

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-  
mecánicas del adoquín para uso vehicular**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Gabriela Ordoño Ninaja  
Joel Johann Apaza Quispe

**Asesor:**

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

**Juliaca, agosto de 2024**

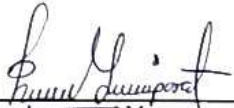
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ing. **Rina Luzmeri Yampara Ticona**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLCÁNICA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOQUÍN PARA USO VEHICULAR"** de los autores, Gabriela Ordoño Ninaja y Joel Johann Apaza Quispe tiene un índice de similitud de 20% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 17 días del mes de octubre del año 2024

  
Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 08 día(s) del mes de agosto del año 2024, siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del

(de la) presidente(a): Mtro. Leonel Chahuaroc Paucar, el (la) secretario(a): Mra. Eder Mamani Chambi y los demás miembros: Mg. Edwin Pacillo Escarsena y el (la) asesor(a) Ing. Rina Lizama Yampara Eisona con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín para uso vehicular

del(los) bachiller(es): a) Ordono Mirajo Gabriela  
 b) Alpaga Quispe Joel Joham  
 c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Ordono Mirajo Gabriela

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Alpaga Quispe Joel Joham

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior  
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
 Presidente/a

[Firma]  
 Asesor/a

[Firma]  
 Bachiller (a)

[Firma]  
 Miembro

[Firma]  
 Bachiller (b)

[Firma]  
 Secretaria

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (c)

## **DEDICATORIA**

A mi querida madre por ser el pilar más importante, por alentarme cuando más necesitaba, por orar por mí siempre y motivarme a ser mejor persona. Gracias porque nunca nada te detuvo para ser la mejor mamá del mundo.

A mis abuelos quienes a lo largo de mi vida velaron por mi bienestar, siendo mi apoyo y mayor ejemplo en todo momento.

**Gabriela Ordoño Ninaja**

A mi madre quien, con su amor incondicional, esfuerzo incansable y constante apoyo me ha enseñado que los sueños se alcanzan con perseverancia y dedicación. Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza, por creer en mí cuando más lo necesitaba y por darme siempre las palabras de aliento que impulsaron cada uno de mis pasos. Esta meta también es tuya, porque sin tu guía, nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermano, por ser mi compañero de vida, por su apoyo incondicional y por estar siempre dispuesto a brindarme su ayuda y consejo.

A mi abuelita, quien desde el cielo sigue siendo una fuente de inspiración. Aunque no estás físicamente, tu amor, enseñanzas y recuerdos me han acompañado en cada paso. Este logro también te lo dedico a ti, con todo mi amor.

A mi familia, que con su cariño y respaldo me ha acompañado en cada desafío y celebración.

Y a Dios, por darme la fortaleza y las bendiciones necesarias para continuar, incluso en los momentos más difíciles. Todo esto es fruto de Su gracia y Su amor.

**Joel Johann Apaza Quispe**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por protegerme durante toda la etapa de vida universitaria ya que estaba lejos de casa, por darme fuerzas para superar cada obstáculo.

A mis padres quienes me apoyaron durante todo este proceso ya que no fue fácil el camino, pero gracias por su amor y ánimos.

A nuestra asesora y casa de estudios por guiarnos a tomar el camino correcto y ayudarnos a ser mejores profesionales.

**Gabriela Ordoño Ninaja**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Peruana Unión, institución que me ha brindado no solo el conocimiento necesario para culminar esta etapa, sino también los valores y principios que guiarán mi camino profesional y personal.

A mi madre, quien con su esfuerzo, dedicación y sacrificio ha sido mi mayor motivación para seguir adelante. Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza y por impulsarme a nunca rendirme.

A mi familia, gracias por su amor, apoyo incondicional y por estar siempre presente en cada momento de mi vida. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

A la ingeniera Rina Yampara Ticona mi asesora, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proceso. Su dedicación y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación, y estoy profundamente agradecido por todo el apoyo brindado.

**Joel Johann Apaza Quispe**

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCION.....	11
II. MATERIALES Y METODOS.....	12
A. Materiales.....	12
B. Proporciones de diseño de mezcla para el adoquín.....	12
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
A. Propiedades Mecánicas.....	13
B. Propiedades Físicas.....	15
C. Inspección visual.....	16
IV. CONSLUSIONES.....	17
REFERENCIAS.....	17

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de los agregados.....	12
<b>Tabla 2.</b> Composición química de la ceniza volcánica.....	12
<b>Tabla 3.</b> Espesor nominal y resistencia a la compresión.....	13
<b>Tabla 4.</b> Diseño de mezcla ACI.....	14
<b>Tabla 5.</b> Resistencia a la compresión de adoquines patrón.....	14
<b>Tabla 6.</b> Resistencia a la compresión de adoquines con 5% de ceniza volcánica.....	14
<b>Tabla 7.</b> Resistencia a la compresión de adoquines con 10% de ceniza volcánica.....	14
<b>Tabla 8.</b> Resistencia a la compresión de adoquines con 15% de ceniza volcánica.....	15
<b>Tabla 9.</b> Resistencia a la compresión de adoquines con 20% de ceniza volcánica.....	15
<b>Tabla 10.</b> Resistencia a la compresión de adoquines con 25% de ceniza volcánica.....	15
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de absorción.....	15
<b>Tabla 12.</b> Resultados de absorción de los adoquines.....	16

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Materiales.....	13
<b>Figura 2.</b> Mezclado en seco.....	13
<b>Figura 3.</b> Vaciado del concreto en los moldes.....	13
<b>Figura 4.</b> Desencofrado de los adoquines.....	13
<b>Figura 5.</b> Saturación de los adoquines.....	13
<b>Figura 6.</b> Rotura del adoquín.....	13
<b>Figura 7.</b> Rotura de adoquín vista superior.....	16
<b>Figura 8.</b> Rotura de adoquín vista lateral.....	16
<b>Figura 9.</b> Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, que contienen 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de ceniza volcánica.....	16
<b>Figura 10.</b> Curva de resistencia a la compresión.....	17

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Evidencia de sumisión del artículo científico.....	19
<b>Anexo 2.</b> Resolución de aprobación del perfil del proyecto.....	20
<b>Anexo 3.</b> Constancia de laboratorio UNSA.....	21

# Influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín para uso vehicular

**RESUMEN:** Este artículo tiene como objetivo evaluar la influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín para uso vehicular en reemplazo del cemento. Para la metodología se diseñaron seis tipos de mezcla, uno sin alteración para usarlo como patrón y cinco con diferentes variaciones porcentuales del 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Para luego producir un adoquín rectangular de 200x100x80 mm. Se obtuvieron resultados favorables con una incorporación de hasta el 20% de ceniza volcánica, alcanzando una resistencia promedio de 406.98 kg/cm<sup>2</sup>, que representa un 7.1% por encima del valor mínimo utilizado para adoquines de uso vehicular (380 kg/cm<sup>2</sup>) según Norma Técnica Peruana (NTP) 399.611, una incorporación mayor al 20% disminuye la resistencia. Por lo tanto, estos adoquines se pueden utilizar para diferentes aplicaciones en pavimentos ligeros, contribuyendo así con el uso de ceniza volcánica para una construcción sostenible.

**PALABRAS CLAVE:** Ceniza volcánica, Concreto  $f'_c=380\text{kg/cm}^2$ , Pavimento, Sostenibilidad.

# Volcanic ash influence on the physical-mechanical properties of pavers for vehicular use

**ABSTRACT:** This article aims to evaluate the influence of volcanic ash on the physical-mechanical properties of paving stones for vehicular use as a replacement for cement. For the methodology, six types of mixture were designed, one without alteration to be used as a standard and five with different percentage variations of 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. To then produce a rectangular paver of 200x100x80 mm. Favorable results were obtained with an incorporation of up to 20% of volcanic ash, reaching an average resistance of 406.98 kg/cm<sup>2</sup>, which represents 7.1% above the minimum value used for paving stones for vehicular use (380 kg/cm<sup>2</sup>) according to Standard. Peruvian Technique (NTP) 339,611, an incorporation greater than 20% decreases the resistance. Therefore, these pavers can be used for different applications in lightweight pavements, thus contributing to the use of volcanic ash for sustainable construction.

**KEY WORDS:** Volcanic ash, Concrete  $f'c=380\text{kg/cm}^2$ , Pavement, Sustainability.

# Influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín para uso vehicular

Joel J. Apaza Quispe/Gabriela Ordoño Ninaja  
*Universidad Peruana Unión - Puno-Juliaca*  
*joel.apaza@upeu.edu.pe/ gabrielaordono@upeu.edu.pe*

## I. INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya (UTM -15.7867°E / -71.8560°N; 5,960 m s n m) se encuentra a 19 km del pueblo de Maca (valle del río Colca) y a 76 km al noroeste de la ciudad de Arequipa. El Instituto Geofísico del Perú (IGP) informa que es el segundo volcán más activo del Perú, desde el año 2016 se encuentra en plena erupción, este se caracteriza por generar explosiones volcánicas, además de emisiones de ceniza y gases de hasta 3.1 km de altura sobre la cima del volcán, acompañadas de la expulsión de fragmentos de roca volcánica (ceniza). Durante los últimos años el volcán presentó procesos eruptivos generando toneladas de ceniza volcánica que se depositan alrededor del volcán. Este material no es utilizado por lo que provoca daños en la salud de la población aledaña y sus animales. [1]

La ceniza volcánica son partículas de lava fragmentada con un tamaño menor a 2 mm y se origina por la ascendencia y la fragmentación debido a la descompresión del magma, tiene una composición superior al 50% de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) conjuntamente con cantidades pequeñas de: aluminio, calcio y sodio. [2]

El cemento es uno de los responsables de aproximadamente del 8% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del mundo, según un estudio publicado por la revista Nature [3]. Este es el material de construcción más utilizado, tiene la capacidad de moldearse en cualquier forma o tamaño además de tener buenas propiedades mecánicas y durabilidad. Una forma de disminuir la contaminación que este produce es desarrollar un adoquín sostenible y ecológico utilizando materiales renovables como es la ceniza volcánica.

En algunos países como Argelia la ceniza volcánica fue utilizada para la producción del cemento en más de seis plantas [5]. Sabiendo esto, se busca crear un material más ecológico, donde se pueda transformar materiales derivados de residuos en productos viables para el desarrollo de una infraestructura sostenible [4]. Muchos investigadores buscan la forma de reemplazar el cemento por diferentes tipos de ceniza, por lo cual se utilizó la ceniza volcánica ya que este cuenta con propiedades similares a la del cemento.

Los adoquines se denominan bloques entrelazados porque poseen la propiedad de transferir cargas a una superficie más grande, su apariencia estética y simple mantenimiento facilitan su uso. Este se utiliza en diferentes condiciones de exposición y son resistentes a deslizamientos [6]. No requieren la instalación de ningún equipo especial y pueden ser fácilmente reemplazables.

En resumen, la aplicación de ceniza volcánica en la fabricación de adoquines, reemplazando al cemento tiene un efecto significativo, dependiendo de las proporciones de reemplazo y la finura, sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín, además de promover el uso de la ceniza volcánica como material de construcción. Dependiendo del tamaño de las partículas de la ceniza volcánica puede tamizarse o molerse hasta convertirlo en un polvo que se logre asemejar al cemento, ya que mientras más fina, mayor es la actividad puzolánica [7].

El objetivo de esta investigación es evaluar la influencia de la ceniza volcánica en la fabricación de adoquines para determinar sus propiedades físico-mecánicas y determinar el porcentaje óptimo de ceniza volcánica en reemplazo del cemento.

Se eligió trabajar con los siguientes porcentajes de 5, 10, 15, 20 y 25 % puesto que varias investigaciones utilizaron porcentajes menores al 30 % ya que deducen que, a mayor cantidad de ceniza la resistencia disminuye. Se tiene algunas investigaciones nacionales referidas al tema como la que realizó Cruz H (2019) [8]. En “Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto” donde se trabajó con el 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y con 10% la resistencia a la compresión fue de 385.29 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se concluye que con 10% tiene mayor influencia en la resistencia a la compresión.

Del mismo modo se tiene a Hanco H. (2021) [9]. En la tesis titulada “Aprovechamiento de la escoria de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de tránsito peatonal comparado con los tradicionales” donde se empleó sustituciones que van de 10%, 15% y 20%. Se concluye que el 15% es el óptimo puesto que llega al 76.77 Mpa.

Luego se tiene la investigación a nivel internacional como Aguilar M. y Mamarandi J. (2020) [10]. En su tesis titulada “Incidencia de la adición de la ceniza volcánica en las propiedades físico mecánicas del adoquín” donde sus proporciones son del 7%, 10%, 20% y 30% de los cuales se obtuvo un resultado óptimo al 10% de resistencia a la compresión y luego va disminuyendo, el adoquín convencional resulta 48.54 Mpa y con ceniza es de 51.13 Mpa.

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. Materiales

Los agregados utilizados fueron canto rodado de la cantera isla perteneciente a la ciudad de Juliaca, como tamaño máximo nominal del agregado grueso es 9.5mm y del agregado fino es 4.75mm. Estos fueron caracterizados según la norma NTP 400.037:2014 [11]. Se utilizó el cemento clásico de alta durabilidad Rumi IP [12]. Así también se utilizó agua del sistema público. Se realizó diferentes ensayos a los agregados y sus resultados se describen en la tabla 1.

TABLA I  
CARACTERÍSTICA DE LOS AGREGADOS

Descripción	Unidad	A. Fino	A. Grueso
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.		3/8"
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1643	1488
Peso Unitario Compacto	kg/m <sup>3</sup>	1726	1589
Peso Específico	gr/cc	2.54	2.53
% de Absorción	%	3.09	2.96
Módulo de Finura		3.1	
% de Humedad	%	6.44	3.61

La ceniza volcánica se extrajo de las faldas del volcán Sabancaya, este material se pasó por el tamiz N°100 y N°200 con la finalidad de obtener un producto semejante al cemento, Esta fue caracterizada previamente tal como se muestra en la tabla 2. Los elementos de la ceniza se detallan a continuación, donde su composición principal es sílice y alúmina.

TABLA II  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA VOLCÁNICA.

ELEMENTOS	COMPOSICIÓN (%)
F	0.49
NA2O	4.41
MGO	1.91
AL2O3	16.84
SiO2	68.18
K2O	2.87
CAO	5.3

### B. Proporciones de diseño de mezcla para el adoquín

Los componentes que se usaron en la mezcla están detallados en la tabla 3. Para este estudio se realizaron seis tipos de mezcla para considerar las diferentes variaciones al reemplazar una parte del cemento por ceniza volcánica. La forma en que se reemplazó la ceniza volcánica por cemento es la siguiente 5%, 10% 15% 20% y 25%. El diseño del concreto muestra el reemplazo de ceniza volcánica por cemento además se contará con el diseño de la muestra patrón sin alteraciones.

Para poder realizar el vaciado de los adoquines se usaron moldes hechos con el material de encofrado llamado fenólico con dimensiones de 200x100x80 mm (largo, ancho, altura) como se muestra en la Fig. 1. Se moldeó un total de 144 adoquines, 24 adoquines para cada grupo como es el adoquín patrón, 5% 10% 15% 20% 25%.

El primer paso para realizar los adoquines es mezclar la ceniza volcánica con el cemento en estado seco, después el agregado fino y grueso, todo esto se realiza en un trompo mezclador de concreto con una capacidad de ½ bolsa de cemento, con la finalidad de tener una mezcla homogénea Figura 2, todo este procedimiento es mezclado por el trompo por un total de 3 minutos, una vez homogénea la mezcla se procede a agregar agua para obtener la mezcla de concreto de calidad.

Luego se incorporó el concreto en los moldes de fenólico Fig. 3, se usó una varilla de acero que sirve para poder dispersar y nivelar el concreto, así también de compactar, realizando inserciones en toda el área del molde del adoquín, esto se debe realizar en 3 capas y se usa un combo de goma que servirá para golpear alrededor del molde con la finalidad de expulsar las burbujas que se encuentran en el concreto para evitar las cangrejas, luego se deja 24 horas para que pueda solidificarse y después continuar con el desencofrado Fig. 5. Finalmente, el concreto se somete a un curado por 7, 14 y 28 días Fig. 6.



Fig. 1 Materiales



Fig. 2 Mezclado en seco



Fig. 3 Vaciado del concreto en los moldes



Fig. 4 Desencofrado de los adoquines



Fig. 5 Saturación de los adoquines



Fig. 6 Rotura del adoquín.

### III. RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### A. Propiedades Mecánicas

Según lo dispuesto la NTP 399.611 la resistencia a la compresión mínima en MPa para un adoquín se describe en la tabla 3 [13].

TABLA III  
ESPESOR NOMINAL Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tipo	Espesor nominal(m m)	Resistencia a la compresión, min. MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31(320)	28(290)
	60	31(320)	28(290)
II (Vehículo Ligero)	60	41(420)	37(380)
	80	37(380)	33(340)
	100	35(360)	32(325)
III (Vehículo pesado, patios industriales o de contenedores)	≥80	55(561)	50(510)

Por lo tanto, este estudio se concentra en la investigación de las propiedades para un adoquín tipo II con espesor nominal 80mm que se utilizará en un tránsito de vehículos ligeros.

El diseño de mezcla para el adoquín de tipo II se realizó con el método de ACI [14] y se tiene los siguientes resultados tabla 4, los cuales son componentes para la elaboración de un adoquín que resista la carga de 380 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA IV  
DISEÑO DE MEZCLA ACI

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA PARA UN CONCRETO DE RESISTENCIA DE 380 (Kg/cm <sup>2</sup> )						
Id de la mezcla	Resistencia mínima	Ceniza V.	Arena fina	Arena gruesa	Agua	Cemento
Adoquín Patrón	380	0	27.52	28.47	9.5	25
Adoquín Ceniza Volcánica 5%	380	1.25	27.52	28.47	9.5	23.75
Adoquín Ceniza Volcánica 10%	380	2.5	27.52	28.47	9.5	22.5
Adoquín Ceniza Volcánica 15%	380	3.75	27.52	28.47	9.5	21.25
Adoquín Ceniza Volcánica 20%	380	5	27.52	28.47	9.5	20
Adoquín Ceniza Volcánica 25%	380	6.25	27.52	28.47	9.5	18.7

Se llevo a cabo las pruebas de resistencia a la compresión de los adoquines de diferentes patrones y edades, y se registra el punto de falla, así como se muestra en las tablas 5,6,7,8,9,10.

TABLA V  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES PATRÓN

MUESTRA CON 0.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm <sup>2</sup> )							
Días	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
7	268.90	272.30	345.20	312.10	338.80	362.80	316.68
14	318.75	417.10	361.35	410.75	426.75	402.25	389.49
28	432.35	454.55	456.60	413.20	476.95	412.00	440.94

TABLA VI  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON 5% DE CENIZA VOLCÁNICA

MUESTRA CON 5.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm <sup>2</sup> )							
Días	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
7	282.80	323.00	375.40	332.35	298.35	272.45	314.06
14	326.00	468.55	394.10	344.95	379.95	352.65	377.70
28	406.25	451.30	454.55	443.40	413.20	423.90	432.10

TABLA VII  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON 10% DE CENIZA VOLCÁNICA

MUESTRA CON 10.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm <sup>2</sup> )							
Días	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
7	275.70	281.40	269.65	265.80	311.85	391.90	299.38
14	368.75	353.55	372.90	342.00	402.90	392.25	372.06
28	396.95	430.45	381.10	440.40	447.35	432.05	421.38

TABLA VIII  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON 15% DE CENIZA VOLCÁNICA

<b>MUESTRA CON 15.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm2)</b>							
<b>Días</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>	<b>Muestra 6</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>7</b>	262.30	266.30	328.20	274.95	306.70	282.15	286.77
<b>14</b>	343.65	386.05	392.50	362.00	391.15	337.25	368.77
<b>28</b>	413.35	395.55	412.80	454.45	412.75	430.05	419.83

TABLA IX  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON 20% DE CENIZA VOLCÁNICA

<b>MUESTRA CON 20.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm2)</b>							
<b>Días</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>	<b>Muestra 6</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>7</b>	272.00	256.65	291.80	272.60	266.95	302.85	277.14
<b>14</b>	352.50	366.60	338.65	409.75	362.95	352.35	363.80
<b>28</b>	411.15	442.75	384.45	405.70	415.15	382.70	406.98

TABLA X  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES CON 25% DE CENIZA VOLCÁNICA

<b>MUESTRA CON 25.00% DE CENIZA VOLCANICA (Kg/cm2)</b>							
<b>Días</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>	<b>Muestra 6</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>7</b>	267.45	264.65	272.90	312.55	276.25	251.45	274.21
<b>14</b>	315.30	288.65	357.85	328.80	313.05	301.70	317.56
<b>28</b>	380.05	402.70	377.75	404.85	419.45	397.05	396.98

*B. Propiedades físicas*

Para el ensayo de absorción se tiene los siguientes parámetros mostrados en la siguiente tabla 11 según la NTP 399.611.

TABLA XI  
PARÁMETROS DE ABSORCIÓN

<b>Tipo de Adoquín</b>	<b>Absorción, Max. (%)</b>	
	<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Unidad individual</b>
<b>I Y II</b>	6	7.5
<b>III</b>	5	7

En la tabla 12 se muestran los resultados promedio del ensayo de absorción obteniendo datos menores que cumplen con lo establecido por la norma.

RESULTADOS DE ABSORCIÓN DE LOS ADOQUINES

Porcentaje de Reemplazo de Ceniza	Promedio Absorción
0%	1.34
5%	1.59
10%	1.98
15%	1.76
20%	1.5
25%	1.71

C. Inspección visual

En los adoquines de concreto mediante una inspección visual muestran una pequeña cantidad de poros diminutos que están en la superficie del concreto esto debido a la elaboración manual Fig. 7 y 8.



Figura 7. Rotura de adoquín vista superior



Figura 8. Rotura de adoquín vista lateral

El presente estudio demostró pequeñas pérdidas de resistencia a mayor aumento de ceniza volcánica y esto se debe a la reducción del cemento quien es uno de los principales materiales para su elaboración, así como se muestra en la Fig. 9.

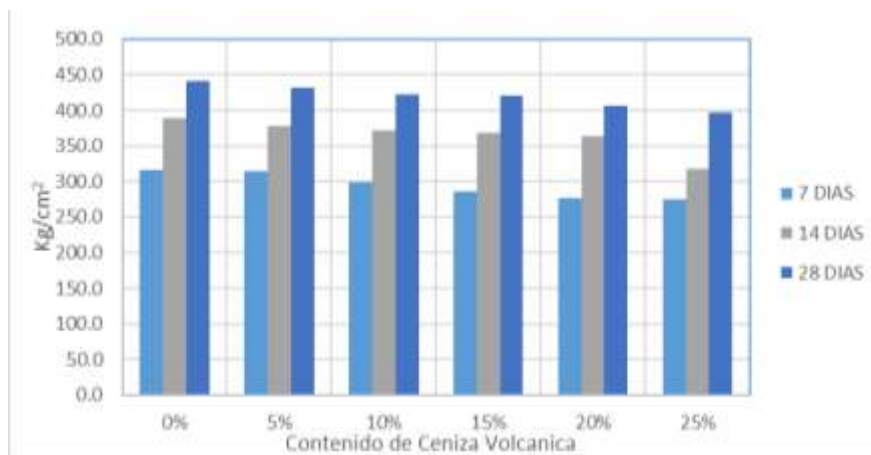


Fig 9. Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, que contienen 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de ceniza volcánica.

Los adoquines con alteración de ceniza volcánica alcanzan una resistencia a la compresión superior de 250 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días estando saturados en agua con una temperatura ambiente, los adoquines con 14 días de curado alcanzan una resistencia al compresión superior de 310 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente los adoquines con una saturación de 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 380 Kg/cm<sup>2</sup>, esto nos indica que los adoquines con reemplazo de ceniza volcánica son adecuados para un pavimento con tránsito ligero, porque están dentro del mínimo requerido por la NTP. Fig. 10.



Fig. 10. Curva de resistencia a la compresión.

#### IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de las pruebas físicas y mecánicas, se evaluó la influencia de la ceniza volcánica y estas fueron sus conclusiones:

Respecto a la propiedad mecánica se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, a los 28 días de edad los adoquines fabricados sin remplazo de ceniza obtuvieron un valor de 440.94 kg/cm<sup>2</sup>, por otro lado, los adoquines con remplazo de ceniza volcánica demostraron un valor menor al patrón como es el adóquín con 25% que dio como resultado de 397 kg/cm<sup>2</sup>, este valor está por encima del valor mínimo utilizado para adoquines de uso vehicular ligero (380 kg/cm<sup>2</sup>) según la NTP 399.611. Sin embargo, es recomendable usar adoquines con reemplazo de hasta 20% de ceniza volcánica que obtuvo resultados de 406.98 kg/cm<sup>2</sup>, porque en construcción siempre se considera un margen de pérdida de los materiales además de que esto nos dará la seguridad de tener un material de calidad que se usaran para futuros proyectos.

Los ensayos de absorción demostraron que los adoquines convencionales y aquellos reemplazados con ceniza volcánica cumplen con los parámetros establecidos por la NTP 399.611, sin embargo, podemos observar una mayor absorción a mayor cantidad de ceniza esto nos lleva a concluir que cuanto a mayor ceniza se utilice disminuirá la resistencia a la compresión.

#### REFERENCIAS

- [1] <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5465> (Consultado: 20 noviembre de 2023)
- [2] Apaza F.; Churata R.; Tupayachi P.; Almiron J. & Velazco F. 2018- Estudio de la ceniza de volcanes peruanos como materia prima para la industria de la construcción. En: Foro Internacional: Los volcanes y su impacto, 8, Arequipa, PE, 26-27 abril, 2018, Libro de resúmenes. Arequipa: INGEMMET, pp. 93-95, <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1473>
- [3] Andrew, RM. 2018. Emisiones globales de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cemento, *Earth Syst. Ciencia. Datos*, 10, 195–217, <https://doi.org/10.5194/essd-10-195-2018>.
- [4] T. Srividya, P.R. Kannan Rajkumar, Propiedades mecánicas y de durabilidad de adoquines a base de aglutinantes activados con álcalis derivados de fuentes secundarias, *Estudios de caso en materiales de construcción*, Volumen 17, 2022, e01561, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01561>
- [5] Hussein M. Hamada, Farid Abed, Salmia Beddu, AM Humada, Ali Majdi, Efecto de la ceniza volcánica y la puzolana natural sobre las propiedades mecánicas del hormigón de cemento sostenible: una revisión integral, *estudios de casos en materiales de construcción*, volumen 19,2023, e02425, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02425>
- [6] Aguilar Muzo, M y Mamarandi Rojas, J. (2020). Incidencia de la adición de la ceniza volcánica en las propiedades físico-mecánicas del adóquín. Quito:UCE, <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/bfdb91e7-348b-4f22-a4d9-94248c8252c0>
- [7] K. Khan, MN Amin, M. Usman, M. Imran, MA Al-Faiad, FI Shalabi, Efecto de la finura y el tratamiento térmico sobre la actividad puzolánica de las cenizas volcánicas naturales para su utilización como materiales cementosos suplementarios, *Cristales* 12 (2022) 302, <https://www.mdpi.com/2073-4352/12/2/302>
- [8] Cruz, H. (2019). Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/21165>
- [9] H. Hanco, Aprovechamiento de la escoria de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de tránsito peatonal comparado con los tradicionales. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4340>
- [10] Aguilar Muzo, M y Mamarandi Rojas, J. (2020). Incidencia de la adición de la ceniza volcánica en las propiedades físico-mecánicas del adóquín. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21904>
- [11] Norma Técnica Peruana NTP 400.037, Agregados para concreto. Requisitos, 2018
- [12] <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/ficha-tecnica-cemento-rumi-ip.pdf> (Consultado el 18 de noviembre del 2013)
- [13] Norma Técnica Peruana NTP 399.611, Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos,2017.
- [14] <https://libros.ufps.edu.co/index.php/editorial-ufps/catalog/book/25> (Consultado el 1 julio del 2023)
- [15] Aanisa nazir, Shilpa chauhan, Investigación experimental de adoquines utilizando ceniza de hammam, *Materiales hoy: actas*, 2023, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.086>
- [16] Webert B.C. Silva, Suelly H.A. Barroso, A. Eduardo B. Cabral, Ronaldo Stefanutti, Luís G. Picado-Santos, Evaluación de adoquines de hormigón para carreteras con cenizas de fondo de carbón: Caracterización física y mecánica, *Estudios de casos en materiales de construcción*, Volumen 18,2023,e02094,ISSN2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02094>

- [17] Hemant Goyal, Rakshit Kumar, Prasenjit Mondal, Análisis del ciclo de vida de la producción de adoquines utilizando plásticos de desecho: evaluación comparativa con adoquines de hormigón, 2023, 136857, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136857>
- [18] Muhammad Umer Farooq, Rashid Hameed, Muhammad Tahir, Muazzam Ghous Sohail, Shaban Shahzad, Rendimiento mecánico y de durabilidad de adoquines de hormigón con agregado 100% reciclado fabricados mediante fundición por compresión, Revista de ingeniería de la construcción, Volumen 73, 2023, 106729, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106729>
- [19] Anant Kumar, Nikhil Sahu, Jay Kumar Sahu, Aditya Sahu, Investigación experimental de adoquines utilizando residuos de polipropileno y cenizas industriales, Materiales: Actas, Volumen 74, Part 4, 2023, Páginas 808-814, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.176>
- [20] Miguel Angel Sanjuán, Moisés Frías, Manuel Monasterio, Rosario García-Giménez, Raquel Vigil de la Villa, Montse Álamo, Ceniza volcánica de La Palma (Islas Canarias, España) como componente del cemento Portland. Revista de ingeniería de la construcción, volumen 78, 2023, 107641, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.1076>

## Anexo 1. Evidencia de sumisión del artículo científico

27/6/24, 20:42

[MC] Acknowledgement of receipt of submission of your manuscript to the journal Materiales de Construcción 3874: GABRIELA ...

### [MC] Acknowledgement of receipt of submission of your manuscript to the journal Materiales de Construcción 3874

Mar Alonso López via Materiales de la Construcción <administrador.revistas@csic.es>

Mar 11/06/2024 20:14

Para: GABRIELA ORDOÑO NINAJA <gabrielordono@upeu.edu.pe>

This is to inform you that we have received your manuscript entitled "**Influencia de la ceniza volcánica sobre las propiedades físico-mecánicas del adoquín para uso vehicular**". Please note that the reference assigned, **3874**, should be included in all your correspondence in connection with your paper.

You will be able to track its progress through the editorial process by logging onto the journal web site:

Manuscript URL:

<https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/authorDashboard/submission/3874>

Username: gabriela10

Yours faithfully,  
Mar Alonso López

Eduardo Torroja Institute for Construction Sciences (IETCC-CSIC)  
Editor-in-Chief of "Materiales de Construcción" Journal (JCR- 2022; I.F.: 2.100)

<https://materconstrucc.revistas.csic.es>

<https://www.ietcc.csic.es>

Follow us in Twitter at @MaterialesdeCo3

## Anexo 2. Resolución de aprobación del perfil del proyecto



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0042-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 28 de febrero de 2023

**VISTO:**

El expediente de **Gabriela Ordoño Ninaja**, identificado(a) con Código Universitario N° 201410133 y **Joel Johann Apaza Quispe**, identificado(a) con Código Universitario N° 201422127, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Gabriela Ordoño Ninaja** y **Joel Johann Apaza Quispe**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico mecánicas del adoquín para uso vehicular" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 28 de febrero de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico mecánicas del adoquín para uso vehicular**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Edwin Parillo** y **Ing. Ecler Mamani Chambi**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Dr. Santiago Ramírez López  
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo

Anexo 3. Constancia de laboratorio UNAS

## CONSTANCIA 002-2024 -CME

EL QUE SUSCRIBE LA DIRECTORA DEL CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

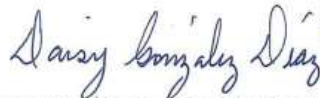
HACE CONSTAR QUE:

**JOEL JOHANN APAZA QUISPE y GABRIELA ORDOÑO NINAJA**

Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión se le ha prestado el servicio de caracterización de las muestras de Ceniza Volcánica con el Microscopio Electrónico de Barrido para el proyecto de **“INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLCÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL ADOQUÍN PARA USO VEHICULAR”** en la fecha de 20 de marzo del año en curso.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente el mismo que consta en los archivos de esta dependencia en caso de ser necesario.

Arequipa, 26 de marzo de 2024



DRA. DAISY MARGARITA GONZALEZ DIAZ

**DIRECTORA**

CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

LHT-  
ARCHIVO-

