En concordancia con los objetivos proyectados en este proyecto investigado, el nivel logrado es correlacional, por el motivo que se llegará a determinar el grado de incidencia de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi como elementos agregados en los adoquines de concreto.

Diseño de investigación: La investigación tendrá un diseño cuasi experimental de corte transversal, donde los especímenes a estudiar ayudarán a seleccionar una acción, manejando las variables por medio de la observación de sus acontecimientos particulares y así de la misma forma tratar de responder el porqué de los sucesos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 16).

**Tabla 3**

*Diseño cuasi experimental de la investigación.*

|                       |   |              |   |               |   |               |
|-----------------------|---|--------------|---|---------------|---|---------------|
| 01 grupo control      | X1<br>Adoquín sin adición                         | O1<br>7 días | X1<br>Adoquín sin adición                         | O1<br>14 días | X1<br>Adoquín sin adición                         | O1<br>28 días |
| 01 grupo experimental | X2<br>Adoquín con adición<br>(4% C.C. y 12% T.D.) | O2<br>7 días | X2<br>Adoquín con adición<br>(4% C.C. y 12% T.D.) | O2<br>14 días | X2<br>Adoquín con adición<br>(4% C.C. y 12% T.D.) | O2<br>28 días |
| 02 grupo experimental | X3<br>Adoquín con adición<br>(6% C.C. y 18% T.D.) | O3<br>7 días | X3<br>Adoquín con adición<br>(6% C.C. y 18% T.D.) | O3<br>14 días | X3<br>Adoquín con adición<br>(6% C.C. y 18% T.D.) | O3<br>28 días |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

**Donde:**

G.C: Grupo de control.

G.E: Grupo experimental.

C.C: Ceniza de carbón.

T.D: *Tagelus Dombeyi*.

X1: Adoquín sin adición

X2: Adoquín con adición (4% C.C. y 12% T.D.)

X3: Adoquín con adición (6% C.C. y 18% T.D.)

**Variables y operacionalización.**

**Variable Independiente: Adición de ceniza de carbón y *Tagelus Dombeyi*:** Será aquella que se va a manipular acorde al criterio de los investigadores, considerando que servirá como ayuda para brindar respuestas a objetivos. De este modo, se secciona o establece en medidas, dimensiones e

indicadores a la variable, a esto se le conoce como operacionalización (Valderrama, 2013, p. 160).

Definición conceptual: Es la combinación de los materiales en activación térmica al grado de puzolana como ceniza de carbón que viene a ser el producto denominado como residuo de combustión de carbón o CCR (EPA, 2023, p. 1) y el Tagelus Dombeyi que viene a ser conocida como concha pico de pato que es un molusco bivalvo marino (Mendiz, 2010, p. 20).

Definición operacional: Es la adición de las dos combinaciones de un (4% ceniza de carbón con 12% Tagelus Dombeyi) y (6% ceniza de carbón con 18% Tagelus Dombeyi) en reemplazo del cemento con la finalidad de elaborar adoquines de concreto con  $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ .

Dimensiones: Propiedades físico y químicas de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi.

Indicadores: Análisis térmico diferencial, fluorescencia de rayos x y potencial de hidrógeno.

Escala de medición: Intervalo y razón.

**Variable dependiente: Propiedad mecánica del adoquín de concreto:**

La propiedad mecánica de un adoquín presenta un grado de resistencia y dependiendo de la utilización que se tenga, es decir, si se pretende emplear para construir pavimentos se requiere tener conocimiento sobre el soporte del tráfico de los vehículos o peatones que tiene que soportar (Cabezas, 2014, p.15).

Definición operacional: Es la determinación de la propiedad mecánica en este caso se refiere a la resistencia a la compresión que se obtiene a los 7, 14 y 28 días de edad de edad definida como el esfuerzo máximo que soporta un elemento y es calculado al dividir la carga máxima por el área transversal (Bustamante, Mark y Arazo, 2015, p. 20).

Dimensiones: Diseño de mezcla, resistencia a la compresión.

Indicadores: Ensayo de los agregados: Contenido de humedad, Granulometría, peso específico, peso unitario, y absorción. Ensayos de

resistencia a la compresión: Área de los adoquines de concreto (cm) y carga axial (kg/cm<sup>2</sup>).

Escala de medición: Intervalo y razón.

### **Población, muestra y muestreo y Unidad de análisis.**

**Población:** La población puede ser finita o infinita. Finita es cuando se da el caso de que la población estudiada puede ser contabilizada. Ejemplo para este caso en particular las poblaciones estarán conformadas por las cantidades de 27 especímenes donde 9 adoquines serán sin adición de Tagelus Dombeii y ceniza de carbón, los otros 9 adoquines tendrán una adición de 4% ceniza de carbón y 12% Tagelus Dombeii y por último los 9 adoquines restantes contarán con una adición del 6% ceniza de carbón y 18% Tagelus Dombeii en reemplazo del cemento. Por el contrario, población infinita es por ejemplo, la obtención del resultado de un tiro al aire de una moneda dando como producto de este lanzamiento (cruz o cara) de forma continua donde el elemento muestral en estudio no llega a tener un valor exacto.

**Criterios de inclusión:** La investigación va a incluir todos los especímenes que lleguen a cumplir los requisitos que establece que las norma NTP 339.611, estos deberán estar en condiciones apropiadas para para el procedimiento de rotura, contando con parámetros semejantes y teniendo las dimensiones estipuladas.

**Criterios de exclusión:** La investigación va a excluir todos aquellos especímenes que no logren cumplir los estándares que indica la las norma NTP 339.611, al no ser inmejorables para el procedimiento de rotura debido a fallas en su elaboración.

**Muestra:** Se indica como aquella representación de carácter significativo de la cantidad poblacional de manera que los resultados que se obtuvieran engloben a la población estimada (Arias, 2012, p. 30). De este modo, la investigación tendrá una muestra comprendida por toda la población, es decir, 27 adoquines de concreto de las cuales 9 serán adoquines sin adición, 9 con adición del 4% ceniza de carbón con 12% Tagelus Dombeii y 9 adoquines con adición del 6% ceniza de carbón con 18% Tagelus Dombeii en reemplazo del

cemento para una resistencia a la compresión de  $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ . a los 7,14 y 28 días de edad.

Muestreo: Las técnicas que se utilizan para realizar el proceso del muestreo son no probabilísticas cuando el investigador realiza el proceso de selección de los elementos muestrales a partir de su criterio propio, sin basarse en elecciones aleatorias ni fórmulas matemáticas. En cambio, para el caso de la técnica de muestreo probabilístico todos los elementos muestrales tienen las mismas probabilidades para ser seleccionados.

Unidad de análisis: La unidad de análisis estará compuesta por los adoquines de concreto tanto con adición como sin la misma.

**Tabla 4**

*Muestra de adoquines de concreto.*

| DESCRIPCIÓN                                    | NÚMERO DE ESPECÍMENES |         |         | TOTAL |
|--|-----------------------|---------|---------|-------|
|  | EDAD                  |         |         |       |
|  | 7 días                | 14 días | 28 días |       |
| Adoquines sin adición                          | 3                     | 3       | 3       | 9     |
| Adoquines con adición del 4% C.C. con 12% T.D. | 3                     | 3       | 3       | 9     |
| Adoquines con adición del 6% C.C. con 18% T.D. | 3                     | 3       | 3       | 9     |
| <b>SUBTOTAL</b>                                | 9                     | 9       | 9       | 27    |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

En primer término, se indica que Crotte (2011, p. 6) asevera en que la identificación mediante una descripción física es necesaria al realizar la recolección de datos informativos debido a que es un proceso en el cual los investigadores lo utilizan para recabar información indispensable.

Técnicas: Para lo referido a las técnicas para recolectar información, estas se contemplan para adquirir las informaciones vitales, en un inicio a la observación directa que es aquella que produce datos en circunstancias parcialmente controladas por quien realiza la investigación, debido a que este puede ser manejado por las variables. Además, se requiere el uso del análisis documental puesto que para la investigación se requiere los datos del ensayo de laboratorio para ser interpretados y analizados y para finalmente ser mostrados como resultados.

Instrumentos: En este caso existió la necesidad del uso del instrumento denominado protocolo de laboratorio, este es brindado por el laboratorio en el que se elaboren y analicen los especímenes (adoquines de concreto) y además se necesita de otros ensayos especiales como son ATD (análisis térmico diferencial), Fluorescencia de rayos x, Ph (Potencial de hidrógeno), estos con el fin de entender las particularidades químicas y físicas de los agregados que se pretenden adicionar. Por esta razón, en cuanto a la elaboración de los adoquines se tomará al ACI 211 como método de diseño de mezcla, siendo el principal instrumento de investigación comprendido por un formato de recolección de información; así mismo para los ensayos requeridos y el ensayo a la compresión, el laboratorio encargado será quien brinde un formato de rotura de adoquines indicando las propiedades que lleguen a presentar.

Validez y confiabilidad de instrumentos: Respecto a la validez y confiabilidad de acuerdo a lo aseverado por Soler (2008, p. 15) cita que para decretar que la confiabilidad de los resultados logrados, se deberán comprobar de acuerdo a un grado de validez adecuado y este tiene que ser de rango muy alto; esto indica que, no se debe presentarse desviaciones muy marcadas. De este modo, se llega a concluir que es confiable. Asimismo, indica que la validación es la manera de por la cual se podrá medir la veracidad en afinidad con la variable que se mide dándole claridad al instrumento. Por esta razón, se presentan instrumentos que serán requerimientos para la recopilación de los resultados, estos contarán con la debida certificación del laboratorio en el cual se realicen los ensayos necesarios y sean avalados según las normas.

**Procedimiento para desarrollar el objetivo específico N° 1:** En referente al primer objetivo para saber que composición química tiene los materiales, primero es conseguir los materiales a utilizar para nuestra investigación, la cual empezamos con la ceniza de carbón que se consiguió en la mina de carbón de Sarín.

Como podemos ver en la figura 1 la mina de carbón que se encuentra ubicado cerca al centro poblado de Uruspampa que se localizó en Sarín, que pertenece a la provincia de Sánchez Carrión del departamento de La Libertad y a 7 horas desde la ciudad de Chimbote.

### **Figura 1**

*Mapa de ubicación de la Ceniza de Carbón.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

También podemos observar en la figura 2, el mercado La Sirena el cual está ubicado en el distrito de Chimbote. En este lugar se logró adquirir el Tagelus Dombellii.

### **Figura 2**

*Mercado de peses la sirena.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).



Como podemos apreciar en la figura 3, después de conseguir el *Tagelus Dombeyi* se llevó a secar por unas 48 horas después de realizar su correcta limpieza y lavado, luego podemos ver en la figura 4 que se llevó a triturar y moler con un molino manual, para luego pasar por el tamiz con la malla N° 200 para así poder enviar al laboratorio para su respectivo análisis.

**Figura 3**

*Secado Tagelus Dombeyi.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Figura 4**

*Proceso molido del Tagelus Dombeyi.*



*Fuente: Elaboración propia (2024)*

Luego de terminar con el *Tagelus Dombeyi* continuamos con la Ceniza de Carbón que se puede apreciar En la figura 5 se puede apreciar el proceso de cómo se llevó a trituras manualmente, ya que el carbón viene en trozos grandes para así poder llegar a moler con el molino manual y lograr pasar por el tamiz N° 200 y luego enviarlo al laboratorio.

**Figura 5**

*Triturado y molido de la ceniza de carbón.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

Una vez molido los dos materiales y pasado por el tamiz N° 200 como se puede ver en la figura 6, se enviaron a realizar el análisis de fluorescencia de rayos X en el laboratorio (FQAPERÚ) Físico, Químico - Ambiental Perú S.A.C. que se encuentra localizado en la provincia de Trujillo, en el cual su análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos X. El análisis se realizó con el fin de poder saber la composición química que tiene cada material y ver si tiene componentes químicos que necesitamos para ayudar a mejorar las propiedades del adoquín del concreto en nuestro proyecto de investigación.

**Figura 6**

*Análisis de fluorescencia de rayos x.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

En la cual los resultados que se logró obtener como se puede apreciar en la Tabla N° 5 y 6 que se encuentran en el capítulo de resultados de este proyecto, en el Tagelus Dombeyi se obtuvo el Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ), mientras que en la Ceniza de Carbón se consigue Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), la cual si son componentes que si contribuirán a mejorar de la resistencia mecánica de nuestros adoquines.

## **Figura 7**

*Calcinación de los materiales.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Como podemos ver en la figura 7 se llevó a realizar la calcinación en horno mufla de alta temperatura en la Universidad Privada San Pedro de la ciudad de Chimbote con los resultados obtenidos del análisis térmico diferencial (ATD) la cual fue ejecutada también en el laboratorio (FQAPERÚ) Físico, Químico - Ambiental Perú S.A.C. de Trujillo la cual podemos apreciar en el anexo 02, este análisis se realizó con el fin de investigar el grado de temperatura y tiempo de calcinación de cada material. Una vez calcinado el material según el grado y tiempo dado queda listo para poder ser usado en nuestro proyecto.

**Procedimiento para desarrollar el objetivo específico N° 2:** Determinar del diseño de mezcla para los adoquines patrón y experimental de concreto.

Para poder realizar los diseños de mezcla de los adoquines patrón y experimental, se inició con la adquisición de los agregados. En este caso como podemos apreciar en la figura 8 y 9. Se trata del agregado fino y el agregado grueso de los cuales se compró 4 pies<sup>3</sup> de cada material. Estos fueron adquiridos en la cantera Chero, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote. Estos materiales fueron llevados a laboratorio donde se les pudo realizar el ensayo de análisis granulométrico, peso específico, absorción y el ensayo de contenido de humedad.

**Figura 8**

*Obtención del agregado fino*



*Fuente: Elaboración propia (2024)*

**Figura 9**

*Obtención del agregado grueso.*



*Fuente: Elaboración propia (2024)*

Asimismo, para poder iniciar con los diseños de mezcla patrón y experimental se optó en adquirir 2 bolsas de cemento Pacasmayo anti salitre, como podemos apreciar en la figura 10. Este tipo de cemento es ideal para suelos húmedos y obras expuestas como son los adoquines de concreto. De las cuales una bolsa se utilizó para realizar ensayos de prueba en laboratorio para poder determinar la dosificación correcta de los materiales y la bolsa restante se empleó en planta para la fabricación de adoquines.

**Figura 10**

*Obtención del cemento.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

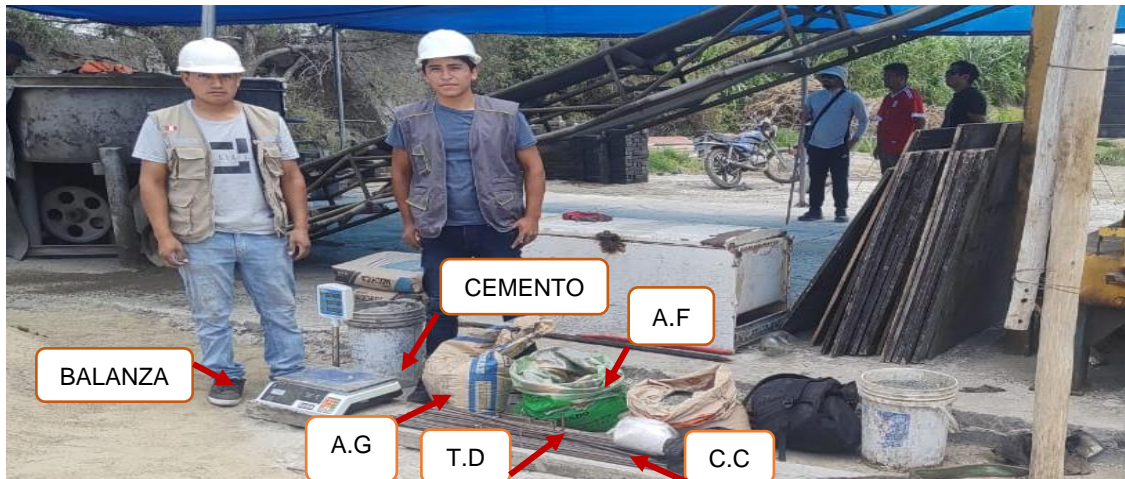
Posteriormente después de haber determinado el diseño de mezcla de los adoquines patrón y experimentales en laboratorio. Se continuo con el siguiente paso que era acudir a la planta y fabricar los adoquines, para ello se



llevó los siguientes materiales: agregado grueso, agregado fino, cemento, ceniza de Tagelus Dombeyi y la ceniza de carbón, estos materiales se pueden visualizar en la figura 11.

**Figura 11**

*Materiales para la fabricación de adoquines.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

Una vez en planta se inició con la dosificación de materiales para lo cual se llevó una balanza como se puede apreciar en la figura 12 para poder tener la cantidad necesaria de acuerdo al diseño de mezcla de los adoquines patrón y experimentales. Para que estos sean vaciados posteriormente en la mezcladora. Desde este punto una vez que el cemento, agregados, el agua, la ceniza de carbón y el Tagelus Dombeyi hayan sido mezclados, estos se trasladaran a través de una faja mecánica hacia la tolva de la máquina semi automática como se muestra en la figura 13.

**Figura 12**

*Dosificación de materiales*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Figura 13**

*Mezclado de materiales.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

De tal manera que una vez que los materiales mezclados están en la tolva de la máquina se da inicio el proceso más importante de la fabricación de los adoquines figura 14, ya que aquí los sistemas de vibración internos y externos, ayudarán a obtener bloques de buena calidad y al mismo tiempo estas frecuencias de vibración permitirán elevar el tiempo de vida de los elementos estructurales. En la figura 15 se puede apreciar que el brazo neumático ya fue levantado de la compresión a la que estaba sometida, dando como resultado a los adoquines. Este proceso se hizo repetitivo tanto para los adoquines patrón y experimentales.

**Figura 14**

*Sistema de vibración.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

**Figura 15**

*Alza de brazo neumático*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Finalmente, al terminar el levantamiento del brazo neumático de la máquina semi automática, se continuo con el retiro de los adoquines en una placa de madera figura 16. Para que posteriormente esta sea alzada juntamente con los adoquines en una carreta para trasladarlo a un lugar fresco donde estos podrán secar a temperatura de ambiente hasta el día siguiente figura 17. en el cual se iniciará con el proceso de curado para realizar el ensayo final el cual es determinar la resistencia mecánica de los adoquines patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días.



**Figura 16**

*Retiro de los adoquines.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Figura 17**

*Traslado de los adoquines.*

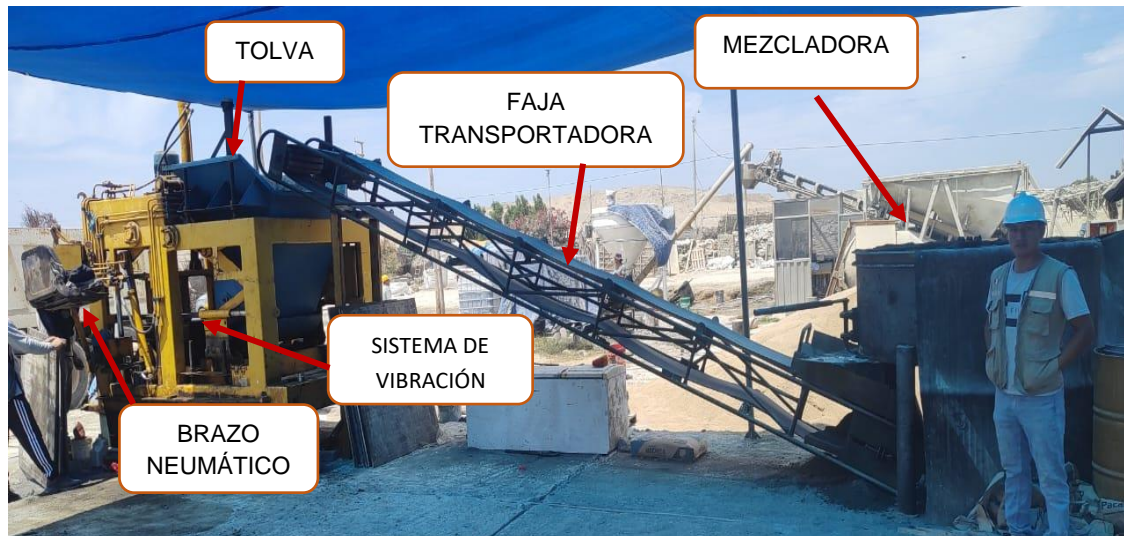


*Fuente: Elaboración propia (2024).*

Por último, en la figura 18 se ha considerado una imagen panorámica donde se puede apreciar la máquina semi automática completa. A demás se muestra el proceso el proceso por el cual pasaron los materiales combinados desde la mezcladora, faja transportadora, tolva, sistema de vibración y el brazo neumático punto ultimo donde se logró obtener los adoquines patrón y experimentales.

**Figura 18**

*Foto panorámica de la máquina semi automática de adoquines.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Procedimiento para desarrollar el objetivo específico N° 3:** Con referente al tercer objetivo para determinar la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una  $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto patrón y experimental, una vez fabricado nuestras muestras de adoquín patrón y experimental pasamos a realizar el proceso de curado de las mismas tal cual se muestra en la figura 19. Las muestras se ponen a sumergir en baldes llenos de agua durante el tiempo seleccionado, luego cumplido las fechas se selecciona las muestras que se van a llevar al laboratorio para realizar el ensayo de resistencia a compresión.

**Figura 19**

*Curado de los adoquines de concreto.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Luego llevamos las muestras al laboratorio, primero se llevó las 3 primeras muestras de adoquines a los 7 días, primero de la muestra patrón, luego de las muestras experimentales, ya que primero se realizaron la muestra patrón, luego llevamos otras 3 muestras más a los 14 días y por último se llevó las últimas 3 muestras a los 28 días para realizar el proceso de resistencia a compresión.

Se realiza los ensayos de Resistencia a la compresión de las primeras muestras que son a los 7 días Como vemos en la figura 20, la cual los resultados obtenidos de resistencia a compresión se pueden apreciar en capítulo de resultados (4.3.)



## **Figura 20**

*Ensayo de rotura de la muestra patrón.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

También se muestra la realización del ensayo de resistencia a compresión En la figura N° 21 de la muestra experimental 1 a los 14 días de haberlo curado los cuales nos dieron un buen resultado con respecto al diseño patrón, la cual esos resultados se puede apreciar en capítulo de resultados (4.3.) resistencia a la compresión.

## **Figura 21**

*Ensayo de rotura de la muestra experimental 1.*



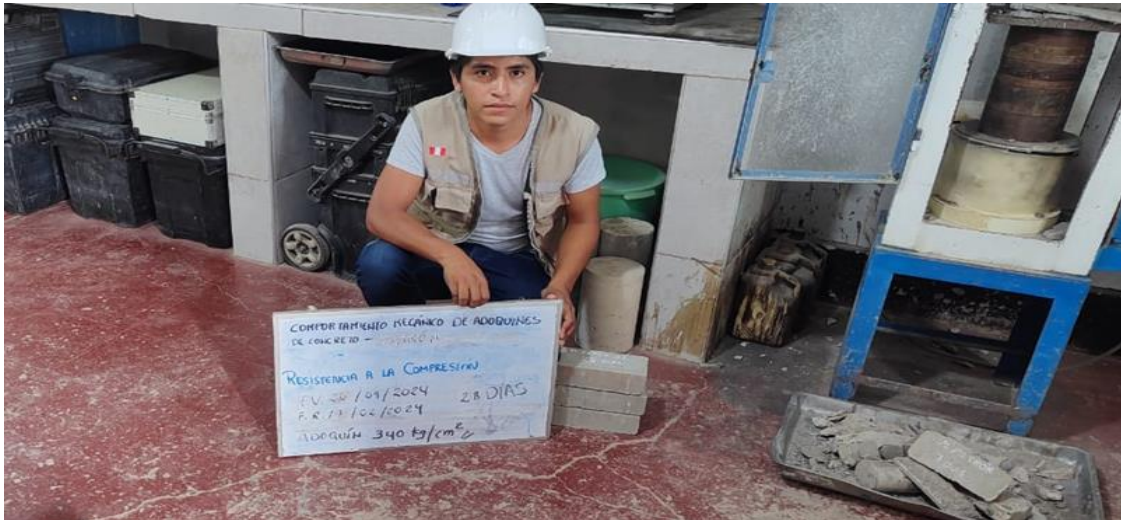
*Fuente: Elaboración propia (2024).*

Por ultimo como se puede apreciar en la figura 22 se realizó los ensayos de resistencia a compresión de la muestra experimental 2 a los 28 días, una vez obtenido los ensayos de todos los diseños elaborados pasamos a realizar la

comparación de cada una de estas con el diseño patrón la cual nos muestra que nuestros dos materiales añadidos lograron cumplir con las expectativas ya que se ayudan a incrementar la resistencia mecánica con respecto a la muestra patrón de adoquines la cual se puede apreciar en los figura 22 que se encuentra en capítulo de resultados de este proyecto.

**Figura 22**

*Ensayo de rotura de la muestra experimental 2.*



*Fuente: Elaboración propia (2024).*

## **Método de análisis de datos.**

El método de análisis de datos tiene como finalidad principal en imponer a los datos a la ejecución de actividades, con la finalidad de generar conclusiones exactas que nos ayuden a alcanzar nuestros objetivos.

Para el método de análisis de datos existente dos tipos de análisis el cualitativo que es el que se basa en opiniones, actitudes y creencias y el análisis cuantitativo el cual brinda información que pueda contabilizarse. Además de que permite analizar las preguntas como: ¿Cuántos? ¿Quién? ¿Con qué frecuencia? ¿Dónde? Para este caso se utilizó el método cuantitativo porque nos permite medir y evaluar porcentajes reales de incremento en la resistencia a compresión de los adoquines de concreto a partir de la adición de 4% de ceniza de carbón con 12% de Tagelus Dombeyi y 6% de ceniza de carbón con 18% de Tagelus Dombeyi. Estos resultados fueron registrados en Microsoft Excel para facilitar la creación de datos que aportarán a la investigación (QuestionPro, Análisis de Datos, 2014).

## **Aspectos éticos.**

Los aspectos éticos establecidos en el proyecto de investigación serán:  
Autonomía: La investigación podrá servir como guía para futuras investigaciones de acuerdo al uso de nuevos materiales para la producción de adoquines de concreto.

Beneficencia: Por medio de la investigación, se determinará la mejora en cuanto a la resistencia a compresión de adoquines de concreto elaborados con materiales reciclados en el caso de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi darán un impacto positivo tanto económico reduciendo costos en la cantidad de cemento y ambiental ya que estos residuos serían aprovechados de la mejor manera evitando contaminar.

Integridad humana: La investigación, pretende lograr una contribución a manera de base en la que futuros investigadores logren tener información apropiada para sus investigaciones, además busca dar soluciones en forma de reemplazo de materiales convencionales que son tan importantes en la construcción de infraestructura vial.

Prioridad: Los desarrollos de los resultados a elaborar en la investigación deberán ser claros y contar con una precisión, para que la información que se pretenda obtener sea de gran honestidad y detalle.

Respeto de la propiedad intelectual: La implementación de indagación de forma bibliográfica en la investigación deberá ser correctamente citada, referenciada con los criterios establecidos y parafraseada eludiendo plagios hasta obtener un porcentaje de similitud adecuado.

Respeto de la propiedad intelectual: La investigación será para bien común, aportando a futuras investigaciones a poder dar respuesta a sus objetivos plasmados.

Transparencia: En cuanto a la finalización del proyecto de investigación, este se llegará a subir por voluntad privada con el fin de que pueda ser observada y que futuros investigadores la citen apropiadamente.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Propiedades físico químicos de los materiales y temperatura de calcinación.

en referente al primer objetivo para saber que composición química tiene los materiales se llevó a realizar en el laboratorio (FQAPERÚ) Físico, Químico - Ambiental Perú S.A.C. de Trujillo.

##### 3.1.1. Fluorescencia de rayos x de Ceniza de carbón y de Tagelus Dombeii.

**Tabla 5.**

*Composición química de la Ceniza de Carbón.*

| Composición química de la ceniza de carbón |                                   | Resultados (%) |
|--|-----------------------------------|----------------|
| Elemento                                   | símbolo                           |                |
| Dióxido de Silicio                         | (Si O <sub>2</sub> )              | 63.12          |
| Oxido de Calcio                            | (Ca O)                            | 8.76           |
| Trióxido de Aluminio                       | (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 16.21          |
| Trióxido de Hierro                         | (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 3.08           |
| Oxido de Potasio                           | (K <sub>2</sub> O)                | 0.82           |
| Oxido de Magnesio                          | (Mg O)                            | 1.31           |
| Pentóxido de Fosforo                       | (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )  | 0.51           |
| Oxido de Cobre                             | (Cu O)                            | 0.06           |
| Trióxido de Azufre                         | (SO <sub>3</sub> )                | 0.16           |
| Óxido de Zinc                              | (Zn O)                            | 0.01           |
| Oxido de Manganeso                         | (Mn O)                            | 0.005          |
| Perdida por quemado                        | -                                 | 5.955          |
| <b>Total</b>                               | -                                 | <b>100.00</b>  |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: En la tabla 5 al realizar la comparación de la muestra analizada podemos ver que se muestra como principal compuesto químico el Dióxido de Silicio (Si O<sub>2</sub>) con un 63.12%.

**Tabla 6***Composición química de la Ceniza de Tagelus Dombeii.*

| <b>Composición química del Tagelus Dombeii</b> |                                   | <b>Resultados</b> |
|--|-----------------------------------|-------------------|
| <b>Elemento</b>                                | <b>símbolo</b>                    | <b>(%)</b>        |
| Dióxido de Silicio                             | (Si O <sub>2</sub> )              | 0.647             |
| Oxido de Calcio                                | (Ca O)                            | 84.8              |
| Trióxido de Aluminio                           | (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 3.84              |
| Trióxido de Hierro                             | (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 0.007             |
| Oxido de Potasio                               | (K <sub>2</sub> O)                | 0.12              |
| Oxido de Magnesio                              | (Mg O)                            | 0.642             |
| Pentóxido de Fosforo                           | (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )  | 0.053             |
| Oxido de Cobre                                 | (Cu O)                            | 0.005             |
| Trióxido de Azufre                             | (SO <sub>3</sub> )                | 0.028             |
| Óxido de Zinc                                  | (Zn O)                            | 0.011             |
| Oxido de Manganeso                             | (Mn O)                            | 0.009             |
| Perdida por quemado                            | -                                 | 9.838             |
| <b>Total</b>                                   | <b>-</b>                          | <b>100.00</b>     |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: Realizando la comparación de la muestra analizada según la tabla N°6, podemos ver que como principal compuesto químico tenemos el Óxido de Calcio (Ca O) con un 84.8%.

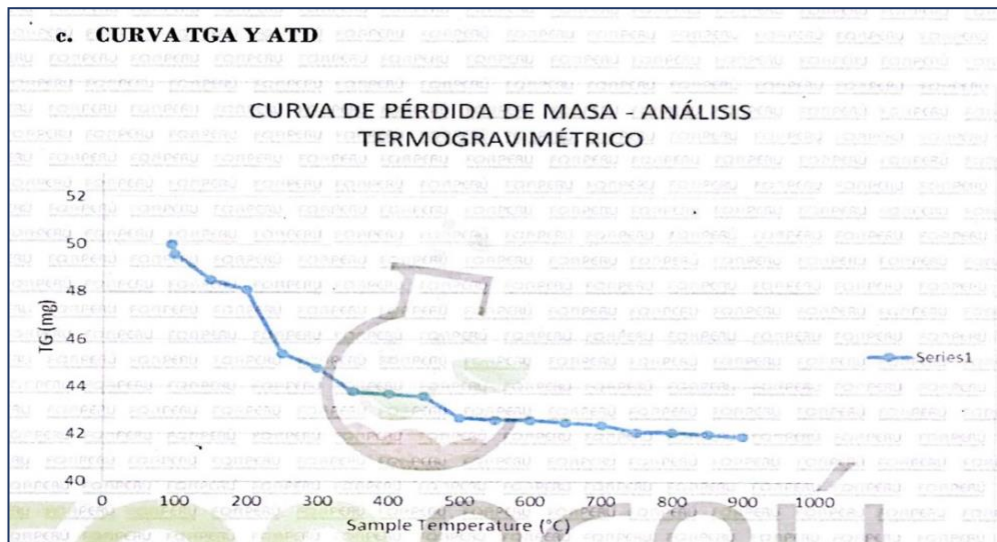
### **3.1.2. Análisis térmico diferencial (ATD) de Ceniza de carbón y del Tagelus Dombeii.**

Se realizó el análisis térmico diferencial en el laboratorio (FQAPERÚ) Físico, Químico - Ambiental Perú S.A.C. de Trujillo con el fin de investigar los grados de temperatura y tiempo de calcinación para conseguir la activación de los químicos de los materiales, las rocas de carbón primero se procedieron a tritura y luego moler para pasar por la

malla 200, en cambio con el Tagelus Dombeyi se procedió a lavar y secar por 48 horas. Los resultados se indica en el siguiente gráfico.

**Figura 23**

*Análisis térmico diferencial (ATD) de Ceniza de carbón.*

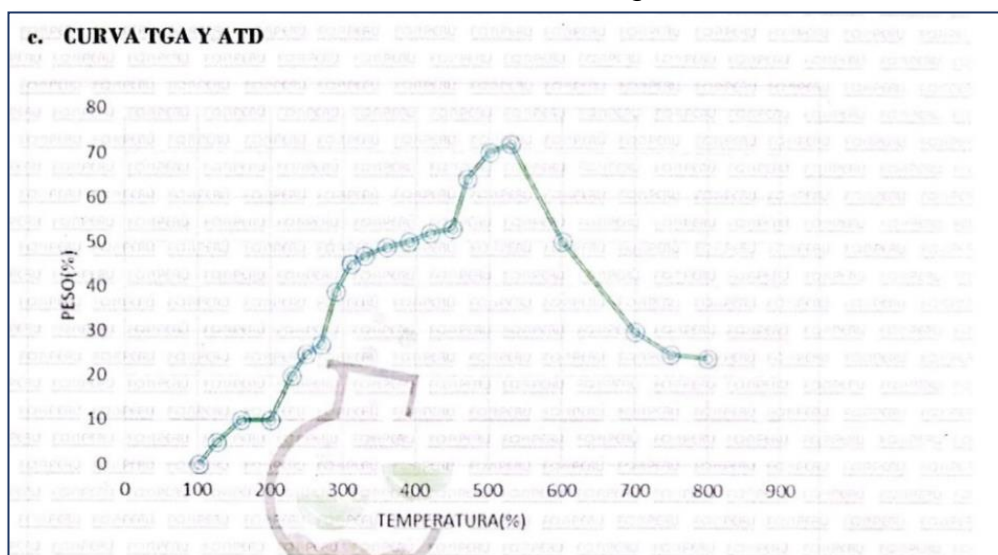


Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir del ADT, en la figura 23 se puede apreciar que el resultado de calcinación es de 2 horas promedio a una temperatura de 150 y 300 °C.

**Figura 24**

*Análisis térmico diferencial de Ceniza de Tagelus Dombeyi.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: En cuanto al resultado del análisis térmico diferencial de la Ceniza del *Tagelus Dombeyi*. En la figura 24 podemos apreciar que se determinó un tiempo requerido para poder obtener calcinación de este material es de un promedio 2 horas consecutivas. En la cual este deberá de estar sometido a una temperatura constante de 520.5 °C.

### 3.2. Resultados de Diseño de mezcla del adoquín patrón y experimental.

En referente al segundo objetivo según los resultados de las pruebas que se hicieron de los materiales de agregado grueso y agregado fino y las dos combinaciones de Ceniza de Carbón y *Tagelus Dombeyi* con el fin de obtener la dosificación de cada material. Estos resultados hallados nos sirven en la elaboración del diseño de mezcla de 340 kg/cm<sup>2</sup> evaluando su rotura a los 7, 14 y 28 días.

#### 3.2.1. Ensayo de análisis granulométrico de los agregados.

**Tabla 7**

*Granulometría del Agregado Grueso.*

| Abertura (mm) | tamiz  | Retenido material (gr) | Retenido parcial (%) | Retenido o acumulado (%) | Pasa (%) | ASTM (Lim. Inf.) | ASTM (Lim. Sup.) |
|---------------|--------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------|------------------|------------------|
| 100           | 4"     | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 90            | 3 1/2" | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 75            | 3"     | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 63            | 2 1/2" | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 50            | 2"     | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 37.50         | 1 1/2" | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 25            | 1"     | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 19            | 3/4"   | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 12.50         | 1/2"   | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |
| 9.50          | 3/8"   | 0.0                    | 0.0                  | 0.0                      | 100.0    | 100              | 100              |





**Tabla 8***Granulometría del agregado fino.*

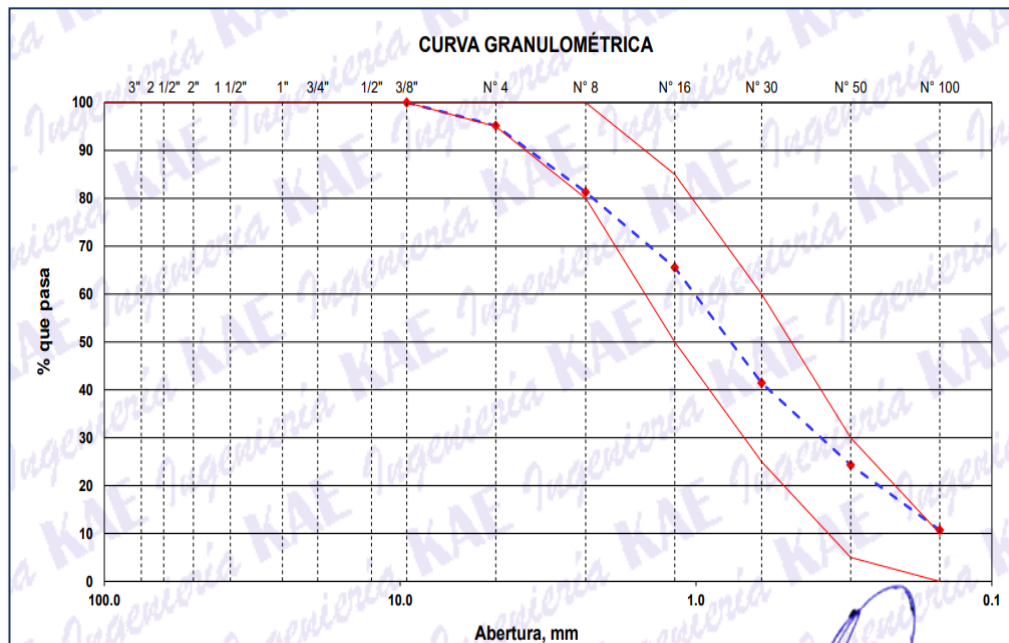
| Abertura<br>(mm) | tamiz     | Retenido<br>material<br>(gr) | Retenido<br>parcial<br>(%) | Retenido<br>acumulado<br>(%) | Pasa<br>(%) | AST<br>M<br>(Lim.<br>Inf.) | AST<br>M<br>(Lim.<br>Sup.) |
|------------------|-----------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| 100              | 4"        | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 90               | 3 1/2"    | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 75               | 3"        | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 63               | 2 1/2"    | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 50               | 2"        | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 37.50            | 1 1/2"    | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 25               | 1"        | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 19               | 3/4"      | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 12.50            | 1/2"      | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 9.50             | 3/8"      | 0.0                          | 0.0                        | 0.0                          | 100.0       | 100                        | 100                        |
| 4.75             | N° 4      | 46.01                        | 4.84                       | 4.84                         | 95.16       | 95                         | 100                        |
| 2.36             | N° 8      | 131.69                       | 13.87                      | 18.71                        | 81.29       | 80                         | 100                        |
| 1.18             | N° 16     | 149.43                       | 15.73                      | 34.44                        | 65.56       | 50                         | 85                         |
| 0.60             | N° 30     | 228.96                       | 24.11                      | 58.55                        | 41.45       | 25                         | 60                         |
| 0.30             | N° 50     | 162.88                       | 17.15                      | 75.70                        | 24.30       | 5                          | 30                         |
| 0.15             | N° 100    | 129.09                       | 13.58                      | 89.29                        | 10.71       | 0                          | 10                         |
| 0.07             | N° 200    | 81.26                        | 8.56                       | 97.84                        | 2.16        | -                          | -                          |
|                  | FOND<br>O | 20.47                        | 2.16                       | 100.0                        |             |                            |                            |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: Como podemos ver en la tabla N° 08 el material que queda retenido y el material pasante en los tamices utilizados para el ensayo granulométrico, pudimos hallar el módulo de fineza que es 2.82mm.

**Figura 26**

Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: Como podemos ver en la figura N° 26 en la curva granulométrica se puede apreciar que desde abertura N° 4 hasta la abertura N° 100 el pasante es casi consecutivo.

### 3.2.2. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados.

**Tabla 9**

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

| Información de la muestra                                    |       |                    |
|--|-------|--------------------|
| Peso en el aire de la muestra secada en horno                | 1779  | gr.                |
| Peso de muestras saturadas superficialmente secas en el aire | 1816  | gr.                |
| Peso de la muestras en el agua                               | 1163  | gr.                |
| P. específico saturados con superficies secas                | 2.781 | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. específico de masas                                       | 2.725 | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. específico aparentes                                      | 2.887 | gr/cm <sup>3</sup> |
| Absorción  | 2.06  | %                  |

Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: Como podemos observar en la tabla 09 obtuvimos como resultado 2.781 gr/cm<sup>3</sup> del peso específico y 2.06% de absorción según el ensayo de peso específico y absorción que se muestra.

**Tabla 10**

*Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.*

| <b>Información de la muestra</b>                          |       |                    |
|---|-------|--------------------|
| Muestra   | 500   | gr.                |
| Peso en el aire de las muestras secadas en horno          | 496.2 | gr.                |
| Peso de fiola llena de agua a las marcas de calibraciones | 701   | gr.                |
| Peso de la fiola con las muestras y el agua               | 1018  | gr.                |
| P. específico saturados con superficies secas             | 2.711 | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. específico de masas                                    | 2.732 | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. específico aparentes                                   | 2.769 | gr/cm <sup>3</sup> |
| Absorción   | 0.77  | %                  |

*Fuente: Elaboración propia (2024).*

Interpretación: Como podemos observar en la tabla 10 obtuvimos como resultado 2.711 gr/cm<sup>3</sup> del peso específico y 0.77% de absorción según el ensayo de peso específico y absorción que se muestra.

### 3.2.3. Contenido de humedad de los agregados.

**Tabla 11**

*Contenido de humedad de agregado grueso.*

| <b>Agregado Grueso (cantera chero)</b> |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
| N° de muestras                         | 1      | 2      | 3      |
| Recipientes (N°)                       | 16     | 22     | 3      |
| Peso Recip. + Suelo Húmedo(gr)         | 2051.3 | 2412.5 | 2036.5 |
| Peso Recip. + Suelo Seco(gr)           | 2037.7 | 2395.9 | 2023.4 |
| Peso Recipiente(gr)                    | 106.5  | 110.2  | 96.5   |

|                         |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| Peso del Agua(gr)       | 13.6   | 16.6   | 13.1   |
| Peso Suelo Seco(gr)     | 1931.2 | 2285.7 | 1926.9 |
| Contenido de Humedad(%) | 0.7    | 0.73   | 0.68   |
| Humedad promedio(%)     | 0.7    |        |        |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla 11 el contenido de humedad en el agregado grueso en promedio su contenido es de 0.70% de humedad.

**Tabla 12**

*Contenido de humedad de agregado fino.*

| <b>Agregado Fino (cantera chero)</b> |       |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| N° de muestras                       | 1     | 2     | 3     |
| Recipientes (N°)                     | 20    | 16    | 8     |
| Peso Recip. + Suelo Húmedo(gr)       | 548.4 | 612.3 | 498.8 |
| Peso Recip. + Suelo Seco(gr)         | 544.2 | 607.8 | 494.3 |
| Peso Recipiente(gr)                  | 36.2  | 34.5  | 41.2  |
| Peso del Agua(gr)                    | 4.2   | 4.5   | 4.5   |
| Peso Suelo Seco(gr)                  | 508   | 573.3 | 453.1 |
| Contenido de Humedad(%)              | 0.83  | 0.78  | 0.99  |
| Humedad promedio(%)                  | 0.87  |       |       |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla 12, el contenido de humedad en el agregado grueso en promedio su contenido es de 0.87% de humedad.

### 3.2.4. Diseño de mezcla para el adoquín patrón.

**Tabla 13**

*Diseño de mezcla adoquín patrón.*

| <b>Expresión de proporciones en peso por 1m3</b> |                       |                         |       |
|--|-----------------------|-------------------------|-------|
| Cemento  | Agregado fino natural | Agregado grueso natural | Agua  |
| 617kg  | 696.4kg               | 771.8kg                 | 313lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 13, podemos determinar la proporción para un 1m<sup>3</sup> de concreto. También nos permite conocer qué proporción se va a utilizar de los agregados grueso y fino incluyendo el agua necesaria para elaborar nuestro ensayo patrón.

**Tabla 14**

*Diseño de mezcla patrón en proporción para 1 adoquín.*

| <b>Expresión en kg para un adoquín</b> |                       |                         |        |
|--|-----------------------|-------------------------|--------|
| Cemento                                | Agregado fino natural | Agregado grueso natural | Agua   |
| 0.74kg                                 | 0.84kg                | 0.93kg                  | 0.38lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 14, podemos determinar que la proporción por kg de cemento para un adoquín es igual a 0.74 kg, agregado grueso 0.84 kg, agregado fino 0.93 kg y el agua requerida para poder realizar el ensayo de un adoquín es de 0.38 lts.

### 3.2.5. Diseño de mezcla para el adoquín experimental 1.

**Tabla 15**

*Diseño de mezcla adoquín experimental 1 con 4% C.C. y 12% T.D.*

| <b>Expresión de proporciones en peso por 1m3</b> |                     |                     |                       |                         |       |
|--|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------|
| Cemento  | Ceniza de carbón 4% | Tagelus Dombeyi 12% | Agregado Fino Natural | Agregado Grueso Natural | Agua  |
| 518.28kg   | 24.68kg             | 74.04kg             | 696.4kg               | 771.8kg                 | 313lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 15, podemos determinar la proporción para 1m3 de concreto adicionando 4% de ceniza de carbón y 12% Tagelus Dombeyi. También nos permite conocer que cantidad de agregado grueso, agregado fino y el agua requerida para poder realizar el ensayo.

**Tabla 16**

*Diseño de mezcla experimental 1 en proporción para 1 adoquín.*

| <b>Expresión en kg para un adoquín</b> |                     |                     |                       |                         |        |
|--|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------|
| Cemento                                | Ceniza de carbón 4% | Tagelus Dombeyi 12% | Agregado Fino Natural | Agregado Grueso Natural | Agua   |
| 0.62kg                                 | 0.03kg              | 0.09kg              | 0.84kg                | 0.93kg                  | 0.38lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 16, podemos determinar la proporción por kg de cemento, agregado grueso, agregado fino y el agua requerida para poder realizar el ensayo de un adoquín

### 3.2.6. Diseño de mezcla para el adoquín experimental 2.

**Tabla 17**

*Diseño de mezcla adoquín experimental 2 con 6% C.C. y 18% T.D.*

| <b>Expresión de proporciones en peso por 1m3</b> |                     |                    |                       |                         |        |
|--|---------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------|
| Cemento  | Ceniza de carbón 6% | Tagelus dombeii18% | Agregado Fino Natural | Agregado Grueso Natural | Agua   |
| 468.92Kg   | 37.02kg             | 111.06kg           | 696.4kg               | 771.8kg                 | 313 lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 17, podemos determinar la proporción para 1m3 de concreto adicionando 4% de Ceniza de Carbón y 12% Tagelus Dombeii. También nos permite conocer que cantidad de agregado grueso, agregado fino y el agua requerida para poder realizar el ensayo

**Tabla 18**

*Diseño de mezcla experimental 2 en proporción para 1 adoquín.*

| <b>Expresión en kg para un adoquín</b> |                     |                     |                       |                         |        |
|--|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------|
| Cemento                                | Ceniza de carbón 6% | Tagelus Dombeii 18% | Agregado Fino Natural | Agregado Grueso Natural | Agua   |
| 0.57Kg                                 | 0.04kg              | 0.13kg              | 0.84kg                | 0.93kg                  | 0.38lt |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir de la tabla 18, podemos determinar la proporción por kg de cemento, agregado grueso, agregado fino y el agua requerida para poder realizar el ensayo de un adoquín.



### 3.3. Comportamiento mecánico de los adoquines de concreto patrón y experimental.

#### 3.3.1. Resistencia a la compresión de los adoquines patrón.

**Tabla 19**

*Resistencia a la compresión de las muestras patrón.*

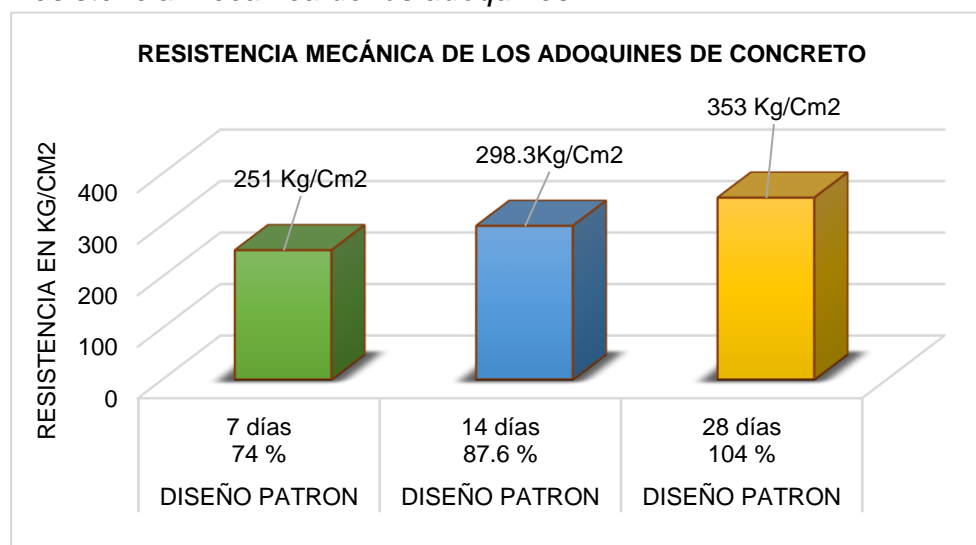
| Ensayo de Rotura |                 |             |               |                         |                            |            |
|------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| Ítem             | Fecha de Rotura | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %          |
| 1                |                 |             | 51630         | 51175                   | <b>254</b>                 | <b>75</b>  |
| 2                | 27/01/2024      | 7           | 50840         | 50392                   | <b>248</b>                 | <b>73</b>  |
| 3                |                 |             | 52010         | 51552                   | <b>251</b>                 | <b>74</b>  |
| 4                |                 |             | 60720         | 60185                   | <b>297</b>                 | <b>87</b>  |
| 5                | 3/02/2024       | 14          | 61960         | 61414                   | <b>301</b>                 | <b>89</b>  |
| 6                |                 |             | 60810         | 60274                   | <b>297</b>                 | <b>87</b>  |
| 7                |                 |             | 72540         | 71901                   | <b>351</b>                 | <b>103</b> |
| 8                | 17/02/2024      | 28          | 74090         | 73438                   | <b>359</b>                 | <b>106</b> |
| 9                |                 |             | 71410         | 70781                   | <b>349</b>                 | <b>103</b> |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir del contenido de la tabla 19, podemos determinar que la resistencia a compresión tiende a ir de manera ascendente a los 7,14 y 28 días, superando los 349K g/cm<sup>2</sup>.

**Figura 27**

*Resistencia mecánica de los adoquines.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: De la figura 27, mostrada podemos decir que, a los 28 días de curado al adoquín, se llegó a un 104% de resistencia y a 353 kg/cm<sup>2</sup> que es superior a los 340 kg/cm<sup>2</sup> que se esperaba obtener a partir del diseño de mezcla inicial.

### 3.3.2. Resistencia a la compresión de los adoquines experimental 1.

**Tabla 20**

*Resistencia a la compresión de la muestra con 4% C.C. y 12% T.D.*

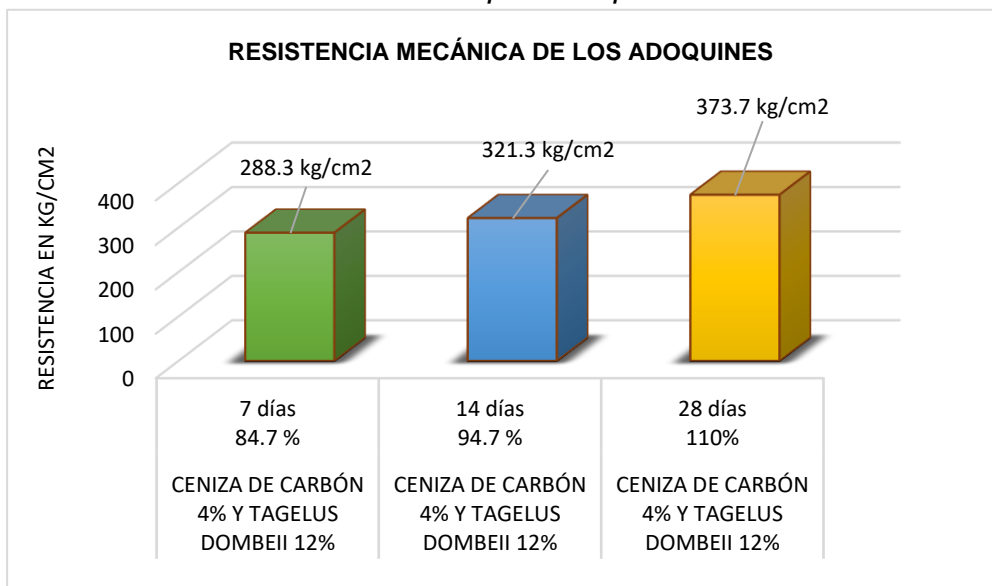
| <b>Ensayo de rotura – experimental 1</b> |                 |             |               |                         |                            |            |
|--|-----------------|-------------|---------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| Ítem                                     | Fecha de Rotura | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %          |
| 1  |                 |             | 58670         | 58153                   | <b>286</b>                 | <b>84</b>  |
| 2  | 29/01/2024      | 7           | 59820         | 59293                   | <b>289</b>                 | <b>85</b>  |
| 3  |                 |             | 59060         | 58540                   | <b>290</b>                 | <b>85</b>  |
| 4  |                 |             | 66340         | 65756                   | <b>322</b>                 | <b>95</b>  |
| 5  | 5/02/2024       | 14          | 65970         | 65389                   | <b>323</b>                 | <b>95</b>  |
| 6  |                 |             | 64830         | 64259                   | <b>319</b>                 | <b>94</b>  |
| 7  |                 |             | 76370         | 75698                   | <b>372</b>                 | <b>109</b> |
| 8  | 19/02/2024      | 28          | 77630         | 76946                   | <b>377</b>                 | <b>111</b> |
| 9  |                 |             | 77100         | 76421                   | <b>372</b>                 | <b>110</b> |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir del contenido de la tabla 20, podemos determinar que la resistencia a compresión tiende a ir de manera ascendente a los 7 con una resistencia promedio 289 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días con una resistencia promedio de 322 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días, dándonos una resistencia promedio de 372 Kg/cm<sup>2</sup>, superando el diseño patrón.

**Figura 28**

*Resistencia mecánica de los adoquines experimental 1.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: De la figura 28, mostrada podemos decir que, a los 28 días de curado al adoquín, se llegó a un 110% de resistencia y a 373 kg/cm<sup>2</sup> que es superior a los 340 kg/cm<sup>2</sup> que se esperaba obtener a partir del diseño de mezcla inicial.

### 3.3.3. Resistencia a la compresión de los adoquines experimental 2.

**Tabla 21**

*Resistencia a la compresión de la muestra con 6% C.C. y 18% T.D.*

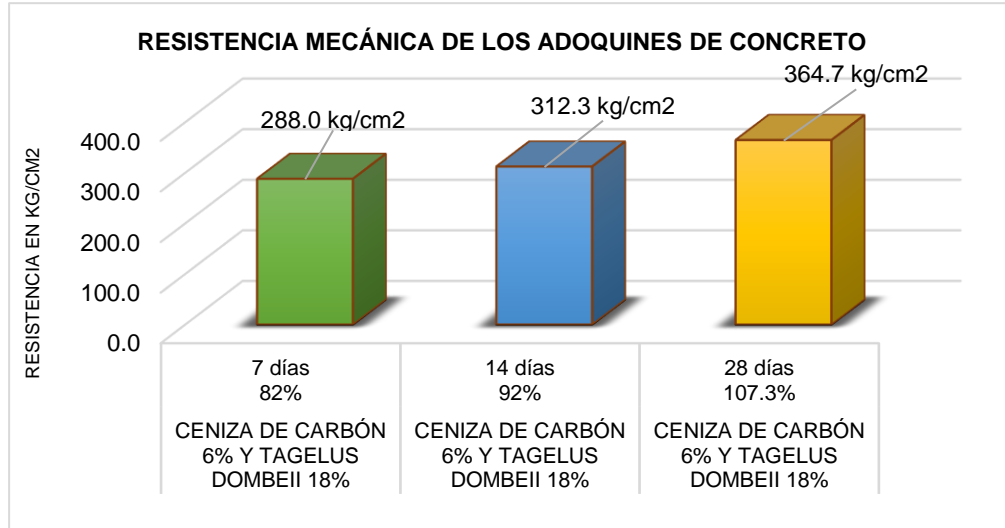
| Ensayo de Rotura |                 |             |               |                         |                            |            |
|------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| Ítem             | Fecha de Rotura | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %          |
| 1                |                 |             | 56980         | 56478                   | <b>279</b>                 | <b>82</b>  |
| 2                | 30/01/2024      | 7           | 56230         | 55735                   | <b>275</b>                 | <b>81</b>  |
| 3                |                 |             | 58500         | 57985                   | <b>283</b>                 | <b>83</b>  |
| 4                |                 |             | 64050         | 63486                   | <b>309</b>                 | <b>91</b>  |
| 5                | 6/02/2024       | 14          | 64200         | 63635                   | <b>316</b>                 | <b>93</b>  |
| 6                |                 |             | 64820         | 64249                   | <b>312</b>                 | <b>92</b>  |
| 7                |                 |             | 74750         | 74092                   | <b>365</b>                 | <b>107</b> |
| 8                | 20/02/2024      | 28          | 74960         | 74300                   | <b>363</b>                 | <b>107</b> |
| 9                |                 |             | 75400         | 74736                   | <b>366</b>                 | <b>108</b> |

Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: A partir del contenido de la tabla 21, podemos determinar que la resistencia a compresión tiende a ir de manera ascendente a los 7,14 y 28 días, superando los 366 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 29**

*Resistencia mecánica de los adoquines experimental 2.*



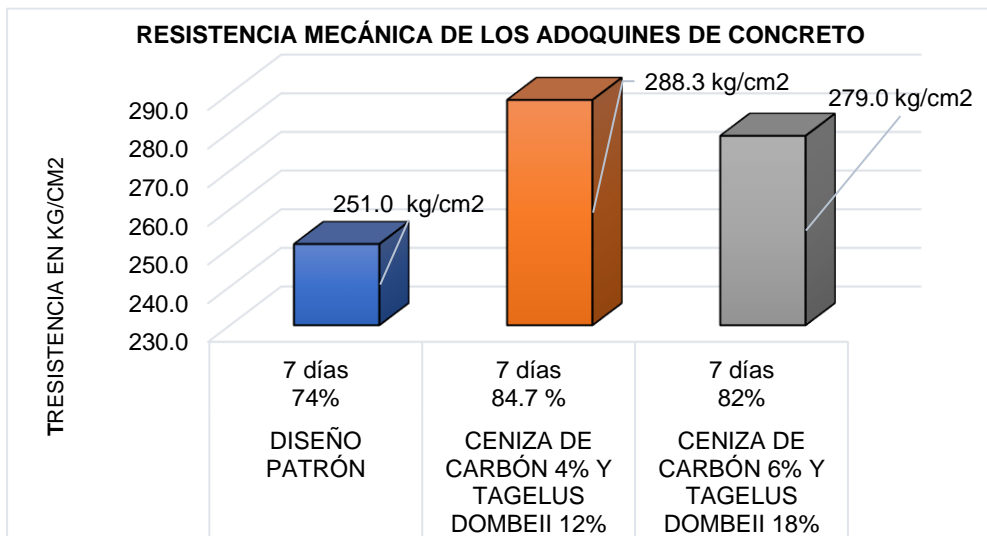
Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: de la figura 29, mostrada podemos decir que, a los 28 días de curado al adoquín, se llegó a un 107% de resistencia y a 364 kg/cm<sup>2</sup> que es superior a los 340 kg/cm<sup>2</sup> que se esperaba obtener a partir del diseño de mezcla inicial.

### 3.3.4. Comparativa de los adoquines patrón y experimentales 1 y 2.

**Figura 30**

*Resistencia mecánica del adoquín patrón y experimentales 7 días.*

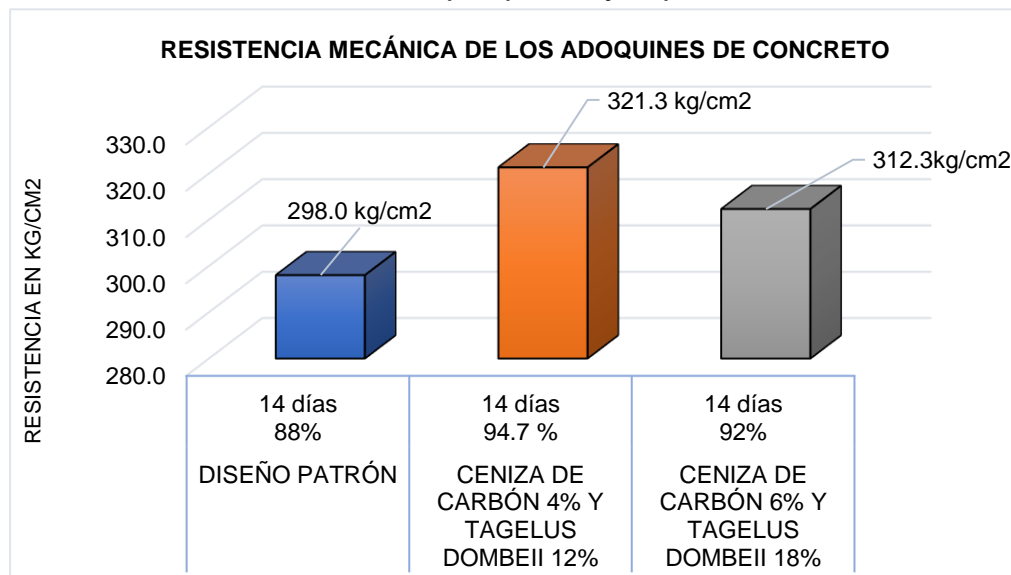


Fuente: Elaboración propia (2024).

Interpretación: De la figura 30, mostrada podemos decir que a los 7 días de curado a los adoquines patrón se obtuvo una resistencia 251 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto al ensayo experimental resultó que al realizar el proceso de adición de 4% de ceniza de carbón y 12% de Tagelus Dombeyi después de concluir los 7 días de curado se pudo llegar a obtener una resistencia de 288.3 kg/cm<sup>2</sup>. También se puede decir que al incrementar estos porcentajes de 4% a 6% de ceniza de carbón y de 12% a 18% de Tagelus Dombeyi la resistencia a compresión del adoquín tiende a bajar ligeramente de 288.3 kg/cm<sup>2</sup> a 279 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 31**

*Resistencia mecánica del adoquín patrón y experimentales a 14 días.*

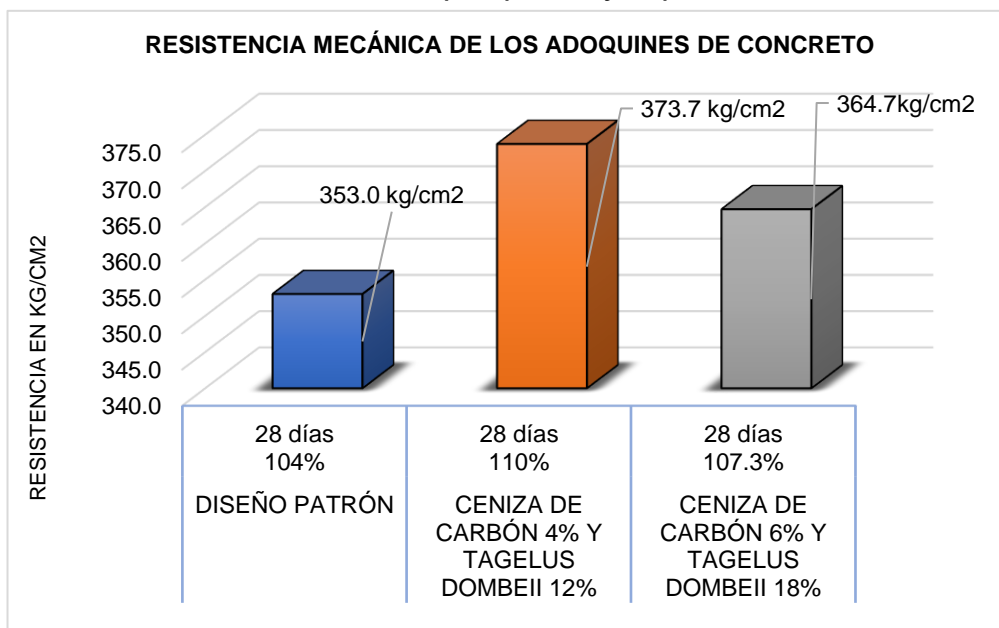


*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: De la figura 31, mostrado podemos decir que a los 14 días de curado a los adoquines patrón se obtuvo una resistencia 298 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los ensayo experimental 1 resultó que al realizar el proceso de adición de 4% de ceniza de carbón y 12% de tagelus dombeyi después de concluir los 14 días de curado se pudo llegar a obtener una resistencia de 321.3 kg/cm<sup>2</sup>. También se puede decir que al incrementar estos porcentajes de 4% a 6% de ceniza de carbón y de 12% a 18% de tagelus dombeyi la resistencia a compresión del adoquín tiende a bajar ligeramente de 321.3 kg/cm<sup>2</sup> a 312.3 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 32**

*Resistencia mecánica del adoquín patrón y experimentales a 28 días.*



*Fuente:* Elaboración propia (2024).

Interpretación: De la figura 32, mostrada podemos decir que a los 28 días de curado a los adoquines patrón se obtuvo una resistencia 353 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los ensayos experimentales resulto que al realizar el proceso de adición de 4% de ceniza de carbón y 12% de tagelus dombeii después de concluir los 28 días de curado se pudo llegar a obtener una resistencia de 373.7 kg/cm<sup>2</sup>. También se puede decir que al incrementar estos porcentajes de 4% a 6% de ceniza de carbón y de 12% a 18% de tagelus dombeii la resistencia a compresión del adoquín tiende a bajar ligeramente de 373.7 kg/cm<sup>2</sup> a 364.7 kg/cm<sup>2</sup>.

#### IV. DISCUSIÓN.

En el análisis de fluorescencia de Rayos X los resultados más sobresalientes analizados en los materiales fueron ; en Tagelus Dombeyi 84.8 % de Oxido de Calcio CaO, 3.84% de Trióxido de Aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 0.647% de Dióxido de silicio SiO<sub>2</sub>, en donde haciendo una sumatoria nos da un valor 89.287%, por ellos podemos decir que es un valor notable con características puzolánicas, por otro lado en la Ceniza de Carbón obtuvimos 63.12% de Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), 16.21% de Trióxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y 8.76% de Oxido de Calcio CaO, la cual son valores establecidos en NTP 334.004 1997 sobre (Cementos Puzolánicos), dado estos resultados podemos ver que si van a poder ser una sustitución del cemento y así realizar un mayor favorecimiento en las propiedades de estos materiales.

Según el análisis químico de Fluorescencia de rayos x en los dos materiales analizados, podemos observar que en Tagelus Dombeyi se procura conseguir el Óxido de Calcio CaO y mientras que en la Ceniza de Carbón se consigue Dióxido de Silicio SiO<sub>2</sub>, estos componentes encontrados son los que contribuirá a mejorar los componentes del concreto. El porcentaje obtenido es semejante a los resultados que obtuvo Tapia H, (2022), donde obtuvo 93.828% de CaO en su investigación, y en nuestros resultados tenemos 84.8% de CaO, mientras que en el SiO<sub>2</sub> encontrado ay una desigualdad en Tapia H, (2022) que es de 90.354. % a diferencia de nuestros resultados que obtuvimos de 63.12% de SiO<sub>2</sub>.

En congruente a los antecedentes utilizados en su investigación de Espada y Morales (2020) el silicio es uno de los elementos más destacada del cemento que nos hace referencia al rendimiento de las nano sílices en el concreto, ya que tiene una elevada fluidificación, mejor dicho, es plásticamente permeable por lo que aumenta más años de vida al concreto, impidiendo segregación y no influye en el retraso del fraguado aumentado la hidratación, por ello la ceniza de carbón como adición al cemento en este proyecto nos aporta no solo a la resistencia sino también a la durabilidad de nuestras de adoquines de concreto.

De acuerdo al análisis térmico diferencial de los dos materiales que tenemos, la activación térmica de *Tagelus Dombeyi* se efectúa a los 520.5°C por 2 horas en donde se pudo visualizar que se vuelven en cenizas de manera constante, se puede constatar una estabilidad térmica en la cual el material disminuye de manera drástica de su masa inicial en la cual se llega a activar el contenido de carbonatación de Calcio a su etapa activada de Oxido de Calcio. Al efectuar también la activación térmica en la Ceniza de Carbón se encuentra entre los 150°C y 300°C por 2 horas donde se puede apreciar el alto porcentaje de Dióxido de Silicio.

Según los resultados obtenidos en la resistencia a la compresión podemos ver que a los 28 días en los adoquines patrón se obtuvo una resistencia promedio de 353.0 kg/cm<sup>2</sup> la cual supera la resistencia del diseño de 340 kg/cm<sup>2</sup>, pero comparando con los adoquines añadido la combinación 1 de 4% de ceniza de carbón y 12% de *Tagelus Dombeyi* a los 28 días se obtuvo una resistencia de 373.7 kg/cm<sup>2</sup> la cual supera por un 10% al diseño de 340 kg/cm<sup>2</sup>, en cambio en la combinación 2 de 6% de ceniza de carbón y 18% de *Tagelus Dombeyi* se obtuvo la resistencia promedio a los 28 días de 364.7kg/cm<sup>2</sup> dándonos un resultado poco favorable de 7.6% la cual es menor a la primera combinación.

Los resultados de este proyecto con referente a la resistencia a la compresión podríamos semejar a los resultados que obtuvo Rosas (2021), donde tiene un 14% de mejora en su muestra experimental con referente a su muestra patrón a los 28 días de curación estando en su máxima resistencia y en nuestro resultado obtenido de la primera combinación se tiene el 10% de mejora en con referente a la muestra patrón también estando en su máxima resistencia de 28 días.



## V. CONCLUSIONES.

En primera instancia se concluye, de acuerdo con el primer objetivo específico podemos decir que se realizó el ensayo de eflorescencia de rayos x a la ceniza de carbón donde el principal componente químico es el dióxido de silicio (Si O<sub>2</sub>) con un porcentaje total 63.12%. Mientras que el Tagelus Dombeyi tiene como propiedad principal al óxido de calcio (Ca O) en un 84.8%. También se logró determinar el tiempo requerido de calcinación para la ceniza de carbón el cual es de 2 horas continuas y debe encontrarse sometida a una temperatura constante de 150 y 300 °C. Este mismo tiempo se utilizó para la calcinación del Tagelus Dombeyi, la diferencia se presentó en la cantidad de temperatura que se requiere para poder lograr este proceso el cual es de 520.5 °C.

En segunda instancia en cuanto al diseño de mezcla se concluye que, se puede decir que se cumplió con realizar el ensayo de análisis granulométrico, peso específico, absorción y el ensayo de contenido de humedad a los agregados, el cual se realizó con la finalidad de poder determinar el diseño de mezcla del concreto patrón el cual resulto: 0.74 kg de cemento, 0.84 kg agregado fino natural, 0.93 kg agregado grueso natural y 0.38 lts de agua por adoquín. Una vez se logró determinar el diseño de mezcla patrón se continuo con el ensayo experimental 1, el cual consta de una adición de 4% de ceniza de carbón el cual tiene un valor de 0.03 kg y 12% de Tagelus Dombeyi que viene a ser 0.09 kg. Para el ensayo experimental 2 se manejó los porcentajes de 6% ceniza de carbón que tiene el valor de 0.04 kg y de 18% Tagelus Dombeyi que es 0.13 kg por adoquín. También se logró determinar que era necesario un asentamiento de 3 a 4 plg, para el ensayo patrón y los 2 ensayos experimentales.

En tercer instancia, en cuanto al análisis del comportamiento mecánico de los adoquines patrón se logró identificar que la resistencia máxima adquirida a los 28 días de curado es de 353 kg/cm<sup>2</sup> promedio, para el ensayo experimental 1 el cual tiene 4% de ceniza de carbón y 12% de Tagelus Dombeyi a los 28 días logró llegar a 373.7 kg/cm<sup>2</sup> promedio y para el experimental 2 de 6% de ceniza de carbón y 18% de Tagelus Dombeyi a los 28 días logró llegar a 364.7 kg/cm<sup>2</sup> promedio. Es decir que si se empieza a aumentar el porcentaje

de adición de CC y TD es probable que la resistencia a compresión empiece a disminuir considerablemente.

En cuarta instancia se concluye que, de los ensayos realizados se puede destacar que los porcentajes ideales para incrementar la resistencia a compresión de los adoquines de concreto son, experimentales son con 4% de ceniza de carbón y 12% de Tagelus Dombeyi con la cual se logró una resistencia de 373.7 kg/cm<sup>2</sup> promedio a los 28 días de curado.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

En primera instancia se recomienda investigar otros métodos de calcinación para lograr la activación de los materiales a adicionar, ya que hay pocos laboratorios que tenga un horno mufla de alta temperatura y solo llega a calcinar poco material por el tiempo dado, y al realizar cantidades grandes nos saldría un costo elevado.

En segunda instancia se recomienda seguir mejorando la investigación y realizar todos los ensayos necesarios con el Tagelus Dombeyi y la ceniza de carbón para tener más solidez en los resultados o cifras que se deben considerar con referente a las variables que intervienen en las reacciones y diseños del adoquín del concreto.

En tercera instancia se recomienda seguir realizando más investigaciones a la ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi, con diferentes combinaciones y otros tratamientos, como el control continuo del contenido de humedad durante la preparación de la mezcla para los adoquines para poder llegar a una mejor consistencia a la compresión y ampliar las expectativas de esta investigación.

En cuarta instancia, para posteriores investigaciones recomendamos realizar la evaluación del adoquín de concreto con ceniza de carbón y Tagelus Dombeyi en la durabilidad de la misma frente a elementos agresivos como la carbonatación en el concreto, porque la ceniza de carbón puede llegar a disminuir el nivel de carbonatación y así darle mayor tiempo de vida al concreto, así mismo también utilizar materiales que puedan no solo ayudar en la resistencia adoquín de concreto, sino también a mejorar la trabajabilidad y/o mejorar el curado de la misma.

En quinta instancia, se recomienda utilizar los Equipos de Protección Personal (EPP) adecuados al realizar la elaboración de los adoquines de concreto ya que estamos expuestos al contacto con la piel y los ojos en todo momento a la hora de realizar la mezcla de los materiales y frente a maquinaria de moldeado, compactado y vibrado que se realiza en la fabricación de los adoquines.

## REFERENCIAS.

1. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Requisitos para concreto estructural y comentarios (ACI 318S-14), Farmington Hills, U.S.A., 2015, 587 pp. ISBN: 978-0-87031-964-8
2. Arrieta, J. & Peñaherrera, E. (2001). Fabricación de bloques de concreto con una masa vibradora. Lima: PROGRAMA CIENTÍFICO PC-CISMID UNI
3. BEHAR, Daniel. Metodología de la investigación. [en línea] Lima: Editorial Shalom, 2008. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/004416166f1d9df980e62>. ISBN: 978-959-212-783-7
4. BUSTAMANTE, Adrián, MARK, Greg y ARAZO, Renato. Physical and mechanical properties of composite brick from cement mortar, fly ash, and rubber crumbs. IJRET. [En línea] n.4, octubre de 2015. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/301655259> ISSN: 2319-116
5. CABEZAS, María. Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2014
6. CROTTE, Roberto. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. Tiempo de Educar [en línea]. Diciembre-2011, n.º2 [Fecha de consulta: 23 de diciembre de 2020]. ISSN:1665-0824. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>
7. EPA (United States Environmental Protection Agency). Hoja informativa: Ceniza de carbón. Oficina de conservación y recuperación de recursos EPA 530-F-23-004, 2023. Disponible en: <https://www.epa.gov/coalash>

8. ESPADA, Mayra y MORALES, Leonardo (2020). Influencia de la adición de la ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto, en muros portuarios, Lima, sector Balneario de Ancón, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Lima: Universidad Privada del Norte, 2022, 219 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/23949>
9. Ledezma, Felipe, y Yauri, Wilder. (2023). Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. Disponible en: [file:///C:/Users/HP/Downloads/TESIS\\_2018\\_ING%20CIVIL\\_LEDEZMA%20CHUMBES%20FELIPE%20Y%20YAURI%20HUIZA%20WILDER\\_PDF.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/TESIS_2018_ING%20CIVIL_LEDEZMA%20CHUMBES%20FELIPE%20Y%20YAURI%20HUIZA%20WILDER_PDF.pdf)
10. GONZALES, Jose y SANCHEZ, Jose. Evaluación de los efectos de la ceniza de carbón como material aglomerante en las propiedades mecánicas de adoquines de concreto, Pucallpa 2022. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Callao: Universidad Cesar Vallejo, 2022, 55 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97108>
11. HERNÁNDEZ-SAMPIERI Roberto y MENDOZA, Christian. 2018. Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta. México D.F, México: Mc Graw Hill Education, 2018. 978-1-4562-6096-5 Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hern%c3%a1n%20dez-%20Metodolog%c3%ada%20de%20la%20investigaci%c3%b3n.pdf>
12. HUAQUISTO, Samuel y BELIZARIO, Germán (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research, 20(2), 225-234 pp. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>
13. LÓPEZ, Sergio. Uso de polvo de llanta como agregado fino en una mezcla de concreto para la elaboración de adoquines. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

14. MARILUZ, Milagros y ULLOA, Javier (2018). Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica Ilo21 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2018, 212 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3288>
15. MATIENZO, Jorge (2018). Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de concha de abanico y 12% por las cenizas de la cáscara de arroz - 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Chimbote: Universidad San Pedro, 2018, 113 pp. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5476>
16. MENDIZ, Nicolás. (2010). Tagelus dombeii: antecedentes de la especie. Amici Molluscarum. 18: 31-33. Disponible en: <http://www.amicimolluscarum.com>
17. NIÑO, Jairo. Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas. 1.a ed. Colombia: Bogotá, 2010. 228 pp. ISBN: 9789588564036
18. NORMA TECNICA PERUANA. NTP 334. 009. Cementos portland adiciones. Lima: INDECOPI -Perú, 2013. Recuperado: <https://es.scribd.com/document/342117099/NTP-334-090-Cemento-Portland-Adicionado-pdf>.
19. NORMA TECNICA PERUANA. NTP 399.611. Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. Lima: INDECOPI-Perú, 2015. Disponible en: <https://baixardoc.com/documents/ntp-3996112010revisada-el-2015-5c75a1e265376>
20. NORMA TÉCNICA PERUANA. NTP CE. 010. Pavimentos urbanos. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia 2016. Disponible en: [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf)

21. TAPIA, Darwin (2020). Resistencia a la compresión de un adoquín de concreto tipo I sustituyendo al cemento por ceniza de cáscara de arroz y concha de lapicero. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Chimbote: Universidad San Pedro, 2020, 154 pp. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20641>
22. ROSAS, Leyla. Resistencia a la compresión del adoquín  $f_c = 320\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo al cemento por 3% de donax trunculux y 9% de Equisetum arvenses, Chimbote – Ancash - 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2021, 96 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65100>
23. SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5.a ed. Colombia: Bogotá, 2001. 321 pp. ISBN: 9589247040
24. SOLER, Silvio. Coeficientes de confiabilidad de instrumentos escritos en el marco de la teoría clásica de los test. Cuba: Escuela Nacional de Salud Pública, 2007. ISSN: 0864-2141
25. Supermix. Adoquines de concreto. *Supermix*. [En línea] Diciembre de 2021. Disponible en: [https://www.supermix.com.pe/files/dip\\_adoquines.pdf](https://www.supermix.com.pe/files/dip_adoquines.pdf).
26. VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2ª Ed. Lima: Editorial San Marcos, 2013, 496 pp. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/335731707/Pasos-Para-Elaborar-Proyectos-de-Investigacion-Cientifica-Santiago-Valderrama-Mendoza>. ISBN: 978-612-302-878-7
27. CEDEX (Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas). Cenizas Volantes de Carbón y Cenizas de hogares o escorias. Catálogo de residuos utilizables en construcción. *CEDEX*. [En línea] diciembre de 2011. Disponible

en: <https://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/24/diciembre-2011/valorizacion/propiedades-del-residuo/23/las-cenizas-volantes.html>

28. RÍOS, Natali. Influencia de las Cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, La Libertad [en línea]. tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, 2020. [fecha de consulta 06 de enero]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Rios\\_VNW-Neyra\\_VAM-SD.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Rios_VNW-Neyra_VAM-SD.pdf)
29. QuestionPro. Análisis de Datos tas dificultades. [En línea] 2014 Disponible en: <https://www.questionpro.com/es/análisisdatos.html#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20datos%20consiste,datos%20puede%20revelar%20ciertas%20dificultades>.
30. Wikipedia. Tagelus Dombeii. Wikipedia. [En línea] noviembre de 2023. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tagelus\\_dombeii](https://es.wikipedia.org/wiki/Tagelus_dombeii)
31. PROMART, Tipos de cemento Portland: Usos, propiedades y ventajas. [en línea] Lima: Editorial Promart Blog, 2019. [Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.promart.pe/blog/tipos-de-cemento-portland#:~:text=El%20cemento%20Portland%20es%20conocido,muros%20C%20pavimentos%20entre%20otros>.
32. PAVICONJ, (pavimento hormigón decorativo). Cemento Portland: Tipos, propiedades y usos. [en línea] España, 2020. [Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.paviconj-es.es/noticias/cemento-portland/>



# **ANEXOS**

# **Anexo 1**

Matriz de Operacionalización de Variables y Matriz de  
Consistencia

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLE INDEPENDIENTE                     | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES  | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|---|--|---|--|--------------------|
| Ceniza de carbón                           | La ceniza de carbón viene a ser el producto denominado como residuo de combustión de carbón o CCR (EPA, 2023, p. 1)   | La variable de ceniza de carbón será operacionalizada mediante la sustitución en porcentajes de 4% y 6% en reemplazo del cemento.                    | Propiedades químicas de la ceniza de carbón.        | 4%<br>6%<br>Análisis térmico diferencial, fluorescencia de rayos X.  | Intervalo y razón  |
| Tagelus Dombeyi                            | Es un bivalvo marino cuya principal característica es tener la propiedad de ser alargada 10 cm (MENDIZ, Nicolás. (2010)   | La variable de Tagelus Dombeyi será operacionalizada mediante la sustitución en porcentajes de 12% y 18% en reemplazo del cemento                    | Propiedades químicas de Tagelus Dombeyi             | 12%<br>18%<br>Análisis térmico diferencial, fluorescencia de rayos X.  | Intervalo y razón  |
| VARIABLE DEPENDIENTE                       | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES  | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Propiedad mecánica del adoquín de concreto | La propiedad mecánica de un adoquín presenta un grado de resistencia y dependiendo de la utilización que se tenga, se deberá conocer el soporte del tráfico de los vehículos o peatones que este soportará (Cabezas, 2014, p.15). | la determinación de la propiedad mecánica se determinará a los 7, 14 y 28 días de edad definida como el esfuerzo máximo que este elemento soportará. | Diseño de mezcla<br><br>Resistencia a la compresión | Ensayo de los agregados:<br>Granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y absorción.<br><br>Ensayo de compresión:<br>Área del adoquín de concreto (cm) y carga axial (kg/cm <sup>2</sup> ) | Intervalo y razón  |

Fuente: Elaboración propia (2024).

**MATRIZ DE CONSISTENCIA.**

| <b>PROBLEMA GENERAL</b>  | <b>OBJETIVOS GENERAL</b>   | <b>HIPÓTESIS GENERAL</b>  | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>              | <b>DIMENSIONES</b>  | <b>METODOLOGÍAS</b>   |
|--|--|---|--|---|---|
| ¿De qué manera se determinará el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus Dombeii – Ancash 2023?                           | Determinar el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto con adición de ceniza de carbón y Tagelus Dombeii – Ancash 2023.                                    | La adición de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii tendrá influencia para mejorar el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto.                                 | Ceniza de carbón<br>Tagelus Dombeii        | Propiedades físicas y químicas de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii | Tipo de investigación Aplicada<br>Diseño de investigación Cuasi experimental<br>Nivel de investigación Explicativo  |
| <b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>   | <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>   | <b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>  | <b>VARIABLES DEPENDIENTE</b>               | <b>DIMENSIONES</b>  | <b>METODOLOGÍA</b>  |
| ¿cuál será la composición física química de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii mediante análisis de fluorescencia de rayos x?   | Determinar la composición física química de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii mediante análisis de fluorescencia de rayos x.                                       | Se determinará la composición física química de la ceniza de carbón y Tagelus Dombeii mediante análisis de fluorescencia de rayos x.  |  |   | La población estará compuesta por 27 adoquines de concreto tipo II con una $f'c = 340$ kg/cm <sup>2</sup> . Estos serán divididos en 3 grupos de 9 cada uno a los cuales se les adicionará distintos porcentajes de ceniza de carbón y Tagelus Dombeii. |
| ¿Cuáles serán las propiedades físicas del adoquín de concreto patrón y experimental?   | Determinar el diseño de mezcla para el adoquín de concreto patrón y experimental- Ancash 2023  | Se determinará las propiedades físicas del adoquín de concreto patrón y experimental.   | Propiedad mecánica del adoquín de concreto | Diseño de mezcla, resistencia a la compresión                           |   |
| ¿Cómo se determinará la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una $f'c = 340$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto patrón y experimental? | Determinar la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una $f'c = 340$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días del adoquín de concreto patrón y experimental. | Se determinará la resistencia a compresión del adoquín tipo II con una $f'c = 340$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días de adoquines del concreto patrón y experimental |  |   |   |

*Fuente:* Elaboración propia (2024).

# **Anexo 2**

Resultados de laboratorio ensayos de Efluorecencia  
de rayos x y Análisis térmico diferencial



**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE  
MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>SOLICITANTE</b> | BERROCAL MADUEÑO, LUIS FERNANDO.<br>PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON   |
| <b>TESIS</b>       | "Comportamiento Mecánico de Adoquines de Concreto con Adición de Ceniza de Carbón y Tagelus Dombeii - Ancash 2023." |
| <b>MUESTRA</b>     | CENIZA DE CARBÓN  |
| <b>FECHA</b>       | 23 DE DICIEMBRE DEL 2023  |

**MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO**

**1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES**

**CONDICIONES DE LA MEDICION:**

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

**ESTANDAR INTERNACIONAL PARA**

**CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)**

Concentración: g/l.

**2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

Se analizó 25 mg de la muestra de CENIZA DE CARBÓN, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

**3. METODO**

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO  
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA  
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**4. RESULTADOS**

| COMPOSICION QUIMICA           | RESULTADOS (%) | METODO UTILIZADO                           |
|-------------------------------|----------------|--|
| DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)    | 63.12          | Espectrometría de fluorescencia de rayos x |
| OXIDO DE CALCIO (Ca O)        | 8.76           |  |
| TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3) | 16.21          |  |
| TRIOXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)   | 3.08           |  |
| OXIDO DE POTASIO (K2 O)       | 0.82           |  |
| OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)      | 1.31           |  |
| PENTOXIDO DE FOSFORO (P2O5)   | 0.51           |  |
| OXIDO DE COBRE (Cu O)         | 0.06           |  |
| TRIOXIDO DE AZUFRE (SO 3)     | 0.16           |  |
| OXIDO DE ZINC (Zn O)          | 0.01           |  |
| OXIDO DE MANGANESO (Mn O)     | 0.005          |  |
| PÉRDIDA POR QUEMADO           | 5.955          |  |

**5. CONCLUSION**

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Calcio (Ca), Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

*[Handwritten Signature]*  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 122588

TRUJILLO, 29 DE DICIEMBRE DEL 2023

**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com





**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE  
MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

|  |   |
|--|---|
| <b>SOLICITANTE</b>                     | BERROCAL MADUEÑO, LUIS FERNANDO.<br>PAREDES ZAVALA, HELÍ WILSON   |
| <b>TESIS</b>                           | "Comportamiento Mecánico de Adoquines de Concreto con Adición de Ceniza de Carbón y Tagelus Dombeii - Ancash 2023." |
| <b>MUESTRA</b>                         | CENIZA DE TAGELUS DOMBEII   |
| <b>FECHA</b>                           | 23 DE DICIEMBRE DEL 2023  |
| <b>MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO</b> |   |

**1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES**

**CONDICIONES DE LA MEDICION:**

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

**ESTANDAR INTERNACIONAL PARA**

**CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)**

Concentración: lg/l.

**2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

Se analizó 25 mg de la muestra de ceniza de TAGELUS DOMBEII, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

**3. METODO**

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO  
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA  
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com





4. RESULTADOS

| COMPOSICION QUIMICA                                    | RESULTADOS (%) | METODO UTILIZADO                           |
|--|----------------|--|
| DIOXIDO DE SILICIO (Si O <sub>2</sub> )                | 0.647          | Espectrometría de fluorescencia de rayos x |
| OXIDO DE CALCIO (Ca O)                                 | 84.8           |  |
| TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 3.84           |  |
| TRIOXIDO DE HIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )   | 0.007          |  |
| OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)                    | 0.12           |  |
| OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)                               | 0.642          |  |
| PENTOXIDO DE FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )  | 0.053          |  |
| OXIDO DE COBRE (Cu O)                                  | 0.005          |  |
| TRIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>3</sub> )                  | 0.028          |  |
| OXIDO DE ZINC (Zn O)                                   | 0.011          |  |
| OXIDO DE MANGANESO (Mn O)                              | 0.009          |  |
| PÉRDIDA POR QUEMADO                                    | 9.838          |  |

ASTM C618 "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete"

5. **CONCLUSION:** Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Calcio (Ca), sílice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y azufre (S).

CARLOS ALBERTO ALVARADO MENDOSA  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122555

Trujillo, 29 de Diciembre del 2023

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

# LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



## REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

|  |   |
|--|---|
| <b>SOLICITANTE</b>                     | BERROCAL MADUEÑO, LUIS FERNANDO.<br>PAREDES ZAVALA, HELÍ WILSON   |
| <b>TESIS</b>                           | "Comportamiento Mecánico de Adoquines de Concreto con Adición de Ceniza de Carbón y Tagelus Dombeii - Ancash 2023." |
| <b>MUESTRA</b>                         | CENIZA DE CARBÓN  |
| <b>FECHA</b>                           | 23 DE DICIEMBRE DEL 2023  |
| <b>MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO</b> |   |

### 1. MUESTRA: CENIZA DE CARBÓN (10gr).

| Nº DE MUESTRAS | CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA | PROCEDENCIA |
|----------------|------------------------------|-------------|
| 1              | 35 MG                        |             |

### 2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG\_DTA\_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS\_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 950°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO  
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA  
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

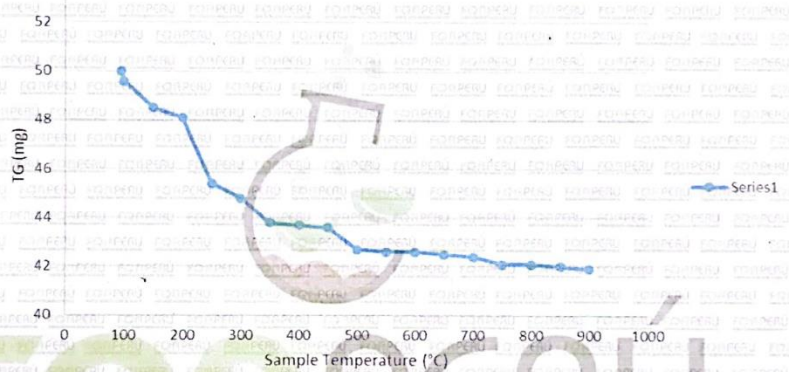




4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD

CURVA DE PÉRDIDA DE MASA - ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO



5. CONCLUSION

- Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicando dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 150 y 300°C y la segunda menos intensa entre 450 y 500°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 18% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.

  
CARLOS ALBERTO QUIROZ  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122588

TRUJILLO, 29 DE DICIEMBRE DEL 2023

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL  
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>SOLICITANTE</b> | BERROCAL MADUEÑO, LUIS FERNANDO.<br>PAREDES ZAVALA, HELÍ WILSON   |
| <b>TESIS</b>       | "Comportamiento Mecánico de Adoquines de Concreto con Adición de Ceniza de Carbón y Tagelus Dombeii - Ancash 2023." |
| <b>MUESTRA</b>     | CENIZA DE TAGELUS DOMBEII   |
| <b>FECHA</b>       | 23 DE DICIEMBRE DEL 2023  |

**MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO**

**1. MUESTRA: CENIZA DE TAGELUS DOMBEII (10 gr.)**

| Nº DE MUESTRAS | CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA | PROCEDENCIA |
|----------------|------------------------------|-------------|
| 1              | 500 mg                       |             |

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG\_DTA\_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS\_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 950°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO  
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA  
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



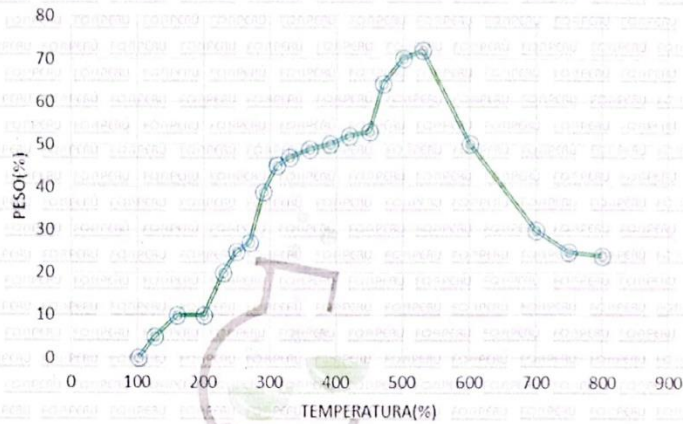
**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com





**c. CURVA TGA Y ATD**



**5. CONCLUSION**

- Para la presente investigación de la Cenizas de TAGELUS DOMBEII, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.37%.
- El análisis termo gravimétrico de Cenizas de TAGELUS DOMBEII indica un pico de temperatura máxima de 520.5°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 450 y 650 °C

  
CARLOS ALBERTO VALQUI MENDOZA  
INGENIERO QUIMICO  
CIP 122588

Trujillo, 29 de Diciembre del 2023.

**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

# **Anexo 3**

Diseño de mezcla y comportamiento mecánico de los  
adoquines patrón y experimental



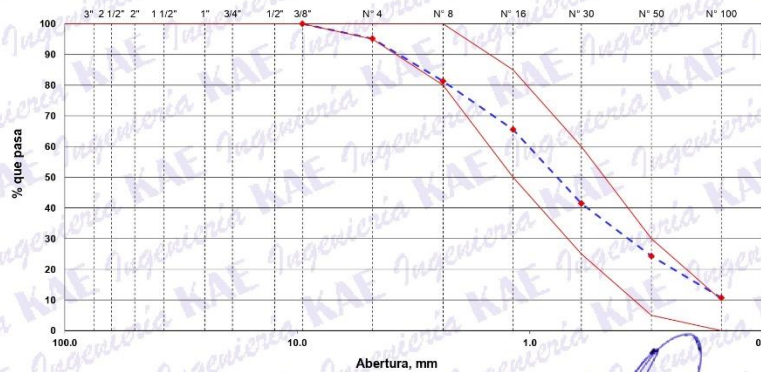
|                    |   |                     |               |
|--------------------|---|---------------------|---------------|
| <b>TESIS :</b>     | *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023.* | <b>REGISTRO N°:</b> | CC-CMA-GRA-01 |
| <b>SOLICITA :</b>  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON  | <b>PÁGINA N°:</b>   | 01 de 01      |
| <b>UBICACIÓN :</b> | Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash  | <b>CANTERA :</b>    | Chero         |
|                    |   | <b>FECHA:</b>       | 19/01/2024    |

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS**  
(ASTM C-136, MTC E204)

| ABERTURA (mm) | TAMIZ  | RETENIDO MATERIAL (gr) | RETENIDO PARCIAL % | RETENIDO ACUMULADO % | % PASA | ASTM "LIM. INF." | ASTM "LIM. SUP." |
|---------------|--------|------------------------|--------------------|----------------------|--------|------------------|------------------|
| 100.00        | 4"     |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 90.00         | 3 1/2" |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 75.00         | 3"     |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 63.00         | 2 1/2" |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 50.00         | 2"     |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 37.50         | 1 1/2" |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 25.00         | 1"     |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 19.00         | 3/4"   |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 12.50         | 1/2"   |                        | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 9.50          | 3/8"   | 0.00                   | 0.00               | 0.00                 | 100.00 | 100              | 100              |
| 4.75          | N° 4   | 46.01                  | 4.84               | 4.84                 | 95.16  | 95               | 100              |
| 2.36          | N° 8   | 131.69                 | 13.87              | 18.71                | 81.29  | 80               | 100              |
| 1.18          | N° 16  | 149.43                 | 15.73              | 34.44                | 65.56  | 50               | 85               |
| 0.60          | N° 30  | 228.96                 | 24.11              | 58.55                | 41.45  | 25               | 60               |
| 0.30          | N° 50  | 162.88                 | 17.15              | 75.70                | 24.30  | 5                | 30               |
| 0.15          | N° 100 | 129.09                 | 13.59              | 89.29                | 10.71  | 0                | 10               |
| 0.075         | N° 200 | 81.26                  | 8.56               | 97.84                | 2.16   | -                | -                |
|               | FONDO  | 20.47                  | 2.16               | 100.00               |        |                  |                  |

Modulo de Fineza : 2.82

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES: La muestra fue proporcionada por el solicitante.

**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 216087

Rev. H.L.V.  
Ejec. H.L.D.





|             |   |              |               |
|-------------|---|--------------|---------------|
| TESIS :     | "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023." | REGISTRO N°: | CC-CMA-GRA-02 |
| SOLICITA :  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  | PÁGINA N°:   | 01 de 01      |
| UBICACIÓN : | Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash  | CANTERA :    | Chero         |
|             |   | FECHA:       | 19/01/2024    |

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS**  
(ASTM C-136, MTC E204)

|                         |         |  |
|-------------------------|---------|--|
| Peso Inicial Seco (gr)  | 1697.41 | AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO #9 |
| Peso Lavado y Seco (gr) | 1686.38 |  |

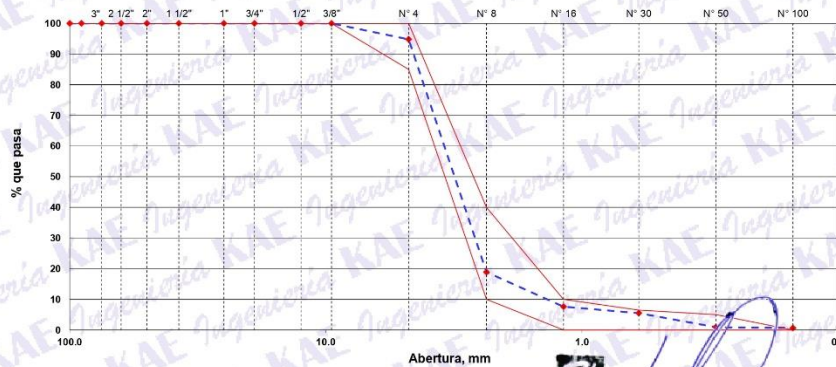
| ABERTURA (mm) | TAMIZ  | RETENIDO MATERIAL (gr) | RETENIDO PARCIAL % | RETENIDO ACUMULADO % | % PASA | ASTM "LIM. INF." | ASTM "LIM. SUP." |
|---------------|--------|------------------------|--------------------|----------------------|--------|------------------|------------------|
| 100.00        | 4"     |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 90.00         | 3 1/2" |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 75.00         | 3"     |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 63.00         | 2 1/2" |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 50.00         | 2"     |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 37.50         | 1 1/2" |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 25.00         | 1"     |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 19.00         | 3/4"   |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 12.50         | 1/2"   |                        | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 9.50          | 3/8"   | 0.0                    | 0.0                | 0.0                  | 100.0  | 100              | 100              |
| 4.75          | N° 4   | 88.5                   | 5.2                | 5.2                  | 94.8   | 85               | 100              |
| 2.36          | N° 8   | 1288.4                 | 75.9               | 81.1                 | 18.9   | 10               | 40               |
| 1.18          | N° 16  | 191.5                  | 11.3               | 92.4                 | 7.6    | 0                | 10               |
| 0.60          | N° 30  | 35.6                   | 2.1                | 94.5                 | 5.5    | 0                | 6.5              |
| 0.30          | N° 50  | 77.8                   | 4.6                | 99.1                 | 0.9    | 0                | 5                |
| 0.15          | N° 100 | 4.7                    | 0.3                | 99.4                 | 0.6    | 0                | 0                |
|               | FONDO  | 11.0                   | 0.6                | 100.0                |        |                  |                  |

Modulo de Fineza : 4.86

Tamaño Máximo Nominal : N° 4

Tamaño Máximo : 3/8"

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.O. N° 15087

Rev. H.L.V.  
Ejec. H.L.D.







**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

|  |                            |
|--|----------------------------|
| PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023." | REGISTRO N° : CC-CMA-PE-01 |
| SOLICITA : BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  | PÁGINA N° : 01 de 01       |
| UBICACIÓN : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash   | FECHA : 19/01/2024         |

### ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO MTC E206

#### Información de Muestra

Cantera : Chero Temp. Agua : 23 °C Saturación : 24 hrs.  
Muestra : Agregado Grueso

|   |                         |        |
|---|-------------------------|--------|
| Peso en el aire de la muestra secada en horno             | 1779                    | gr.    |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire | 1816                    | gr.    |
| Peso de la muestra en agua                                | 1163                    | gr.    |
| P. Especifico Saturado con Superficie Seca                | Pe <sub>sss</sub> 2.781 | gr/cm3 |
| P. Especifico de Masa                                     | Pe <sub>m</sub> 2.725   | gr/cm3 |
| P. Especifico Aparente                                    | Pe <sub>a</sub> 2.887   | gr/cm3 |
| Absorción   | Ab 2.06                 | %      |

OBSERVACIÓN : La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Rev. H.L.V.  
Ejec. H.L.D.

  
Victor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CHB N° 16067



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

|   |                            |
|---|----------------------------|
| PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE | REGISTRO N° : CC-CMA-PE-02 |
| CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023."                          | PÁGINA N° : 01 de 01       |
| SOLICITA : OCAL   | FECHA : 19/01/2024         |
| UBICACIÓN : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash    |                            |

### ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO MTC E205

#### Información de Muestra

Cantera : Chero Temp. Agua : 23 °C Saturación : 24 hrs.  
Muestra : 500 gr. Fiola : 500 cm<sup>3</sup>

|  |               |                    |
|--|---------------|--------------------|
| Peso en el aire de la muestra secada en horno            | <u>496.2</u>  | gr.                |
| Peso de la fiola llena de agua a la marca de calibración | <u>701.0</u>  | gr.                |
| Peso de la fiola con la muestra y el agua                | <u>1018.0</u> | gr.                |
| P. Especifico Saturado con Superficie Seca               | <u>2.711</u>  | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. Especifico de Masa                                    | <u>2.732</u>  | gr/cm <sup>3</sup> |
| P. Especifico Aparente                                   | <u>2.769</u>  | gr/cm <sup>3</sup> |
| Absorción  | <u>0.77</u>   | %                  |

#### OBSERVACIONES:

La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Rev. H.L.V.  
Ejec. H.L.D.



**Ing. Alvaro Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 16087



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com





|                  |   |                     |              |
|------------------|---|---------------------|--------------|
| <b>PROYECTO</b>  | : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023." | <b>REGISTRO N°:</b> | CC-CMA-PU-01 |
| <b>SOLICITA</b>  | : MADUENO   | <b>PÁGINA N°:</b>   | 01 de 01     |
| <b>UBICACIÓN</b> | : Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash  | <b>FECHA:</b>       | 19/01/2024   |

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

**AGREGADO GRUESO (Cantera Chero)**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3):     | 1343.0 |
| PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3): | 1511.6 |

| SUELTO         | COMPACTADO    |
|----------------|---------------|
| 19.008         | 21.234        |
| 19.004         | 21.356        |
| 18.883         | 21.451        |
| <b>18.9650</b> | <b>21.347</b> |

**AGREGADO FINO (Cantera Chero)**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3):     | 1655.1 |
| PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m3): | 1852.7 |

| SUELTO         | COMPACTADO    |
|----------------|---------------|
| 23.579         | 26.212        |
| 23.254         | 26.210        |
| 23.284         | 26.069        |
| <b>23.3723</b> | <b>26.164</b> |

**OBSERVACIÓN:**

La muestras de agregados fueron proporcionadas por el solicitante

  
Labor. Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 15007





**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales**

**KAE Ingeniería**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

|                    |  |                     |              |
|--------------------|--|---------------------|--------------|
| <b>PROYECTO</b> :  | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023.* | <b>REGISTRO N°:</b> | CC-CMA-CH-01 |
| <b>SOLICITA</b> :  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON   | <b>PÁGINA N°:</b>   | 01 de 01     |
| <b>UBICACIÓN</b> : | Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash   | <b>FECHA:</b>       | 19/01/2024   |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM 4944, ASTM 4959 , ASTM 2216)

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL**

| <b>AGREGADO GRUESO (CANTERA CHERO)</b> |                               |             |          |          |           |           |
|--|-------------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|
| <b>N° de Muestra</b>                   |                               | <b>1</b>    | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>--</b> | <b>--</b> |
| a                                      | Recipiente N°                 | 16          | 22       | 3        | /         |           |
| b                                      | Peso Recip. + Suelo Húmedo gr | 2051.3      | 2412.5   | 2036.5   |           |           |
| c                                      | Peso Recip + Suelo Seco gr    | 2037.7      | 2395.9   | 2023.4   |           |           |
| d                                      | Peso Recipiente gr            | 106.5       | 110.2    | 96.5     |           |           |
| e                                      | Peso del Agua gr              | 13.6        | 16.6     | 13.1     |           |           |
| f                                      | Peso Suelo Seco gr            | 1931.2      | 2285.7   | 1926.9   |           |           |
| g                                      | Contenido de Humedad %        | 0.70        | 0.73     | 0.68     |           |           |
| h                                      | Humedad Promedio %            | <b>0.70</b> |          |          |           |           |

| <b>AGREGADO FINO (CANTERA CHERO)</b> |                               |             |          |          |           |           |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|
| <b>N° de Muestra</b>                 |                               | <b>1</b>    | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>--</b> | <b>--</b> |
| a                                    | Recipiente N°                 | 20          | 16       | 8        | /         |           |
| b                                    | Peso Recip. + Suelo Húmedo gr | 548.4       | 612.3    | 498.8    |           |           |
| c                                    | Peso Recip + Suelo Seco gr    | 544.2       | 607.8    | 494.3    |           |           |
| d                                    | Peso Recipiente gr            | 36.2        | 34.5     | 41.2     |           |           |
| e                                    | Peso del Agua gr              | 4.2         | 4.5      | 4.5      |           |           |
| f                                    | Peso Suelo Seco gr            | 508         | 573.3    | 453.1    |           |           |
| g                                    | Contenido de Humedad %        | 0.83        | 0.78     | 0.99     |           |           |
| h                                    | Humedad Promedio %            | <b>0.87</b> |          |          |           |           |

**OBSERVACIONES :**

La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Rev. H.L.V.  
Ejec. H.L.D.

  
**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 216067



Pje. Fátima - Mz. Y , Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com





|            |   |              |              |
|------------|---|--------------|--------------|
| TESIS :    | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | REGISTRO N°: | CC-CMA-DM-01 |
| SOLICITA : | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO<br>PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON   | PÁGINA N°:   | 01 de 03     |
| UBICACIÓN: | Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash  | FECHA:       | 19/01/2024   |

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 340 KG/CM2

Método de Diseño 211 ACI

### Procedencia de Agregados

- Ag. Grueso Cantera Chero
- Ag. Fino Cantera Chero

### Cemento

- Cemento Fortimax
- Peso Especifico 3100 kg/m<sup>3</sup>

### Agua

- Agua Potable
- Peso Especifico : 1000 kg/m<sup>3</sup>

### Características del Concreto

- Resistencia Especificada 340 kg/cm<sup>2</sup>
- Asentamiento 3" a 4"

### 1. Resistencia Requerida ( $f'_{cr}$ ) - "No hay datos estadísticos"

| Resistencia Especificada a la Compresión, Mpa | Resistencia Promedio Requerida a la Compresión, Mpa |                                 |
|---|---|---------------------------------|
| $f'_c < 21$                                   | $f'_{cr} = f'_c + 7.0$                              | $f'_c = 340 \text{ kg/cm}^2$    |
| $21 \leq f'_c \leq 35$                        | $f'_{cr} = f'_c + 8.5$                              | $f'_{cr} = 424 \text{ kg/cm}^2$ |
| $f'_c > 35$                                   | $f'_{cr} = 1.1f'_c + 5.0$                           | $f'_{cr} = 42 \text{ MPa}$      |

### 2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso

El TMN está limitado por las dimensiones de la estructura teniendo presente que en ningún caso debe de exceder de:

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

Selección del TMN del Agregado Grueso

### 3. Datos Obtenidos de los Agregados en Laboratorio

| Ensayos                  | Unidad            | Ag. Grueso | Ag. Fino |
|--------------------------|-------------------|------------|----------|
| Módulo de Fineza         |                   | --         | 2.82     |
| Peso Especifico          | kg/m <sup>3</sup> | 2725       | 2732     |
| Absorción                | %                 | 2.06       | 0.77     |
| Contenido de Humedad     | %                 | 0.70       | 0.87     |
| Peso Unistario Suelto    | kg/m <sup>3</sup> | 1343       | 1655     |
| Peso Unitario Compactado | kg/m <sup>3</sup> | 1512       | 1853     |



Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 119007





|            |   |              |              |
|------------|---|--------------|--------------|
| TESIS :    | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | REGISTRO N°: | CC-CMA-DM-01 |
| SOLICITA : | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO<br>PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON   | PÁGINA N°:   | 02 de 03     |
| UBICACIÓN: | Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash  | FECHA:       | 19/01/2024   |

#### 4. Estimación del Contenido de Aire y Agua de Mezclado

|                                   |       |           |
|-----------------------------------|-------|-----------|
| Incorporación de Aire al Concreto |       | NO        |
| Requerimiento de Agua de Mezclado | Lt/m3 | 232       |
| Porcentaje de Aire al Concreto    | %     | 3.5       |
| Nivel de Exposición               |       | No Aplica |

#### 5. Selección de Relación Agua - Cemento ( a/c )

Con el valor de la resistencia promedio requerida  $f'_{cr}$ , obtenemos la relación agua/cemento para concretos normales; si el concreto esta sometido a condiciones severas se utilizará valores para asumir la relación agua/cemento por durabilidad.

$$f'_{cr} = 424 \text{ kg/cm}^2$$

|           |      |     |      |
|-----------|------|-----|------|
| $f'_{cr}$ | a/c  | a/c | 0.38 |
| 400       | 0.43 |     |      |
| 424       | 0.41 |     |      |
| 450       | 0.38 |     |      |

#### 6. Contenido de Cemento

$$\text{Cemento} = 232 \text{ lt/m}^3 / 0.38 = 617 \text{ kg} \approx 14.5 \text{ bolsas}$$

#### 7. Estimación del Contenido de Agregado Grueso y Agregado Fino

|                             |   |       |                |                 |
|-----------------------------|---|-------|----------------|-----------------|
| Cemento                     | = | 0.199 | kg             |                 |
| Volumen de Pasta            | = | 0.466 | m <sup>3</sup> |                 |
| Volumen de Agregados        | = | 0.534 | m <sup>3</sup> |                 |
| Aire Atrapado               | = | 0.035 |                |                 |
| Agua                        | = | 0.232 |                |                 |
| b/bo                        | = | 0.51  |                |                 |
| Peso del Agregado Grueso    | = | 766.4 | kg             | Agregado Grueso |
| Volumen del Agregado Grueso | = | 0.281 | m <sup>3</sup> | 52.7%           |
| Peso del Agregado Fino      | = | 690.4 | kg             | Agregado Fino   |
| Volumen del Agregado Fino   | = | 0.253 | m <sup>3</sup> | 47.3%           |

#### 8. Diseño de Mezcla en Estado Seco

|                         |       |    |
|-------------------------|-------|----|
| Cemento                 | 617.0 | kg |
| Agregado Fino Natural   | 690.4 | kg |
| Agregado Grueso Natural | 766.4 | kg |
| Agua                    | 232.0 | lt |

Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIV. N° 16067







|            |  |              |              |
|------------|--|--------------|--------------|
| TESIS :    | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023.* | REGISTRO N°: | CC-CMA-DM-01 |
| SOLICITA : | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO<br>PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  | PÁGINA N°:   | 03 de 03     |
| UBICACIÓN: | Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash   | FECHA:       | 19/01/2024   |

### 9. Corrección del Diseño por el Aporte de Humedad de los Agregados

#### a) Pesos Húmedos Corregidos de los Agregados

|                        |   |       |    |
|------------------------|---|-------|----|
| Agregado Grueso húmedo | = | 771.8 | kg |
| Agregado Fino Húmedo   | = | 696.4 | kg |

#### b) Aporte de Agua de los Agregados

|                 |   |        |    |
|-----------------|---|--------|----|
| Agregado Grueso | = | -10.37 | lt |
| Agregado Fino   | = | 0.71   | lt |

#### c) Cálculo de Agua Efectiva

|               |   |       |    |
|---------------|---|-------|----|
| Agua Efectiva | = | 241.7 | lt |
|---------------|---|-------|----|

Nota: Los ajustes por humedad se realizan en los agregados finos y gruesos y en el volumen unitario de agua de mezclado.

### 10. Diseño de Mezcla en Estado Húmedo

#### - Expresión de Proporciones en Peso

|                         |   |       |    |   |      |    |
|-------------------------|---|-------|----|---|------|----|
| Cemento                 | = | 617.0 | kg | = | 1.00 | kg |
| Agregado Fino Natural   | = | 696.4 | kg | = | 1.13 | kg |
| Agregado Grueso Natural | = | 771.8 | kg | = | 1.25 | kg |
| Agua                    | = | 313.0 | lt | = | 0.51 | lt |

|   |   |      |   |      |   |      |
|---|---|------|---|------|---|------|
| 1 | : | 1.13 | : | 1.25 | : | 0.51 |
|---|---|------|---|------|---|------|

#### - Expresión de Proporciones en Volumen

|                         |   |       |                  |
|-------------------------|---|-------|------------------|
| Cemento                 | = | 1     | pie <sup>3</sup> |
| Agregado Fino Natural   | = | 1.02  | pie <sup>3</sup> |
| Agregado Grueso Natural | = | 1.40  | pie <sup>3</sup> |
| Agua                    | = | 21.56 | lt/bls           |

|   |   |      |   |      |   |       |
|---|---|------|---|------|---|-------|
| 1 | : | 1.02 | : | 1.40 | : | 21.56 |
|---|---|------|---|------|---|-------|

  
Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 19067





|   |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>TESIS :</b> COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y <b>REGISTRO N° :</b> CC-CMA-RC-01 |                             |
| TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023.  | <b>PAGINA N° :</b> 01 de 03 |
| <b>SOLICITA :</b> BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON  |                             |
| <b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash   |                             |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                             | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | PATRON   | 20/01/2024        | 340          | 201.4      | 100.2      | 20180      | 27/01/2024       | 7           | 51630         | 51175                   | 254           | 75 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 200.8      | 101.2      | 20321      |                  |             | 50840         | 50392                   | 248           | 73 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 201.5      | 102.1      | 20573      |                  |             | 52010         | 51552                   | 251           | 74 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
KAE Ingeniería  
Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 15007







|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <b>TESIS :</b> COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y | <b>REGISTRO N° :</b> CC-CMA-RC-01 |
| TAGELUS DOMBELL - ANCASH 2023.  | <b>PAGINA N° :</b> 02 de 03       |
| <b>SOLICITA :</b> BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON                  |                                   |
| <b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash                   |                                   |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                             | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | PATRON   | 20/01/2024        | 340          | 201.3      | 100.5      | 20231      | 03/02/2024       | 14          | 60720         | 60185                   | 297           | 87 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 201.0      | 101.4      | 20381      |                  |             | 61960         | 61414                   | 301           | 89 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 202.4      | 100.3      | 20301      |                  |             | 60810         | 60274                   | 297           | 87 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
KAE Ingeniería  
Víctor Alberto Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 116007





|                    |   |                    |          |
|--------------------|---|--------------------|----------|
| <b>TESIS :</b>     | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y REGISTRO N° : CC-CMA-RC-01 | <b>PAGINA N° :</b> | 03 de 03 |
| <b>SOLICITA :</b>  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  |                    |          |
| <b>UBICACIÓN :</b> | Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                    |          |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta |                   |                           |            |            |                         | Ensayo de Rotura |             |              |                        |                            |     |                |
|------|--|-------------------|---------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------|-----|----------------|
|      | Estructura Vacuada                             | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Area (mm <sup>2</sup> ) | Fecha de Rotura  | Edad (Días) | Lectura (Kg) | Lectura Corregida (Kg) | f'co (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %   | Tipo de Rotura |
| 01   | PATRON   | 20/01/2024        | 340                       | 200.7      | 102.1      | 20491                   | 17/02/2024       | 28          | 72540        | 71901                  | 351                        | 103 | -              |
| 02   |  |                   | 340                       | 201.5      | 101.5      | 20452                   |                  |             | 74090        | 73438                  | 359                        | 106 | -              |
| 03   |  |                   | 340                       | 201.3      | 100.8      | 20291                   |                  |             | 71410        | 70781                  | 349                        | 103 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
MTC: CIP N° 14067







|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>TESIS :</b> COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | <b>REGISTRO N° :</b> CC-CMA-RC-02 |
| <b>SOLICITA :</b> BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON   | <b>PAGINA N° :</b> 01 de 03       |
| <b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                                   |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                                       | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 4% CENIZA DE CARBÓN Y 12% TAGELUS DOMBEII | 22/01/2024        | 340          | 202.5      | 100.4      | 20331      | 29/01/2024       | 7           | 58670         | 58153                   | 286           | 84 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 201.4      | 101.8      | 20503      |                  |             | 59820         | 59293                   | 289           | 85 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 201.3      | 100.3      | 20190      |                  |             | 59060         | 58540                   | 290           | 85 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**  
Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 116007





|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>TESIS :</b> COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | <b>REGISTRO N° :</b> CC-CMA-RC-02 |
| <b>SOLICITA :</b> BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON   | <b>PAGINA N° :</b> 02 de 03       |
| <b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                                   |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                                       | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 4% CENIZA DE CARBÓN Y 12% TAGELUS DOMBEII | 22/01/2024        | 340          | 201.8      | 101.2      | 20422      | 05/02/2024       | 14          | 66340         | 65756                   | 322           | 95 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 200.5      | 101.0      | 20251      |                  |             | 65970         | 65389                   | 323           | 95 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 200.4      | 100.5      | 20140      |                  |             | 64830         | 64259                   | 319           | 94 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
Victor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 215087







|                    |   |                    |          |
|--------------------|---|--------------------|----------|
| <b>TESIS :</b>     | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y REGISTRO N° : CC-CMA-RC-02<br>TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | <b>PAGINA N° :</b> | 03 de 03 |
| <b>SOLICITA :</b>  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  |                    |          |
| <b>UBICACIÓN :</b> | Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                    |          |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |                                      |            |            |                         | Ensayo de Rotura |             |              |                        |                                       |     |                |
|------|--|-------------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------|--------------|------------------------|---------------------------------------|-----|----------------|
|      | Estructura Vacuada                                       | Fecha de Muestreo | f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Area (mm <sup>2</sup> ) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kg) | Lectura Corregida (Kg) | f <sub>cc</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %   | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 4% CENIZA DE CARBÓN Y 12% TAGELUS DOMBEII | 22/01/2024        | 340                                  | 200.0      | 101.7      | 20340                   | 19/02/2024       | 28          | 76370        | 75698                  | 372                                   | 109 | -              |
| 02   |  |                   | 340                                  | 201.6      | 101.3      | 20422                   |                  |             | 77630        | 76946                  | 377                                   | 111 | -              |
| 03   |  |                   | 340                                  | 201.4      | 101.9      | 20523                   |                  |             | 77100        | 76421                  | 372                                   | 110 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
Alvaro Alvarado Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. C. 149173007





|                    |   |                      |              |
|--------------------|---|----------------------|--------------|
| <b>TESIS :</b>     | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | <b>REGISTRO N° :</b> | CC-CMA-RC-03 |
| <b>SOLICITA :</b>  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON  | <b>PAGINA N° :</b>   | 01 de 03     |
| <b>UBICACIÓN :</b> | Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                      |              |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                                       | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 6% CENIZA DE CARBÓN Y 18% TAGELUS DOMBEII | 23/01/2024        | 340          | 201.4      | 100.5      | 20241      | 30/01/2024       | 7           | 56980         | 56478                   | 279           | 82 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 200.5      | 101.2      | 20291      |                  |             | 56230         | 55735                   | 275           | 81 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 201.3      | 101.7      | 20472      |                  |             | 58500         | 57985                   | 283           | 83 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 216087







|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>TESIS :</b> COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. | <b>REGISTRO N° :</b> CC-CMA-RC-03 |
| <b>SOLICITA :</b> BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELÍ WILSON   | <b>PAGINA N° :</b> 02 de 03       |
| <b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |                                   |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |              |            |            |            | Ensayo de Rotura |             |               |                         |               |    |                |
|------|--|-------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------|----|----------------|
|      | Estructura Vaciada                                       | Fecha de Muestreo | f'c (Kg/cm²) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Área (mm²) | Fecha de Rotura  | Edad (días) | Lectura (Kgf) | Lectura Corregida (Kgf) | f'ce (Kg/cm²) | %  | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 6% CENIZA DE CARBÓN Y 18% TAGELUS DOMBEII | 23/01/2024        | 340          | 202.8      | 101.3      | 20544      | 06/02/2024       | 14          | 64050         | 63486                   | 309           | 91 | -              |
| 02   |  |                   | 340          | 200.5      | 100.5      | 20150      |                  |             | 64200         | 63635                   | 316           | 93 | -              |
| 03   |  |                   | 340          | 201.7      | 102.1      | 20594      |                  |             | 64820         | 64249                   | 312           | 92 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.

  
Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 119087





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>TESIS :</b>     | COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y REGISTRO N° : CC-CMA-RC-03 |
|                    | TAGELUS DOMBEII - ANCASH 2023. PAGINA N° : 03 de 03   |
| <b>SOLICITA :</b>  | BERROCAL MADUEÑO LUIS FERNANDO - PAREDES ZAVALETA, HELI WILSON  |
| <b>UBICACIÓN :</b> | Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash  |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

| Item | Identificación y Características de la Probeta           |                   |                          |            |            |                         | Ensayo de Rotura |             |              |                        |                            |     |                |
|------|--|-------------------|--------------------------|------------|------------|-------------------------|------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------|-----|----------------|
|      | Estructura Vacilada                                      | Fecha de Muestreo | Fc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Area (mm <sup>2</sup> ) | Fecha de Rotura  | Edad (Días) | Lectura (Kg) | Lectura Corregida (Kg) | F'ca (Kg/cm <sup>2</sup> ) | %   | Tipo de Rotura |
| 01   | COMBINACIÓN DE 8% CENIZA DE CARBÓN Y 18% TAGELUS DOMBEII | 23/01/2024        | 340                      | 201.6      | 100.8      | 20321                   | 20/02/2024       | 28          | 74750        | 74092                  | 365                        | 107 | -              |
| 02   |  |                   | 340                      | 201.5      | 101.5      | 20452                   |                  |             | 74960        | 74300                  | 363                        | 107 | -              |
| 03   |  |                   | 340                      | 201.0      | 101.6      | 20422                   |                  |             | 75400        | 74736                  | 366                        | 108 | -              |

**Observaciones y/o recomendaciones:**

Las muestras de adoquines fueron elaboradas por el solicitante.



**Ing. Alfredo Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
R.O.C. N° 119067



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com



# **Anexo 4**

Calibración de instrumentos de laboratorio



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado

Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-618-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 197-2023  
Fecha de Emisión : 2023-07-24

**1. Solicitante** : KAE INGENIERIA S.A.C.

**Dirección** : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES  
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**

**Marca** : **OHAUS**

**Modelo** : **R31P30**

**Número de Serie** : **8341406591**

**Alcance de Indicación** : **30 000 g**

**División de Escala de Verificación ( e )** : **1 g**

**División de Escala Real ( d )** : **1 g**

**Procedencia** : **CHINA**

**Identificación** : **NO INDICA**

**Tipo** : **ELECTRÓNICA**

**Ubicación** : **LABORATORIO**

**Fecha de Calibración** : **2023-07-17**

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.  
P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42. Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

# Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-618-2023

Página: 2 de 3

## 5. Condiciones Ambientales

|                  | Mínima | Máxima |
|------------------|--------|--------|
| Temperatura      | 24,7   | 24,7   |
| Humedad Relativa | 72,4   | 73,3   |

## 6. Trazabilidad

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

| Trazabilidad | Patrón utilizado              | Certificado de calibración |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| INACAL - DM  | Juego de pesas (exactitud F1) | PE23-C-0134-2023           |
|              | Pesa (exactitud F1)           | 1AM-0057-2022              |
|              | Pesa (exactitud F1)           | LM-C-226-2022              |
|              | Pesa (exactitud F1)           | LM-C-227-2022              |

## 7. Observaciones

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 21 °C a 28 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

## 8. Resultados de Medición

| INSPECCIÓN VISUAL |       |                |          |
|-------------------|-------|----------------|----------|
| AJUSTE DE CERO    | TIENE | ESCALA         | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE  | TIENE | CURSOR         | NO TIENE |
| PLATAFORMA        | TIENE | SIST. DE TRABA | NO TIENE |
| NIVELACIÓN        | TIENE |                |          |

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N°              | Carga L1= 15 000,0 g |        |       | Carga L2= 30 000,0 g |        |       |
|--------------------------|----------------------|--------|-------|----------------------|--------|-------|
|                          | I (g)                | ΔL (g) | E (g) | I (g)                | ΔL (g) | E (g) |
| 1                        | 15 000               | 0,7    | -0,2  | 30 001               | 0,8    | 0,7   |
| 2                        | 15 000               | 0,6    | -0,1  | 30 000               | 0,7    | -0,2  |
| 3                        | 15 000               | 0,8    | -0,3  | 30 000               | 0,6    | -0,1  |
| 4                        | 15 000               | 0,7    | -0,2  | 30 000               | 0,8    | -0,3  |
| 5                        | 15 000               | 0,6    | -0,1  | 30 000               | 0,9    | -0,4  |
| 6                        | 15 000               | 0,8    | -0,3  | 30 000               | 0,7    | -0,2  |
| 7                        | 15 000               | 0,9    | -0,4  | 30 001               | 0,6    | 0,9   |
| 8                        | 15 001               | 0,7    | 0,8   | 30 000               | 0,8    | -0,3  |
| 9                        | 15 000               | 0,6    | -0,1  | 30 000               | 0,9    | -0,4  |
| 10                       | 15 000               | 0,8    | -0,3  | 30 000               | 0,7    | -0,2  |
| Diferencia Máxima        |                      |        | 1,2   | 1,3                  |        |       |
| Error máximo permitido ± |                      |        | 2 g   | ± 3 g                |        |       |



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-618-2023

Página: 3 de 3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 5 |
| 3 |   | 4 |

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Inicial Final  
 Temp. (°C) 24,7 24,7

| Posición de la Carga | Determinación de E <sub>s</sub> |       |        |                    | Determinación del Error corregido |        |        |       |                    |
|----------------------|---------------------------------|-------|--------|--------------------|-----------------------------------|--------|--------|-------|--------------------|
|                      | Carga mínima (g)                | l (g) | ΔL (g) | E <sub>o</sub> (g) | Carga L (g)                       | l (g)  | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) |
| 1                    | 10,0                            | 10    | 0,7    | -0,2               | 10 000,0                          | 10 000 | 0,8    | -0,3  | -0,1               |
| 2                    |                                 | 10    | 0,6    | -0,1               |                                   | 10 001 | 0,9    | 0,6   | 0,7                |
| 3                    |                                 | 10    | 0,8    | -0,3               |                                   | 10 000 | 0,7    | -0,2  | 0,1                |
| 4                    |                                 | 10    | 0,9    | -0,4               |                                   | 10 000 | 0,6    | -0,1  | 0,3                |
| 5                    |                                 | 10    | 0,7    | -0,2               |                                   | 10 000 | 0,8    | -0,3  | -0,1               |

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

**ENSAYO DE PESAJE**

Inicial Final  
 Temp. (°C) 24,7 24,7

| Carga L (g) | CRECIENTES |        |       |                    | DECRECIENTES |        |       |                    | ± emp (g) |
|-------------|------------|--------|-------|--------------------|--------------|--------|-------|--------------------|-----------|
|             | l (g)      | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) | l (g)        | ΔL (g) | E (g) | E <sub>c</sub> (g) |           |
| 10,0        | 10         | 0,8    | -0,3  |                    |              |        |       |                    |           |
| 50,0        | 50         | 0,9    | -0,4  | -0,1               | 50           | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 1         |
| 500,0       | 500        | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 500          | 0,6    | -0,1  | 0,2                | 1         |
| 2 000,0     | 2 000      | 0,6    | -0,1  | 0,2                | 2 000        | 0,8    | -0,3  | 0,0                | 1         |
| 5 000,0     | 5 000      | 0,8    | -0,3  | 0,0                | 5 000        | 0,9    | -0,4  | -0,1               | 1         |
| 7 000,0     | 7 000      | 0,9    | -0,4  | -0,1               | 7 000        | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 2         |
| 10 000,0    | 10 000     | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 10 000       | 0,6    | -0,1  | 0,2                | 2         |
| 15 000,0    | 15 000     | 0,6    | -0,1  | 0,2                | 15 000       | 0,8    | -0,3  | 0,0                | 2         |
| 20 000,0    | 20 000     | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 20 000       | 0,9    | -0,4  | -0,1               | 2         |
| 25 000,0    | 25 000     | 0,9    | -0,4  | -0,1               | 25 000       | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 3         |
| 30 000,0    | 30 000     | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 30 000       | 0,7    | -0,2  | 0,1                | 3         |

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 2,77 \times 10^{-6} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{3,82 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,13 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-515-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 197-2023  
Fecha de emisión : 2023-07-20

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : PERUTEST  
Modelo de Prensa : PC-120  
Serie de Prensa : 1054  
Capacidad de Prensa : 120 t

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de Indicador : NO INDICA  
Serie de Indicador : NO INDICA

Marca de Transductor : ZEMIC  
Modelo de Transductor : YB15  
Serie de Transductor : 1172

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
17 - JULIO - 2023

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO    | MARCA           | CERTIFICADO O INFORME | TRAZABILIDAD                  |
|----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|
| CELDA DE CARGA | AEP TRANSDUCERS | INF-LE 128-2022       | UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ |
| INDICADOR      | HIGH WEIGHT     |                       |                               |

6. Condiciones Ambientales

|                | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 25,7    | 25,6  |
| Humedad %      | 72      | 72    |

7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-515-2023

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

| SISTEMA DIGITAL "A" kgf | SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf) |         |             |             | PROMEDIO "B" kgf | ERROR Ep % | RPTBLD Rp % |
|-------------------------|------------------------------|---------|-------------|-------------|------------------|------------|-------------|
|                         | SERIE 1                      | SERIE 2 | ERROR (1) % | ERROR (2) % |                  |            |             |
| 10000                   | 9904                         | 9910    | 0,96        | 0,90        | 9907             | 0,94       | -0,06       |
| 20000                   | 19990                        | 19960   | 0,05        | 0,20        | 19975            | 0,13       | 0,15        |
| 30000                   | 29921                        | 30042   | 0,26        | -0,14       | 29982            | 0,06       | -0,40       |
| 40000                   | 40041                        | 39982   | -0,10       | 0,05        | 40012            | -0,03      | 0,15        |
| 50000                   | 50062                        | 50125   | -0,12       | -0,25       | 50094            | -0,19      | -0,13       |
| 60000                   | 60115                        | 60132   | -0,19       | -0,22       | 60124            | -0,21      | -0,03       |
| 70000                   | 70129                        | 70157   | -0,18       | -0,22       | 70143            | -0,20      | -0,04       |

### NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,996x + 125,52$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

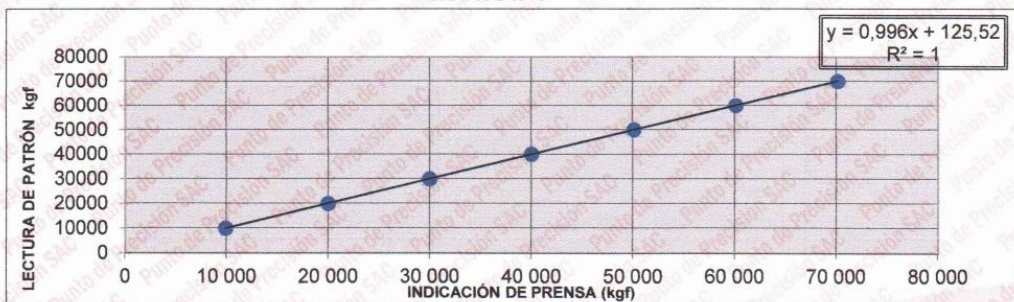
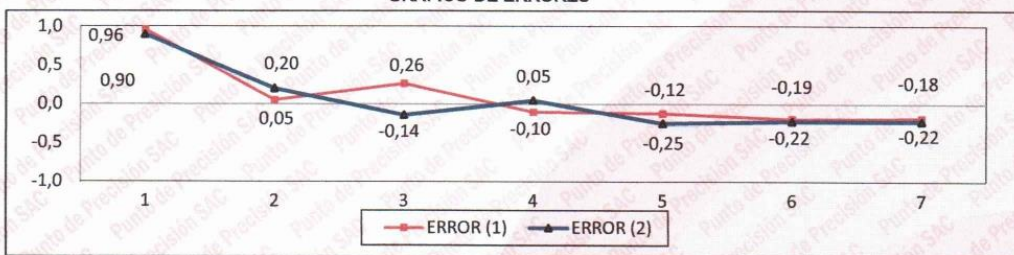


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-2808-2023

Página: 1 de 3

Expediente : 197-2023  
Fecha de emisión : 2023-08-09

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO -  
CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento : PIE DE REY

Tipo de Indicación : DIGITAL

Alcance de Indicación : 300 mm

División mínima : 0,01 mm

Marca : INSIZE  
Modelo : 1108-300W  
Serie : 1310201264  
Procedencia : NO INDICA  
Código de Identificación : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración

La calibración se realizó en el laboratorio de longitud de PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.:  
Fecha de calibración: 2023-08-08

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa según el PC-012 " Procedimiento de calibración de pie de rey del Indecopi -SNM" Edición 5 , 2012.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO             | MARCA     | CERTIFICADO      | TRAZABILIDAD |
|-------------------------|-----------|------------------|--------------|
| JUEGO DE BLOQUES PATRON | INSIZE    | LLA-C-032-2022   | INACAL - DA  |
| BLOQUE PATRÓN           | INSIZE    | LLA-599-2022     | INACAL - DA  |
| BLOQUE PATRÓN           | INSIZE    | LLA-600-2022     | INACAL - DA  |
| VÁRILLA PATRÓN          | INSIZE    | LLA-243-2023     | INACAL - DA  |
| ANILLO PATRÓN           | INSIZE    | LLA-242-2023     | INACAL - DA  |
| TERMÓMETRO DE CONTACTO  | NO INDICA | TD22-C-0675-2022 | INACAL - DA  |

6. Condiciones Ambientales

|                | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 23,9    | 23,7  |
| Humedad %      | 61,7    | 62,8  |

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta adhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95 %
- El instrumento tiene un error máximo permisible de  $\pm 30 \mu\text{m}$ , según Fabricante.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-2808-2023

Página: 3 de 3

### ERROR DE CONTACTO LINEAL

| Valor Nominal (mm) | Error (L) (μm) |
|--------------------|----------------|
| 10,00              | 0              |

### ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

| Valor Nominal (mm) | Error (J) (μm) |
|--------------------|----------------|
| 30,00              | 0              |

### ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN DE INTERIORES

| Valor Nominal (mm) | Error (K) (μm) |
|--------------------|----------------|
| 5,00               | 0              |



### INCERTIDUMBRE DEL PIE DE REY

$$U (k=2) = ( 9,91^2 + 0,03^2 \times L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$$

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| Incertidumbre para L = 300 mm | 13 μm |
|-------------------------------|-------|

Fin del documento



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°LL-2808-2023

Página: 2 de 3

### 8. Resultados

#### ERROR DE REFERENCIA INICIAL

| Valor Nominal (mm) | Promedio (mm) | Error ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|---------------|-------------------------|
| 0,00               | 0,00          | 0                       |

#### ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

| Valor Nominal (mm) | Valor Patrón (mm) | Indicación del Pie de Rey |              |               | Promedio (mm) | Error ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|-------------------|---------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------------------|
|                    |                   | Superior (mm)             | Central (mm) | Inferior (mm) |               |                         |
| 0,00               | 0,000             | 0,00                      | 0,00         | 0,00          | 0,000         | 0                       |
| 30,00              | 30,000            | 30,00                     | 29,99        | 30,00         | 29,997        | -3                      |
| 50,00              | 50,000            | 49,99                     | 49,99        | 49,99         | 49,990        | -10                     |
| 100,00             | 100,000           | 100,00                    | 100,00       | 100,00        | 100,000       | 0                       |
| 150,00             | 150,000           | 150,00                    | 150,01       | 150,01        | 150,007       | 6                       |
| 200,00             | 199,999           | 200,00                    | 200,01       | 200,00        | 200,003       | 4                       |
| 250,00             | 250,000           | 250,01                    | 250,00       | 250,01        | 250,007       | 7                       |
| 300,00             | 300,000           | 300,02                    | 300,01       | 300,01        | 300,013       | 13                      |

#### ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

| Valor Nominal (mm) | Error (E) ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|-----------------------------|
| 30,00              | 10                          |

#### ERROR DE REPETIBILIDAD

| Valor Nominal (mm) | Error (R) ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|-----------------------------|
| 300,00             | 10                          |

#### ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

| Valor Nominal (mm) | Error ( $S_{E,i}$ ) ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|---------------------------------------|
| 20,00              | 0                                     |

#### ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

| Valor Nominal (mm) | Error ( $S_{E,p}$ ) ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------|---------------------------------------|
| 20,00              | 7                                     |



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# **Anexo 5**

Panel fotográfico



**Foto N° 01:** Ceniza de Carbón material a utilizar como adición.



**Foto N° 02:** Secado del Tagelus Dombeyi material a utilizar como adición.





**Foto N° 03:** triturado de la Ceniza de Carbón manualmente.



**Foto N° 04:** Se realizó el molido de la Ceniza de Carbón con un molino manual de casa.

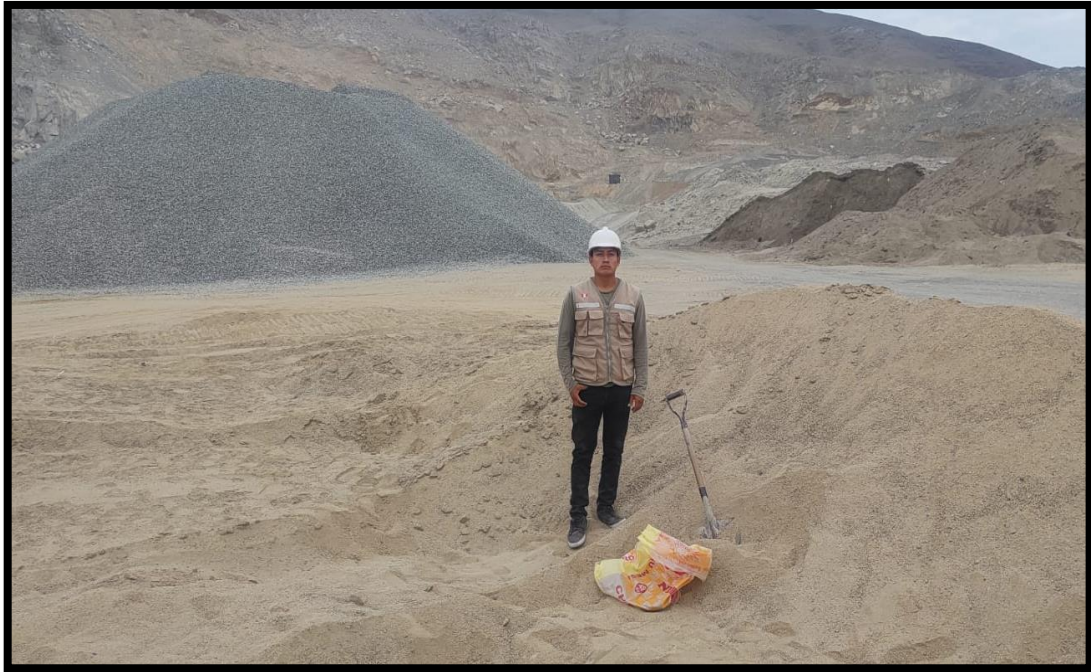


**Foto N° 05:** Se llegó a moler el Tagelus Dombeyi con un molino manual de casa la luego enviar al laboratorio.



**Foto N° 06:** Calcinación de la Ceniza de Carbón y el Tagelus Dombeyi para poder agregar a nuestro diseño.





**Foto N° 07:** Recolección del agregado fino de la cantera chero de Chimbote.



**Foto N° 08:** Recolección del agregado grueso de la Cantera Chero Chimbote.





**Foto N° 09:** Se llevó todos los materiales a utilizar para la elaboración de las muestras según el diseño patrón.



**Foto N° 10:** Para el proceso de medición de cada material se utilizó una balanza eléctrica de 30 kg y un balde de 20 litros.





**Foto N° 11:** Se empezó a medir la cantidad de cada material a utilizar según la dosificación dado.



**Foto N° 12:** Se observa todos los materiales por cantidades medidas listo para su proceso de mezclado.





**Foto N° 13:** Se muestra la máquina de fabricación de adoquines desde la mezcladora, la faja de distribución y la máquina de fabricación a vibrado y compresión de adoquinó.



**Foto N° 14:** Se observa a los personales técnicos en la elaboración de las muestras según la dosificación del diseño.





**Foto N° 15:** Se observa como quedo las muestras elaboradas.



**Foto N° 16:** Con ayuda nuevamente del personal técnico se retiran las muestras elaboradas.





**Foto N° 17:** Como se puede ver se llevó a realizar el secado de las muestras elaboradas.



**Foto N° 18:** Como se puede visualizar se realizó el proceso de curado de las muestras elaboradas por 28 días.



**Foto N° 19:** Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines elaborados a los 7 Días de curado.



**Foto N° 20:** Se realizó el ensayo de Resistencia a la Compresión de la muestra experimental 01 a los 14 Días de curado.



**Foto N° 21:** Se observa la rotura de los adoquines realizados y curados a los 28 días llegando a su máxima resistencia.

# **Anexo 6**

Reporte de similitud





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Comportamiento Mecánico de Adoquines de Concreto con Adición de Ceniza de Carbón y Tagelus Dombelii - Ancash 2023."

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Berrocal Madueño, Luis Fernando (ORCID: 0000-0003-0712-2185)  
Paredes Zavaleta, Heli Wilson (ORCID: 0000-0001-6432-458X)

**ASESOR:**

Mgtr. Quesada Llanto, Julio Christian (ORCID: 0000-0003-4366-4926)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

Resumen de coincidencias

19 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

|    |   |      |
|----|---|------|
| 1  | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet                | 8 %  |
| 2  | Entregado a Universida...<br>Trabajo del estudiante | 3 %  |
| 3  | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet        | 2 %  |
| 4  | repositorio.usanpedro...<br>Fuente de Internet      | 2 %  |
| 5  | repositorio.upn.edu.pe<br>Fuente de Internet        | 1 %  |
| 6  | Entregado a Universida...<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 7  | repositorio.uandina.ed...<br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 8  | Entregado a Universida...<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 9  | 1library.co<br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 10 | Entregado a uncedu<br>Trabajo del estudiante        | <1 % |
| 11 | Entregado a Webster U...<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |