

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I

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

AUTOR

Anderson Junior Astudillo Vargas

ASESOR

José Alberto Acero Martínez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2025

**Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y
mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I**

PRESENTADA POR

Anderson Junior Astudillo Vargas

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Cesar Augusto Ramirez Guanilo

PRESIDENTE

Evelyng Lorena Rios Villanueva

SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez

VOCAL

Dedicatoria

Agradecer en primer lugar a Dios, por darme fortaleza y sabiduría en cada etapa de este camino. A mi madre Violeta Vargas García y a mi abuela Beatriz García Lachos, por su amor infinito, sacrificios y constante apoyo, pilares fundamentales en mi vida. A mis hermanos y seres queridos, por su aliento y compañía. A mis amigos y docentes, por compartir conocimientos y motivación. Cada logro alcanzado es también suyo. Esta investigación representa no solo un esfuerzo personal, sino el reflejo de todos quienes siempre creyeron en mí.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por haberme dado la fortaleza, salud y sabiduría durante este camino académico. A mi madre Violeta Vargas García y a mi abuela Beatriz García Lachos, por ser ejemplo de perseverancia y brindar su apoyo incondicional en cada etapa. A la universidad, a mi asesor Acero Martines José Alberto y al docente del curso el ing. Lopez Carranza Atilio Ruben, por su guía y compromiso con la formación profesional. También agradezco a mis amigos quienes, de alguna manera contribuyeron al desarrollo y culminación de esta tesis.

Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	12 %	1 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net Fuente de Internet **4** %

2 tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet **2** %

3 repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet **<1** %

4 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet **<1** %

5 repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet **<1** %

6 repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet **<1** %

7 repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet **<1** %

8 www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet **<1** %

repositorio.upn.edu.pe

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción.....	13
Revisión de la literatura.....	15
Materiales y métodos	36
Resultados y discusión	75
Conclusiones	108
Recomendaciones	110
Referencias	111
Anexos	115

Lista de Tablas

TABLA I TIPOS DE ADOQUINES.....	20
TABLA II ESPESORES NOMINALES	21
TABLA III TOLERANCIA DIMENSIONAL	21
TABLA IV PARAMETROS DE ABSORCIÓN	22
TABLA V PARAMETROS NORMATIVOS	24
TABLA VI RELACION DE RESISTENCIA Y COMPRESIÓN	31
TABLA VII ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS	31
TABLA VIII CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO.....	32
TABLA IX RELACIÓN AL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL Y ASENTAMIENTO.....	32
TABLA X RELACION AGUA- CEMENTO.....	33
TABLA XI PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO	33
TABLA XII NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	38
TABLA XIII NÚMERO DE ESPECÍMENES REQUERIDOS	38
TABLA XIV NÚMERO DE ESPECÍMENES REQUERIDOS POR FLEXIÓN	39
TABLA XV CANTIDAD DE MUESTRAS PARA ABRASIÓN	39
TABLA XVI VARIABLE INDEPENDIENTE	40
TABLA XVII VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
TABLA XVIII VARIABLE INTERVINIENTE	41
TABLA XIX RESULTADOS DE AGREGADOS	63
TABLA XX COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA VOLCÁNICA.....	75
TABLA XXI DATOS DEL ENSAYO SOBRE EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN. 75	
TABLA XXII RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL A. F.	76
TABLA XXIII CONTENIDO DE HUMEDA AGREGADO FINO.....	76
TABLA XXIV PESO UNITARIO SUELTO Y CAMPACTADO	77
TABLA XXV RESULTADOS ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES	77
TABLA XXVI RESULTADOS DE ENSAYO DE SULFATOS DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO.....	77
TABLA XXVII RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	78
TABLA XXVIII % HUMEDA AGREGADO GRUESO	79
TABLA XXIX PESO UNITARIO SUELTO Y CAMPACTADO AGREGADO GRUESO..	79
TABLA XXX RESULTADOS ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES	79
TABLA XXXI RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.....	79
TABLA XXXII RESULTADOS DE ENSAYO DE SULFATOS DE SODIO	80
TABLA XXXIII PROPORCIONES DE DISEÑO DE MEZCLA	80
TABLA XXXIV DOSIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR VOLUMEN.....	80
TABLA XXXV ENSAYO DE ASENTAMIENTO SLUMP.....	81
TABLA XXXVI TEMPERATURA AL CONCRETO FRESCO	81

TABLA XXXVII CONTENIDO DE AIRE	82
TABLA XXXVIII TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA 7 DÍAS.....	83
TABLA XXXIX TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA 14 DÍAS.....	84
TABLA XL TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA COMPRESIÓN PARA 28 DÍAS	84
TABLA XLI TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA FLEXIÓN PARA 7 DÍAS.....	85
TABLA XLII TOLERANCIA DIMENSIONAL- FLEXIÓN PARA 14 DÍAS	85
TABLA XLIII TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA FLEXIÓN PARA 28 DÍAS	86
TABLA XLIV ABSORCIÓN PARA 28 DÍAS	86
TABLA XLV TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN PARA 28 DÍAS.....	87
TABLA XLVI RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN.....	87
TABLA XLVII MUESTRA CON EL 5 % DE CENIZA VOLCÁNICA.....	88
TABLA XLVIII RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA CON EL 15 % DE CENIZA VOLCÁNICA.....	89
TABLA XLIX MUESTRA CON EL 25 % DE CENIZA VOLCÁNICA	90
TABLA L RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA CON EL 35 % DE CENIZA VOLCÁNICA	91
TABLA LI PROMEDIO DE MUESTRAS	92
TABLA LII MODULO DE ROTURA PARA LA MUESTRAS A LOS 7 DÍAS.....	93
TABLA LIII MODULO DE ROTURA PARA LA MUESTRAS A LOS 14 DÍAS	94
TABLA LIV MUESTRAS A LOS 28 DÍAS.....	94
TABLA LV ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN	95
TABLA LVI ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.....	95
TABLA LVII ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD.....	96
TABLA LVIII ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m3 DE ADOQUINES PATRÓN	97
TABLA LIX ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m3 DE ADOQUINES 5% CENIZA VOLCÁNICA	98
TABLA LX ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m3 DE ADOQUINES 15% CENIZA VOLCÁNICA	99
TABLA LXI ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m3 DE ADOQUINES 25% CENIZA VOLCÁNICA	100
TABLA LXII ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m3 DE ADOQUINES 35% CENIZA VOLCÁNICA	101

Lista de figuras

Fig. 1. Ubicación de los volcanes Ubinas, Misti y Sabancaya [27].....	28
Fig. 2. Molde para determinar el asentamiento [33].	34
Fig. 3. Recolección de muestra	43
Fig. 4. Tamizado de Ceniza Volcánica	44
Fig. 5. Tamizado Ceniza Volcánica	45
Fig. 6. Prueba de humedad superficial.	45
Fig. 7. Peso de la muestra.	45
Fig. 8. Peso de la fiola con la muestra	45
Fig. 9. Cuarte de la muestra	46
Fig. 10. Peso del agregado fino.....	46
Fig. 11. Tamices utilizados.....	46
Fig. 12. Muestras después del tamizado.	46
Fig. 13. Peso muestra N°01.....	47
Fig. 14. Peso muestra N°02.....	47
Fig. 15. Ejecución de ensayo	48
Fig. 16. Peso de ambas muestras.....	48
Fig. 17. Proceso de ensayo de peso unitario	49
Fig. 18. Peso de probeta vacía y ensayada	50
Fig. 19. Proceso de sales solubles	51
Fig. 20. Proceso de durabilidad.....	52
Fig. 21. Ejecución de muestras	53
Fig. 22. Cuarteo agregado grueso	54
Fig. 23. Peso de la muestra para el ensayo.....	54
Fig. 24. Muestra del tamiz N°04	54
Fig. 25. Ensayo de granulometría	54
Fig. 26. Peso de la muestra	55
Fig. 27. Peso de la muestra en el Matraz de Erlenmeyer	55
Fig. 28. Peso de la muestra más la tara	55
Fig. 29. Ensayo de peso específico y absorción.....	55
Fig. 30. Peso de la muestra húmeda N°01	56
Fig. 31. Peso de la muestra húmeda N°02.....	56
Fig. 32. Peso de la muestra N°01	57
Fig. 33. Peso de la muestra N°02	57
Fig. 34. Peso de la probeta vacía.....	58
Fig. 35. Peso de la probeta N°01 más el agregado grueso	58
Fig. 36. Peso de la probeta N°02 más el agregado grueso	58
Fig. 37. Ensayo de peso unitario compactado.....	58
Fig. 38. Peso de la muestra N°01	59
Fig. 39. Peso de la muestra N°02	59
Fig. 40. Golpeado del agregado	60
Fig. 41. Vaciado del agregado al recipiente	60
Fig. 42. Filtrado de la muestra	60

Fig. 43. Peso del vaso más la mezcla	60
Fig. 44. Peso de la muestra por el tamiz 3/8"	61
Fig. 45. Peso del tamiz N°04	61
Fig. 46. Vaciado del sulfato de magnesio	61
Fig. 47. Colocación de las muestras en el horno	61
Fig. 48. Muestras después de estar en el horno	62
Fig. 49. Lavado de las muestras	62
Fig. 50. Peso de la muestra	62
Fig. 51. Revoluciones de la máquina de los Ángeles	62
Fig. 52. Peso retenido en el Tamiz N°04 después del ensayo	63
Fig. 53. Peso sobrante después del ensayo	63
Fig. 54. Medida del slump patrón	64
Fig. 55. Ensayo de asentamiento	64
Fig. 56. Temperatura de la mezcla.	65
Fig. 57. Ensare de la mezcla en el recipiente.	66
Fig. 58. Aparato de medición de contenido de aire por presión	66
Fig. 59. Lectura del manómetro	66
Fig. 60. Ensayo de contenido de aire en el concreto	66
Fig. 61. Mezcla de los agregados en la Olla de mezclado	68
Fig. 62. Vaciado de los materiales	68
Fig. 63. Transporte de la mezcla fresca	68
Fig. 64. Vaciado de la mezcla a la maquina Vibro compactadora	68
Fig. 65. Resultado final de los adoquines frescos	68
Fig. 66. Adoquines después de 24 horas de elaboración	68
Fig. 67. Medición de adoquines	69
Fig. 68. Colocación de la muestra a la máquina de compresión	70
Fig. 69. Muestra con las placas metálicas	70
Fig. 70. Muestra después de ensayo	70
Fig. 71. Ensayo de Resistencia a la compresión	70
Fig. 72. Colocación de los adoquines en la máquina de flexión	71
Fig. 73. Muestras después del ensayo de flexión	71
Fig. 74. Muestras después de 14 días	71
Fig. 75. Ensayo: resistencia a la flexión	71
Fig. 76. Peso de la muestra patrón	72
Fig. 77. Muestras en el horno	72
Fig. 78. Muestras sumergidas al agua	72
Fig. 79. Colocación de las muestras en el horno	72
Fig. 80. Peso de la muestra antes del ensayo.	73
Fig. 81. Máquina de abrasión para adoquines	73
Fig. 82. Peso de la muestra después del ensayo	73
Fig. 83. Ensayo de abrasión	73
Fig. 84. Elaboración de probetas	74
Fig. 85. Instalación de compresómetro	74

Fig. 86. Instalación de sensores	74
Fig. 87. Ensayo de módulo de elasticidad.....	74

Resumen

La presente investigación tiene como busca analizar el efecto de la utilización de ceniza volcánica como reemplazo parcial del cemento Portland en la elaboración de adoquines de tipo I, con el fin de optimizar sus propiedades tanto físicas y mecánicas. Para tal fin, se diseñaron y evaluaron mezclas de concreto en porcentajes del 5%, 15%, 25% y 35%, en función del peso del cemento, para determinar el porcentaje más adecuado en términos de resistencia, durabilidad y viabilidad económica, estas muestras han sido sometidas a ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción, abrasión. Estos resultados evidenciaron que las dosificaciones con un 5% y 15% de ceniza volcánica mejoraron notablemente con respecto al comportamiento del concreto, superando en algunos casos a la mezcla patrón. No obstante, a partir del 25% de reemplazo se observó una disminución significativa en las propiedades evaluadas, lo cual indica que un contenido excesivo de ceniza puede comprometer el desempeño estructural del adoquín. Asimismo, si bien el uso de ceniza volcánica representa una opción más sostenible al disminuir el uso de cemento y aprovechar un subproducto natural, su incorporación en altos porcentajes conlleva un aumento en los costos de producción. Este incremento se relaciona principalmente con las actividades asociadas a la recolección, procesamiento y transporte del material puzolánico.

Palabras clave: Ceniza volcánica, Adoquines, Sostenibilidad, Desempeño estructural y Resistencia a la compresión.

Abstract

The present investigation is to analyze the effect of the use of volcanic ash as a partial replacement of the Portland cement in the elaboration of type I cobblestones, in order to optimize its physical and mechanical properties. To this end, concrete mixtures were designed and evaluated in percentages of 5%, 15%, 25% and 35%, depending on the cement weight, to determine the most appropriate percentage in terms of resistance, durability and economic viability. These samples have been subjected to compression resistance tests, flexion resistance, absorption, abrasion. These results showed that dosages with 5% and 15% volcanic ash significantly improved with respect to the behavior of the concrete, surpassing in some cases the pattern mixture. However, from the 25% replacement, a significant decrease in the evaluated properties was observed, which indicates that excessive ash content can compromise the structural performance of the cobblestone. Also, although the use of volcanic ash represents a more sustainable option by decreasing the use of cement and taking advantage of a natural byproduct, its incorporation into high percentages entails an increase in production costs. This increase is mainly related to the activities associated with the collection, processing and transport of the pozzolan material.

Keywords: Volcanic ash, Paving stones, Sustainability, Structural performance and Compressive strength.

Introducción

Desde la antigüedad las personas han buscado una forma de que sus caminos sean más uniformes y que faciliten el transporte, por eso los romanos, griegos y egipcias optaron por tallar adoquines de piedras, donde se utilizaban para pavimentar plazas y calles[1], con el pasar del tiempo y con la llegada de los carruajes tenían necesidad de construir más rápido es por eso que las personas desarrollaran otras formas de fabricar los adoquines y que sea más rentable, ya que estos pueden separarse o desarmarse por separado sin dañar el adoquín, lo que permite su reutilización. Además, ofrecen una variedad de tamaños, colores y formas para asegurarse de tener una estética adecuada. Similar a los pavimentos flexibles y rígidos están formados por múltiples capas [2], se han realizado investigaciones que respaldan estos proyectos, creando productos con mayor durabilidad que los convencionales. La idea de utilizar materiales poco comunes surge de esta manera. Aunque estos materiales pueden no parecer tan beneficiosos, el análisis fundamentado en datos reales permite alcanzar resultados favorables que impulsen el progreso de futuras investigaciones.

Los adoquines son piezas manufacturadas compuestas por una composición de agregados, agua y cemento, los cuales se moldean dando lugar a un producto con mejores características tanto como durabilidad y resistentes, también dan una mejor versatilidad, facilitando su instalación, por ellos se han en una opción versátil y duradera para usarlo en pavimentos de las áreas urbanas y residenciales[3]. Sin embargo, existen varios problemas asociados con el uso de adoquines tradicionales que afectan tanto a la industria de la construcción como a los consumidores y el medio ambiente. El problema central es la necesidad de equilibrar la durabilidad y el costo de los adoquines con consideraciones ambientales y sociales. La fabricación de cemento tradicional para adoquines genera altos niveles de contaminación y costos significativos. Además, a medida que las ciudades crecen y la demanda de infraestructura aumenta, el uso masivo de adoquines plantea desafíos relacionados con el desgaste y la durabilidad.

Teniendo en cuenta el problema presentado, surge la idea de implementar cenizas volcánicas en sustitución del cemento en diversos porcentajes para aumentar sus características físicas y mecánicas, así reducir costos y reducir efectos negativos al medio ambiente que causa el adoquín convencional, En Perú, la región central de los Andes alberga ocho volcanes activos, incluyendo al Ubinas, el Misti y el Sabancaya, volcanes que han experimentado erupciones en los últimos 600 años. Estas erupciones producen principalmente ceniza volcánica, que actualmente no se utiliza ni se utiliza, estas se consideran como desecho natural, que ofrecen

una oportunidad para la innovación en materiales de construcción sostenible. Pues sus compuestos cementantes presentan un contenido mayoritario de dióxido de silicio (SiO_2) mayor al 50%, con pequeñas proporciones de óxido de calcio (CaO), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de aluminio (Al_2O_3)[4].

Frente a esta problemática se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la adición de ceniza volcánica en las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I?

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I en comparación con los adoquines convencionales. Para lograrlo, se establecieron objetivos específicos que abarcan: Caracterización de la ceniza volcánica, Evaluar las propiedades físicas de los agregados convencionales, realizar el diseño de mezcla patón y diseño de mezcla incorporando los porcentajes de reemplazo de 5%, 15%, 25% y 35%, así mismo evaluar las propiedades físicas y mecánicas, comparar con cuánto porcentaje se incrementó o disminuyó las propiedades físicas y mecánicas del adoquín elaborado de ceniza volcánica. Para finalmente evaluar el análisis económico del adoquín Tipo I mediante la comparación de porcentaje del adoquín con la ceniza de volcán.

Siendo esta investigación una oportunidad para innovar en las etapas de fabricación de insumos para la construcción. Logrando mejoras en las técnicas de mezcla, curado y pruebas de resistencia, optimizando las características estructurales y prolongación de vida útil de los adoquines. Asimismo, se promueve el desarrollo de nuevas regulaciones para el sector de la construcción, promoviendo la creación de materiales más resistentes, sostenibles y económicos.

Revisión de la literatura

Antecedentes internacionales

Sanjuán et al. [5]. El artículo tiene como objetivo brindar beneficios técnicos, ambientales y sociales mediante el uso de las cenizas volcánicas de la palma, el uso variado del cemento en las edificaciones ha implicado al agotamiento de los recursos naturales esto ha conllevado a buscar nuevos materiales alternativos tales como las cenizas de la palma que contribuirá a disminuir el desgaste de la extracción de reservas naturales, así como la propagación de CO₂, esto nos dice que los resultados obtenidos de sus ensayos arroja que las cenizas volcánicas tienen propiedades cementantes, también tienen en su composición minerales ferromagnesianos, estos resultados indican una reducida cristalinidad y una significativa proporción de fase amorfa en la muestra analizada. Por conclusión, las cenizas volcánicas producen un aumento de la porosidad, alcanzando un valor de 23.06% mayor en el 40% al OPC de referencia.

Aguilar et al. [6]. La siguiente investigación aborda la problemática ambiental asociada al uso intensivo de cemento (Portland I) en la fabricación de prefabricados, proponiendo como alternativa el aprovechamiento de ceniza volcánica, un residuo natural abundante en zonas de influencia volcánica. El objetivo principal es diagnosticar el efecto al sustituir parcialmente el cemento por diferentes porcentajes de ceniza volcánica (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) en la elaboración de adoquines de concreto, evaluando específicamente su comportamiento físico y mecánico. Para ello, se elaboraron probetas bajo un diseño experimental controlado y se aplicaron ensayos normalizados para medir la resistencia a compresión, la absorción de agua y la densidad, siguiendo criterios técnicos establecidos. Los resultados muestran que hasta un 10% de sustitución, la ceniza volcánica no solo mantuvo los niveles de resistencia requeridos, sino que además mejoró la durabilidad del adoquín al reducir la absorción, lo cual sugiere una posible optimización de recursos sin comprometer la calidad estructural. En conclusión, el estudio evidenció que la incorporación de ceniza volcánica representa una alternativa viable y sostenible para la producción de adoquines, incentivando futuras investigaciones que profundicen en su aplicación en distintos contextos constructivos.

Contrafatto et al. [7]. En su investigación plantea tres para su reutilización, con especial énfasis en su aplicación en la fabricación de cemento mezclado, abordando así la problemática ambiental derivada de la acumulación de cenizas y la alta demanda de recursos no renovables en la industria cementera. Es por ello que evaluarán el potencial de la ceniza volcánica como

material cementante suplementario, realizando pruebas experimentales en las que se modificó el contenido de cemento Portland mediante distintos porcentajes de reemplazo con ceniza volcánica, a fin de analizar su influencia sobre las propiedades mecánicas del cemento resultante. La metodología contempló ensayos de resistencia, durabilidad y comportamiento reológico, complementándose con estudios paralelos enfocados en su aplicación en morteros y concretos. En conclusión, los resultados indicaron que la ceniza volcánica, debidamente tratada y dosificada, puede mejorar ciertas propiedades del cemento y contribuir a la formulación de materiales constructivos más sostenibles, al tiempo que se reduce el volumen de desechos volcánicos.

García-González et al. [8]. Presenta una investigación exhaustiva sobre la caracterización geomecánica de agregados volcánicos, Con la finalidad de fomentar su aplicación en la construcción de pavimentos en zonas con recursos limitados y de importancia ambiental. Se analizan diferentes litotipos de rocas volcánicas, como basaltos y piroclastos, y se evalúan sus propiedades geomecánicas, incluyendo la capacidad hidráulica, la resistencia estructural a cargas uniaxiales en compresión (UCS) y los índices de desgaste, como Los Ángeles (LA) y Micro Deval (MDE). Los resultados indican que los agregados volcánicos masivos ofrecen excelentes propiedades de durabilidad y resistencia, lo que los hace adecuados para pavimentación de carreteras y aeropuertos. Sin embargo, se señala que algunos litotipos pueden presentar índices de reactividad álcali-sílice que superan los límites recomendados, lo que requiere atención en su uso.

González et al. [9]. El estudio tiene como problemática la acumulación de residuos sólidos, particularmente neumáticos fuera de uso, y la necesidad de desarrollar soluciones constructivas más sostenibles. El objetivo se basa en determinar el efecto mecánico de la incorporación de caucho reciclado como reemplazo parcial de agregado fino, así como la adición de micro sílice como aditivo mineral, en la fabricación de adoquines de concreto hidráulico. Para ello, se analizó el desempeño mecánico de adoquines elaborados con distintos porcentajes de GCR (5%, 10% y 15%) y micro sílice (3%, 6% y 9%) en la composición de la mezcla, analizando la densidad, absorción y resistencia, junto con un análisis de precios unitarios, comparando el costo de fabricación con el comportamiento mecánico.

Antecedentes nacionales

Apaza et al. [4]. El estudio parte de la problemática generada por la acumulación de depósitos volcánicos tras eventos eruptivos, los cuales representan un riesgo ambiental y logístico para las poblaciones cercanas. Con el objetivo de caracterizar las propiedades fisicoquímicas y evaluar su aplicabilidad en la elaboración de cementos y concretos, se recolectaron 18 muestras de ceniza de diferentes regiones volcánicas del país, las cuales fueron sometidas a análisis granulométrico, mineralógico y pruebas de reactividad puzolánica. A través de mezclas experimentales con sustitución parcial de cemento por ceniza, se analizaron indicadores como la resistencia a compresión y la trabajabilidad del concreto. Los resultados evidenciaron que ciertas muestras de ceniza cumplen con requisitos mínimos de actividad puzolánica, mostrando un desempeño aceptable al ser incorporadas en proporciones controladas. En consecuencia, el estudio plantea que, con un tratamiento adecuado, esta materia prima de origen natural podría incorporarse al desarrollo de materiales sostenibles, contribuyendo tanto al aprovechamiento de residuos volcánicos como al desarrollo industria de la construcción.

Choquehuayta et al. [10]. El estudio plantea una alternativa innovadora para la industria de la construcción, al investigar el uso de ceniza volcánica como precursor en la fabricación de geo polímeros, frente a la problemática ambiental generada por el uso intensivo del cemento Portland y reducir las emisiones de CO₂ asociadas a su producción. El propósito principal fue evaluar la posibilidad técnica de utilizar ceniza volcánica como insumo principal para la síntesis de geo polímeros, analizando sus propiedades fisicoquímicas y su comportamiento mecánico una vez activada con soluciones alcalinas. La metodología consistió en recolectar muestras de ceniza volcánica, someterlas a caracterización mineralógica y realizar mezclas con activadores como hidróxido de sodio y silicato de sodio, variando las concentraciones y condiciones de curado. Posteriormente, se realizaron pruebas de resistencia a compresión, estabilidad volumétrica y durabilidad. En conclusión, este enfoque representa una alternativa prometedora para reutilizar residuos volcánicos en la construcción, impulsando la transición hacia tecnologías más sostenibles y eficientes.

Carrera et al. [11]. Esta tesis evaluó los efectos del uso de ceniza volcánica como material suplementario en concreto permeable con una resistencia esperada de 210 kg/cm², en un contexto urbano como Lima. El objetivo fue determinar cómo influye la incorporación de este residuo natural en la resistencia a compresión y el coeficiente de permeabilidad, dos propiedades clave en pavimentos drenantes. Para ello, se elaboraron mezclas experimentales sustituyendo parcialmente el cemento con diferentes proporciones de ceniza, sometiéndolas luego a ensayos normalizados. Los resultados mostraron que, aunque la resistencia mecánica se vio ligeramente reducida con altas dosis de ceniza, el concreto mantuvo niveles aceptables de desempeño estructural, mientras que la permeabilidad se mantuvo o incluso mejoró. En conclusión, el estudio evidenció que la ceniza volcánica puede emplearse de manera técnica y sostenible en concretos permeables, siempre que se controle adecuadamente su proporción en la mezcla.

Vasquez et al. [12]. Esta investigación expone el vínculo relacional entre la resistencia a la compresión de adoquines fabricados con cáscara de arroz. Se plantean preguntas importantes sobre las propiedades físicas y químicas de los elementos de los adoquines, así como sobre el diseño ideal para reemplazar diferentes porcentajes del (5%, 10% y 15%) con cemento Pacasmayo en tiempo establecidos entre los 7, 14 y 28 días. En conclusión, la investigación sugiere que el uso de un 5% de escoria de cáscara de arroz puede ser económicamente rentable, ya que se observa una menor resistencia a compresión en relación con la muestra sin escoria después de 28 días, pero podría mejorar con más tiempo de curado.

Tocto [13]. La investigación busca efectuar una evaluación comparativa del ciclo de vida entre adoquines reciclados y convencionales destinados a pavimentos peatonales, con el fin de evaluar su comportamiento ambiental en cada fase del ciclo productivo. El estudio responde a la creciente necesidad de reducir la huella ecológica en la industria de la construcción mediante el uso de materiales reciclados. Para ello, se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) siguiendo normas ISO, considerando variables como consumo energético, emisiones de CO₂ y emisión de desechos en cada etapa, desde la extracción hasta el fin de vida del producto. Los resultados demostraron que los adoquines reciclados presentan menor huella ecológica comparada con los materiales estándar, especialmente en términos de emisiones y uso de recursos no renovables. En síntesis, el estudio concluye que la incorporación de materiales reciclados en adoquines representa una alternativa viable para promover una construcción más sostenible y responsable con el medio ambiente.

Benancio et al. [14]. El propósito del estudio fue analizar el efecto que tiene la incorporación de cenizas provenientes de hoja de maíz (CHM) y de bagazo de caña de azúcar (CBCA) sobre las propiedades estructurales de los adoquines de concreto tipo II destinados a pavimentación urbana, utilizando reemplazos parciales del cemento en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15%. El objetivo fue evaluar cómo estas cenizas, utilizadas como reemplazo parcial del cemento, afectan la resistencia a compresión, absorción de agua y densidad del adoquín. Se elaboraron probetas con diferentes porcentajes de sustitución y se aplicaron ensayos normalizados para determinar su comportamiento estructural. Los resultados evidenciaron que, en proporciones controladas, ambos tipos de ceniza permitieron mantener niveles adecuados de resistencia, además de mejorar la sostenibilidad del proceso constructivo. En conclusión, el uso de residuos agrícolas como aditivos en la producción de adoquines representa una estrategia viable para reducir el impacto ambiental sin comprometer la calidad del producto final.

Gamarra [15]. Esta tesis desarrolló un estudio orientado a caracterizar el comportamiento mecánico de adoquines de concreto tipo I al incorporar concha de abanico triturada como material alternativo, motivado por la acumulación de residuos marinos en zonas costeras y su potencial aprovechamiento en la construcción. Para lograr ello se analizaron cuatro proporciones de reemplazo: 5%, 10%, 15% y 20%. Donde los resultados revelaron que, en dosis adecuadas, este residuo marino puede integrarse sin comprometer la resistencia requerida para su aplicación en superficies peatonales, al tiempo que contribuye a la reutilización de materiales no convencionales. En síntesis, el estudio concluye que la concha de abanico triturada tiene viabilidad técnica como insumo parcial en el proceso de producción de adoquines, ofreciendo una alternativa sostenible dentro del marco de la economía circular.

Bases teóricas

Adoquines:

Definición del adoquín:

Proviene del "dukkān árabe clásico" al "addukkín o addukkán árabe" y luego se traslada a nuestra lengua como "adoquín"[16], estas son piezas prefabricadas hechas de concreto simple, agregados y agua y vienen en una variedad de dimensiones y colores. El proceso de fabricación garantiza una instalación de aplicación sencilla y rápida, con bajos costos de mantenimiento.

Historia del adoquín:

Los adoquines tienen una antigüedad de hace 25 siglos, los romanos fueron uno de los primeros en usarlos en sus grandes vías para proveer de duración y más rapidez, el cual les permitía tener un transporte más cómodo ya que tenía una superficie más uniforme[1].

Clasificación:

Existen tres tipos de adoquines según la norma técnica:

TABLA I
TIPOS DE ADOQUINES

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente: Tipos de adoquines [17].

Propiedades

Propiedades físicas

- **Color**

El color de los adoquines puede ser aplicado a toda la unidad o solo a la capa superficial según el fabricante. Las variaciones en el color y las propiedades de las materias primas, junto con las diferencias en el proceso de curado, pueden causar variaciones en el color que no son significativas.

- **Medidas**

Las medidas de los adoquines varían dependiendo el tipo del adoquín, por lo que la normativa establece el espesor de acuerdo con el uso.

TABLA II
ESPEORES NOMINALES

TIPO	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín MPA (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal)	40	31 (320)	28(290)
	60	32 (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)

Fuente: Espesores nominales de adoquines [17]

TABLA III
TOLERANCIA DIMENSIONAL

Tolerancia dimensional, máx (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Fuente: Tolerancias dimensionales [17]

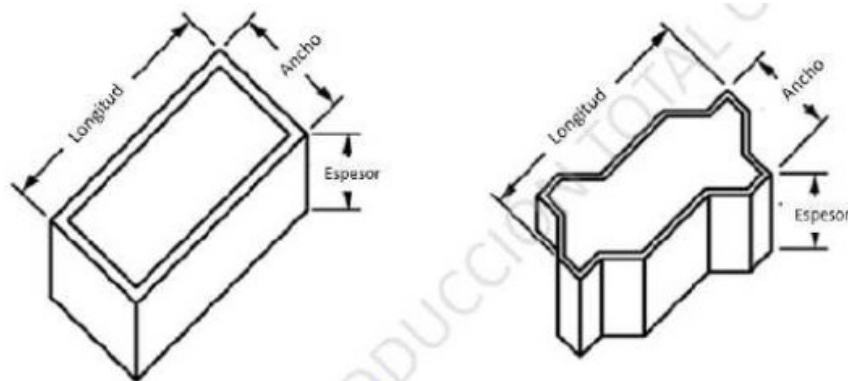


Ilustración 1 Dimensiones de los adoquines [17]

- **Textura**

El fabricante debe proporcionar una descripción de los adoquines que tienen una textura superficial específica.

- **Peso**

Los pesos de los adoquines varían según sus medidas y los insumos empleados en su elaboración.

- **Tolerancia dimensional**

Según en [17] nos definen que las tolerancias dimensionales permitidas para cada tipo de adoquines, estas tolerancias nos permiten una pequeña variación dimensionales reales respecto a las dimensiones especificadas para cumplir los índices de calidad.

Para el procedimiento de este ensayo tendremos que verificar que los adoquines cumplan con la tolerancia dimensional, para esto primero tendremos que medir sus dimensiones con una herramienta de precisión, estas medidas se van a comparar con las dimensiones nominales especificadas.

Fórmula para la tolerancia dimensional

$$Desviación = Dimensión Real - Dimensión Nominal$$

- **Absorción.**

Los parámetros de absorción establecidos por en la normativa deben cumplirse por los adoquines. Para unidades individuales y para se determinan los parámetros de absorción tomando como referencia el promedio de tres unidades máxima según el tipo de adoquín, para su proceso y cálculo usamos la NTP 339.604 [18], establece la cantidad de agua retenida en la muestra.

TABLA IV
PARAMETROS DE ABSORCIÓN

Tipo de Adoquín	Absorción, máx (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Fuente: parámetros de absorción [18]

Fórmula para el ensayo absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{W_r - W_d}{W_s - W_d} \times 100$$

Donde:

- W_s : Peso saturado
- W_d : Peso seco al horno
- W_r : Peso recibido

Ensayo de abrasión

Esto se refiere al desgaste debido a la fricción entre la superficie del adoquín y agentes abrasivos como el tráfico vehicular y peatonal, así como las condiciones ambientales. Estas pruebas someten a los adoquines a condiciones simuladas de desgaste y miden la cantidad de material que se desgasta durante un período de tiempo determinado, según la norma ASTM C944 [19], nos permite ver la pérdida del material cuando se pierde o desgasta en la superficie de concreto.

Fórmula:

$$\text{Pérdida de masa} = \frac{\text{Masa inicial} - \text{Masa final}}{\text{Masa inicial}} \times 100$$

Donde:

- *Masa inicial* : Es el valor de la muestra antes de ser ensayado
- *Masa final* : Es el valor de la muestra luego de ser ensayado

$$\text{Pérdida de profundidad} = \text{Profundidad inicial} - \text{Profundidad final}$$

Donde:

- *Profundidad inicial*: Valor en milímetros inicial
- *Profundidad final*: Valor en milímetros final

$$\text{Resistencia a la abrasión} = \frac{\text{Masa perdida}}{\text{Área de contacto}}$$

Donde:

- *Masa perdida*: Masa del material desgastado durante el ensayo (gr)
- *Área de contacto*: Área de la superficie en contacto con el cabezal abrasivo (mm²)

Resistencia a la compresión

Es una de las propiedades mecánicas más relevantes en los elementos prefabricados de concreto, ya que ayuda a determinar si puede resistir cargas axiales sin que la integridad de la estructura se vea afectada. Por lo que se establece un análisis de 3 unidades como el de una sola unidad de adoquines para este tipo de prueba. Es decir, la resistencia mínima depende del tipo de adoquín.

Fórmula:

$$\text{Esfuerzo de compresión} = \frac{P \text{ máx}}{A_n}$$

Donde:

- *P máx*: Carga máxima aplicada al espécimen (N)
- *A_n*: Área del espécimen sobre el cual se aplicó la carga (mm²)

Resistencia a la flexión

En adoquines se mide la resistencia de flexión mediante ensayos específicos, como la prueba de flexión en tres puntos. En esta prueba, se produce la falla que ejerce la colocación de una carga progresiva en el punto medio de la muestra. La cual indica cual sería la carga máxima que puede soportar y la deformación asociada. Este parámetro es crucial para garantizar que el material pueda resistir las tensiones que se presenten en su vida útil.

TABLA V
PARAMETROS NORMATIVOS

TIPO	Resistencia mínima a flexión del adoquín MPA (kg/cm ²)	
	Promedio de 3 unidades	Mínimo de un adoquín individual
I	5.4 (55)	4,6 (46.8)
II	4.1 (42)	3,4 (35.7)
III	4.1 (42)	3,4 (35.7)

Fuente: Resistencia máximas [20]

Fórmula:

$$\text{Resistencia a la flexión (N/mm}^2\text{)} = \frac{3 * P * L}{2 * b * d^2}$$

Donde:

P: Carga máxima aplicada (N)

L : Distancia entre apoyos (mm)

b: Ancho de la unidad (mm)

d: Altura (mm)

Módulo de elasticidad

La norma ASTM C469 [21], establece este factor como un parámetro esencial, el cual tiene como función medir la respuesta del concreto antes una carga de compresión junto con el coeficiente de Poisson (ν), la cual constituye una base importante para estimar el comportamiento elástico del concreto ante cargas[22].

Para el procedimiento la norma nos especifica el uso de probetas con dimensiones de (300x150), las cuales deben estar curadas de manera correcta. Para luego proceder a la colocación de extensómetros o dispositivos de medición de deformación en el centro de la muestra para medir la deformación longitudinal, la probeta se debe colocar a La máquina de compresión utilizada para ejercer una carga constante y controlada, a medida que la carga es aplicada se registra la deformación unitaria longitudinal.

Fórmula:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad estático (MPa)

$\Delta\sigma$ = Cambio en la tensión aplicada (MPa)

$\Delta\varepsilon$ = Cambio en la deformación unitaria longitudinal (sin unidades).

Materiales

a) Agua

El agua constituye un elemento fundamental en la fabricación de adoquines de concreto, ya que desempeña varios roles importantes durante diferentes etapas del proceso de producción. La cantidad de agua agregada debe ser cuidadosamente controlada para asegurarse de que la mezcla tenga la textura adecuada para su manejo y compactación. Esta puede ser usada en forma de vapor, neblina o inmersión para mantener una alta humedad y temperatura controlada durante el proceso de curado. De esta manera se previene la evaporación temprana del agua y se asegura que el cemento se hidrate por completo, lo que hace que el concreto sea más resistente y tenga mayor duración.

b) Cemento

Uno de los componentes más cruciales es el cemento. cuando se fabrican adoquines de concreto, lo que determina la resistencia y durabilidad del producto final.

Se elabora combinando materiales calizos y arcillosos, que se procesan a altas temperaturas en hornos rotatorios y se mezclan con yeso. La mezcla se cocinó a una temperatura de 1450 a 1480 °C, produciendo Clinker, que se utiliza como base. Cuando entra en presencia de agua, se somete a un proceso químico que lo hidrata, fragua y endurece. Es esencialmente empleado en construcción debido a su solidez como adherente y aglutinante [23].

Tipos de cementos Portland[24], [25]:

- **Tipo I:** Para el uso general
- **Tipo II:** Para el uso general, pero utilizado especialmente cuando se desea resistencia a los sulfatos
- **Tipo II (MH):** De uso general, particularmente en caso de que se desee un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos
- **Tipo III:** Se utiliza cuando se requiere resistencias altas en los primeros días de fraguado.
- **Tipo IV:** Usado para controlar el calor de hidratación
- **Tipo V:** Usado para las altas resistencias a los sulfatos

c) Agregados

Los agregados son componentes fundamentales en la elaboración de adoquines de concreto, ya que representan una parte significativa de la mezcla y afectan tanto las propiedades físicas como las características estéticas del resultado final.

Agregado fino

El agregado fino, denominado habitualmente como arena, tiene una función esencial en la producción de adoquines de concreto, la cual ayuda a completar los vacíos existentes entre las partículas del agregado gruesos y cemento. De acuerdo con las especificaciones, el agregado fino es todo aquel que pasa por el tamiz N° 3/8 y queda retenido en el tamiz estándar (N° 200) [26].

Sim embargo este debe ser analizado mediante una serie de pruebas estandarizadas, entre los cuales resaltan:

- Ensayo de Granulometría
- Peso específico y Absorción
- Contenido de humedad
- Ensayo de peso unitario suelto y peso unitario compactado
- Sales solubles totales
- Durabilidad (al sulfato de Magnesio)

Agregado grueso

El agregado grueso, comúnmente conocido como grava, es todo aquel que pasa por la malla N°4 y proporciona resistencia y estabilidad estructural al concreto. Ayuda a crear una base sólida dentro de la mezcla. Este material se conforma por fragmentos de roca de tamaño variado, que pueden incluir piedra triturada, grava o escoria triturada. Los tamaños de las partículas pueden variar, pero se encuentran dentro del valor del intervalo (5-20), dependiendo del diseño y las especificaciones del adoquín.

Para cumplir cada una de estas especificaciones será necesario realizar los siguientes ensayos físicos:

- Ensayo de Granulometría
- Peso específico y Absorción
- Contenido de humedad
- Ensayo de peso unitario suelto y peso unitario compactado
- Sales solubles totales
- Durabilidad (al sulfato de Magnesio)
- Resistencia al desgaste

Ceniza volcánica

Las puzolanas naturales, como las cenizas volcánicas, consisten en fragmentos de roca y cristales pulverizados por la acción de una erupción volcánica, estas partículas son transportadas por el aire y pueden viajar grandes distancias desde el volcán.

El Perú es uno de los países que alberga variedades de volcanes, en la actualidad se encuentran activos 8 volcanes, entre ellos está el Ubinas, Misti y Sabancaya. Cuyo principal producto durante una erupción es la ceniza volcánica. Estos volcanes han mostrado actividad reciente, emitiendo grandes cantidades de ceniza volcánica que se acumulan alrededor del volcán [4].



Fig. 1. Ubicación de los volcanes Ubinas, Misti y Sabancaya [27]

Definición

Los volcanes pueden tener diversos estilos de erupción, desde la expulsión de flujos piroclásticos y rocas balísticas hasta la producción de flujos de lava o lahares. Estos eventos pueden tener graves consecuencias para las comunidades cercanas, como heridas traumáticas, quemaduras, dificultad respiratoria, afecciones cutáneas, problemas pulmonares e incluso fallecimientos. Además, la caída de ceniza y la emisión de gases pueden contaminar el agua y los alimentos, afectar al ganado y cultivos, comprometer los servicios básicos y causar daños en infraestructuras [28].

Composición

Las cenizas de los volcanes se componen principalmente de sílice (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de calcio (CaO) [4]. Se componen de sales solubles que se originan de la condensación de ácidos minerales potentes durante su creación.

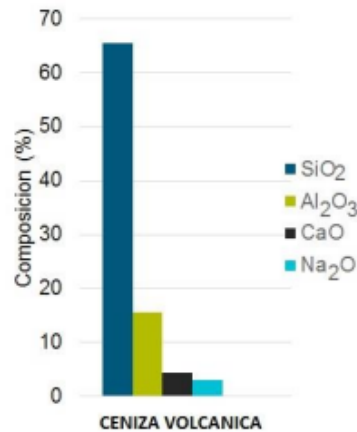


Gráfico 1. Elementos químicos de la composición [4]

Propiedades físicas

Las cenizas volcánicas poseen una variedad de propiedades físicas que varían según distintos factores, entre ellos su composición mineralógica, dimensión de partícula, densidad y grado de consolidación.

- **Tamaño de partícula**

Las cenizas volcánicas pueden variar desde partículas finas similares al polvo hasta fragmentos más grandes. El tamaño de partícula influye en su capacidad para transportarse en el aire y afecta su comportamiento durante la deposición y la compactación.

- **Porosidad**

La porosidad de las partículas en las cenizas de un volcán se refiere a la proporción. Además, las características de los poros o los espacios intersticiales presentes entre las partículas. La porosidad puede tener impacto en la habilidad de retener agua, la permeabilidad y la capacidad mecánica del material.

- **Densidad**

La densidad de las cenizas volcánicas puede variar según su composición y grado de compactación. Las cenizas volcánicas sueltas tienden a tener una densidad más baja, mientras que las cenizas compactadas pueden tener una densidad más alta.

- **Color**

El color de las cenizas volcánicas puede variar dependiendo de su estructura mineralógica y el grado al que ha sido oxidado. Las cenizas volcánicas pueden ser de color gris claro a oscuro, marrón, rojo o incluso negro.

Ensayo a la ceniza volcánica

Ensayo de granulometría

El objetivo de esta prueba es cribar la ceniza, asegurando que atraviese el tamiz N°200, con el fin de obtener una muestra comparable al cemento, se usa la norma NTP 400.012 [29].

Ensayo de peso específico y absorción

La determinación del peso específico y absorción de la ceniza volcánica nos ayudara a determinar la densidad apropiada del material. Se establece tres procedimientos alternativos: peso específico seco, que corresponde al peso de la ceniza completamente seca en relación con su volumen, el segundo es el peso específico saturado y respectivamente seco, este se calcula cuando la ceniza está en estado húmedo, pero sin agua superficial, este paso es importante porque representa una condición en la que el agregado no absorbe ni libera agua. Por último, tercera manera el peso específico aparente, en este cálculo se tendrá en cuenta los poros de la ceniza, es una medida de la densidad total.

El procedimiento inicia con la elección de muestras representativas, que será secada a una temperatura constante de 105°C, seguido de su inmersión en agua. para garantizar que los poros se llenen completamente. Luego, se lleva a cabo un secado superficial para remover el exceso de agua sin alterar el contenido dentro de los poros de la ceniza. Finalmente, la muestra es pesada y los cálculos pertinentes.

Método de diseño ACI 211.1

Este método será útil para definir los procedimientos y criterios en el diseño de la mezcla utilizando métodos racionales con el propósito de determinar las proporciones óptimas de cemento, agua, agregados y otros componentes necesarios para lograr las propiedades requeridas del concreto [30].

Para comenzar con el procedimiento deberemos tener los resultados realizados a los agregados, incluyendo la elección del tipo de cemento a emplear. Después con las tablas que nos proporciona la norma E.060 en el capítulo 5 [31], elegiremos la resistencia promedio requerida teniendo en cuenta nuestra el índice de compresión.

TABLA VI
RELACION DE RESISTENCIA Y COMPRESIÓN

Resistencia especificada a la compresión, MPA	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1 f'c + 5,0$

Fuente: Parámetros correlacionados [31]

Después se tendrá que seleccionar el asentamiento requerido, al no contar con el asentamiento nos ayudaremos del ACI el cual nos brinda unas recomendaciones con respecto al tipo de estructura a realizar [30].

TABLA VII
ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Tipo De Estructuras	Asentamiento (Pulg)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros, pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211.1-91[30]

Una vez seleccionado el asentamiento (slump), se determinará el tamaño máximo nominal del agregado grueso, empleado para determinar el material retenido en la mezcla.

TABLA VIII
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Aire atrapado
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Fuente: ACI 211.1-91[30]

Luego se tendrá que estimar el agua para la mezcla esto mediante el asentamiento previamente seleccionado.

TABLA IX
RELACIÓN AL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL Y ASENTAMIENTO

Asentamiento	Agua en 1/m³ para los tamaños Max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" = 25mm								
Concreto sin aire incorporado								
1 a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
1 a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: ACI 211.1-91[30]

Determinación de la relación agua/cemento, considerando que esta no solo influye en la durabilidad, sino también en la resistencia, por eso este paso es muy importante en el diseño, el ACI nos proporciona tablas el cual depende de la resistencia media requerida.

TABLA X
RELACION AGUA- CEMENTO

RELACION AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA		
f'cr (28 días) kg /cm²	Relación agua cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: ACI 211.1-91[30]

Para calcular el contenido de cemento, se divide el volumen de agua por la relación agua-cemento. Seguidamente, se calcula el volumen del agregado grueso empleando por el ACI indican que el volumen del agregado grueso en estado seco por metro cúbico está influido por el tamaño nominal máximo del agregado y el módulo de finura.

TABLA XI
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO					
Tamaño máximo nominal del agregado grueso (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (mm)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
		2.4	2.6	2.8	3
3/8"	9.5	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	25	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	50	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1-91[30]

Ensayos al concreto fresco

Ensayo de asentamiento

Esta prueba se enfoca en evaluar la consistencia o la manejabilidad del concreto en su estado recién mezclado, NTP 339.035 [32].

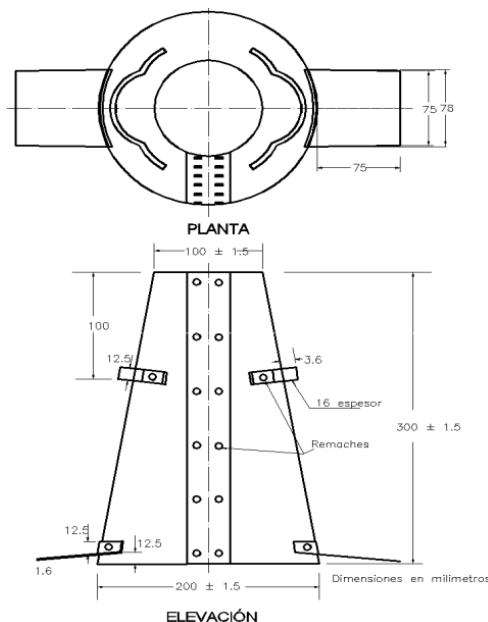


Fig. 2. Molde para determinar el asentamiento [33].

Para proceder con este ensayo, es necesario seleccionar una muestra representativa y se somete a las pruebas correspondientes lleva a cabo la llenado de tres capas en el cono de Abrams. La primera capa alcanza una altura de un fragmento que representa un tercio de la altura del cono y se compacta 25 veces empleando una barra compactadora. La segunda capa llega a dos tercios de la altura y se compacta nuevamente con la misma cantidad de golpes. La tercera capa se rellena hasta el borde del cono y se compacta de igual manera 25 veces. Posteriormente, la superficie se nivela para eliminar cualquier exceso de concreto. El cono de Abrams se retira con cuidado en dirección vertical, evitando movimientos o inclinaciones, en un tiempo máximo de 5 segundos, permitiendo que el hormigón se asiente de manera autónoma. Finalmente, se sitúa la barra de compactación en el cono y, utilizando una regla de metal o una cinta métrica, se evalúa la distancia para establecer el asentamiento del hormigón.

Ensayo para calcular la temperatura del concreto.

La realización de este ensayo es clave para verificar que el concreto satisfaga las especificaciones necesarias y para evaluar su comportamiento durante el proceso de fraguado y curado, teniendo en cuenta la Norma ASTM C1064/C1064M [34], el cual nos ofrece un

método estándar para establecer el control de la temperatura del concreto fresco, asegurando que permanezca dentro de los rangos de temperatura requeridos, la temperatura de la muestra en climas cálidos no debe superar los 30°C y para climas fríos debe mantenerse por encima de los 5°C.

Se tendrá que utilizar un termómetro calibrado el cual nos dará la medición de temperatura, deberemos tener una muestra representativa y es necesario situar el termómetro en el centro exacto de la muestra, el cual debe introducirse a una profundidad de 75mm asegurándose que esté completamente rodeada de la mezcla y se debe esperar alrededor de un minuto y luego tomar la medida.

Ensayo estándar para el contenido de aire de la mezcla fresca mediante el método por presión

La finalidad de este ensayo es calcular el porcentaje de aire presente en la mezcla. Este proceso debe llevarse a cabo en el hormigón fresco para garantizar que respeta los límites fijados, según nos indique la norma ASTM C231-14 [35].

Se debe preparar una porción representativa de la mezcla se colocará en un recipiente metálico, organizándola en tres capas, compactando cada una de ellas. Posteriormente, se nivela la superficie y se limpian los bordes, se colocará la tapa con el manómetro en el recipiente, asegurándose que esté cerrado herméticamente, se aplicará agua en las válvulas para evitar fugas de aire durante el ensayo, después aplicaremos presión al concreto hasta que el nivel especificado en el manómetro, una vez que se alcance la presión adecuada se libera lentamente la presión y se toma lectura del manómetro.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Según el artículo [36], nos planteamos un tipo de investigación aplicada, ya que tiene como propósito brindar soluciones a la problemática real, mediante los diferentes tipos de mecanismos e hipótesis para dar solución al problema. Se utilizará una metodología experimental que nos ayudará a obtener datos reales que se obtiene experimentando la hipótesis propuesta utilizando variables. Teniendo en cuenta que realizaremos procedimientos de laboratorio y de estudio que reflejaran la calidad y cantidad de recursos a emplearse, nuestro análisis de datos será cuantitativa.

Nivel de investigación

Esta investigación se puntualiza como descriptivo dado que describirá los conceptos, características y ensayos que se realizaran mediante los parámetros que nos indica las normas a utilizar.

Diseño de investigación

En esta investigación se utilizará un diseño experimental, ya que se busca resolver el problema manipulando variables a través de pruebas de laboratorio. El enfoque está en comparar diferentes unidades, considerando sus características y propiedades, con el objetivo de validar la hipótesis.

Hipótesis

La hipótesis planteada para esta investigación es la siguiente: La incorporación de la ceniza volcánica mejorará las propiedades físicas y mecánicas del adoquín Tipo I.

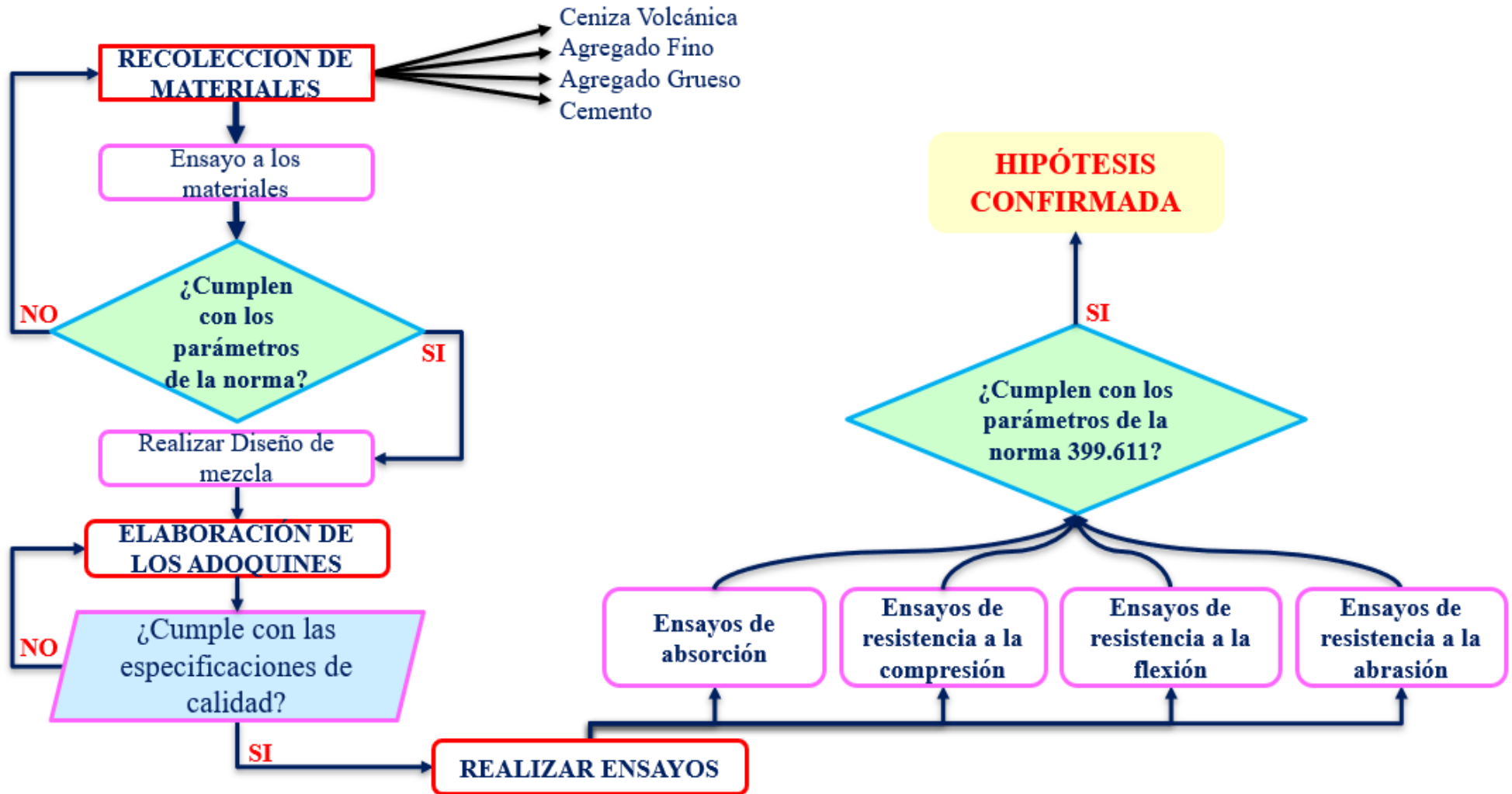


Gráfico 2. Diagrama para demostrar la hipótesis.

Población

Como población se tomará a los adoquines Tipo I, que se usarán en los ensayos, estos deberán cumplir lo que estipula la normativa NTP 399.611 [17].

Muestra

La muestra para esta investigación serán 120 adoquines Tipo I, los cuales se elaborarán adoquines patrón y los adoquines con adición de ceniza volcánica, que serán desarrollados de la mejor manera para que cumpla los requerimientos y ensayos que establece la norma. Por lo cual se considerará los porcentajes del 0%, 5%, 15%, 25% y 35%.

TABLA XII
NÚMERO DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE ABSORCIÓN

<i>ENSAYO</i>		<i>Ensayo de absorción</i>
Edad en días		28 días
Muestra patrón	0%	3 Und
	5%	3 Und
Muestra con diferentes % de Ceniza volcánica	15%	3 Und
	25%	3 Und
	35%	3 Und
Total:		15 Und

TABLA XIII
NÚMERO DE ESPECÍMENES REQUERIDOS

<i>ENSAYO</i>		<i>Ensayo de resistencia a la compresión</i>		
Edad en días		7 días	14 días	28 días
Muestra patrón	0%	3 Und	3 Und	3 Und
	5%	3 Und	3 Und	3 Und
Muestra con diferentes % de Ceniza volcánica	15%	3 Und	3 Und	3 Und
	25%	3 Und	3 Und	3 Und
	35%	3 Und	3 Und	3 Und
Total:		15 Und	15 Und	15 Und
Total:		45 Und		

TABLA XIV
NÚMERO DE ESPECÍMENES REQUERIDOS POR FLEXIÓN

ENSAYO		<i>Ensayo de resistencia a la compresión</i>		
Edad en días		7 días	14 días	28 días
Muestra patrón	0%	3 Und	3 Und	3 Und
Muestra con diferentes % de Ceniza volcánica	5%	3 Und	3 Und	3 Und
	15%	3 Und	3 Und	3 Und
	25%	3 Und	3 Und	3 Und
	35%	3 Und	3 Und	3 Und
<i>Total:</i>		<i>15 Und</i>	<i>15 Und</i>	<i>15 Und</i>
<i>Total:</i>		<i>45 Und</i>		

TABLA XV
CANTIDAD DE MUESTRAS PARA ABRASIÓN

ENSAYO		<i>Ensayo de resistencia a la abrasión</i>
Edad en días		28 días
Muestra patrón	0%	3 Und
Muestra con diferentes % de Ceniza volcánica	5%	3 Und
	15%	3 Und
	25%	3 Und
	35%	3 Und
<i>Total:</i>		<i>15 Und</i>

Muestreo

De acuerdo con el libro Metodología de la investigación [37], Se establece un muestreo no probabilístico, ya que las muestras no serán seleccionadas de forma aleatoria. En su lugar, la elección dependerá de las normativas específicas que deben cumplirse para llevar a cabo la investigación.

Criterios de selección

Para tener una cantidad clara de muestras tendremos que seguir lo especificado por la normativa NTP 399.611, el cual nos indica el uso de 3 especímenes para poder realizar los diferentes ensayos mecánicos que se realizarán en el adoquín de concreto[17].

Esto podemos reafirmar con la normativa NTP 339.183, en el capítulo 5 nos afirma que usualmente se debe utilizar 3 o más especímenes, para luego hacer sus análisis frente a los diferentes ensayos que se realizarán al adoquín[38]. Por eso se plantea las muestras siguientes:

Operacionalización de variables

TABLA XVI
VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE INDEPENDIENTE				
VARIABLE	INDICADORES	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	METODO DE MEDICIÓN
Ceniza volcánica	Granulometría		%	NTP 400.012 / Curva granulométrica
	Composición Química		%	Difracción de rayos X
	Peso Específico y absorción		kg/cm ³ - %	NTP 400.022 / Registro de pesos y registro de % humedad
	Cantidad de cenizas en reemplazo del cemento		5%	%
		15%	%	
		25%	%	
		35%	%	

TABLA XVII
VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE DEPENDIENTE				
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO DE MEDICION
Propiedades de los adoquines	Físicas	Ensayos de absorción	%	NTP 399.611/ Registro del % de absorción
	Mecánicas	Ensayos de resistencia a la compresión	kg/cm ²	NTP 399.611/ Registro en laboratorio y máquina de compresión
		Ensayos de resistencia a la flexión	kg/cm ²	NTP 399.611/ Máquina de flexión y Registro en laboratorio
		Ensayos de resistencia a la abrasión	%	NTP 399.625/ Máquina de desgaste
		Ensayos de módulo de elasticidad	kg/cm ²	ASTM C469

TABLA XVIII
VARIABLE INTERVINIENTE

<i>VARIABLE INTERVINIENTES</i>				
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO DE MEDICION
CONCRETO	Agregados	Granulometría	%	NTP 400.012 / Curva granulométrica
		Peso Especifico	kg/cm ³	NTP 400.021 / Registro de pesos
		Peso Unitario Suelto	kg/cm ³	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios
		Peso unitario Compactado	kg/cm ³	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios
		Contenido de Humedad	%	NTP 339.185 / Registro de % humedad
		Resistencia a la abrasión	%	NTP 399.625/ Máquina de desgaste
		Absorción del agregado	%	NTP 400.021 / Registro de % absorción
		Ensayo de contenido sales solubles	mg/kg	NTP.399.152
	Tipo de cemento	Portland tipo I	Kg	NTP 334.009
	f'_{c} de diseño	320	kg/cm ²	NTP 399.611
	Tamaño máximo Agregado Fino	4.75	mm	NTP 400.037 / Curva granulométrica
	Tamaño máximo Agregado Grueso	20	mm	NTP 400.037 / Curva granulométrica
	Mezcla	Diseño de mezcla	kg/cm ²	Método ACI 211
		Ensayo de asentamiento (slump)	Pulgadas (")	NTP 339.035 / Observación y medición
		Ensayo para determinar la temperatura del hormigón fresco	grados	ASTM: C1064/C 1064M
Ensayo para determinar el contenido de aire		%	NTP 339.080:2017	
Análisis de costos de Unidades		Comparación de costos	S/.	Análisis económico

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación se ha considerado 3 tipos de técnicas las cuales son las siguientes:

- Observación directa: se observa los procesos de mezcla, elaboración, curado y prueba de los adoquines que también incluirá el uso de ceniza volcánica, esto implica estar presente durante cada fase del proceso para registrar cualquier variación física o mecánica.
- Experimentos: Se realiza ensayos en laboratorio con el fin de realizar diferentes ensayos para verificar sus propiedades mecánicas-físicas y verificar cual muestra es la más adecuada.
- Análisis documental: se usará información teórica, estudios previos y normas técnicas las cuales nos permitirá contextualizar nuestra investigación.

Después de seleccionar que técnicas se usarán, se deberá tener en cuenta las fuentes y programas que se usarán para analizar los datos recolectados, estos instrumentos serán los siguientes:

- Normas Técnicas Peruanas
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Normas internacionales
- Artículos científicos y tesis
- Microsoft Word
- Microsoft Excel

Procedimientos

Recolección y preparación de ceniza volcánica

Teniendo planteado la ubicación donde se obtendrá la ceniza volcánica se procede a ir al departamento de Arequipa, al volcán Sabancaya y recoger la muestra, esto teniendo en cuenta que esta se encuentre dentro del rango de erupción volcánica para tener una mejor muestra.



Fig. 3. Recolección de muestra

Ensayo de granulometría de la ceniza volcánica

Este proceso es crucial porque nos determinara el tamaño de la ceniza ya que tendremos que obtener un tamaño similar al cemento Portland Tipo I, tener en consideración la NTP 400.012 [29], el procedimiento empleará diferentes medidas de tamiz y contará con los siguientes materiales.:

- Tamiz N° 200
- Balanza de precisión
- Recipiente

Para lograr un tamaño y textura similar al cemento Portland Tipo I, se empleará el tamiz N°200, lo que permitirá realizar el reemplazo del cemento en diferentes porcentajes.



Fig. 4. Tamizado de Ceniza Volcánica

Ensayo de Difracción de rayos X

Este ensayo se realiza para determinar su estructura y composición de la ceniza volcánica, siendo un procedimiento esencial para comprender las propiedades de la ceniza volcánica y así evaluar su viabilidad como material de sustitución con el cemento.

Ensayo de peso específico y absorción de ceniza volcánica

Este ensayo nos ayudara a determinar la masa especifica de la ceniza.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Recipiente
- Horno
- Paño
- Agua
- Fiola
- Cono de absorción y pílón

El procedimiento del ensayo comienza con el tamizado la muestra a través del tamiz N°200, con el objetivo que cumpla con el tamaño requerido, tal como se muestra en la (Fig. 8). A continuación, Se efectúa la prueba para medir la humedad superficial utilizando un cono de absorción reducido, el cual se llena en tres capas. La primera capa será compactada con 10 golpes, al igual que la segunda, mientras que la tercera capa se compactará con 5 golpes (Fig. 9). Posteriormente, se pesa 300 gramos de la muestra tamizada y se vierte en una fiola, completando el volumen restante con agua destilada. Posteriormente, la muestra es colocada en una máquina de eliminación de vacíos y se adiciona agua destilada hasta alcanzar los 500 cm³,

para luego proceder al pesaje (Fig. 11). Finalmente, la ceniza es vertida en un recipiente metálico y se deja en reposo hasta que el material se asiente. Una vez eliminado el exceso de agua, la muestra es introducida en un horno y permanece en su interior durante 24 horas.



Fig. 5. Tamizado Ceniza Volcánica



Fig. 6. Prueba de humedad superficial.

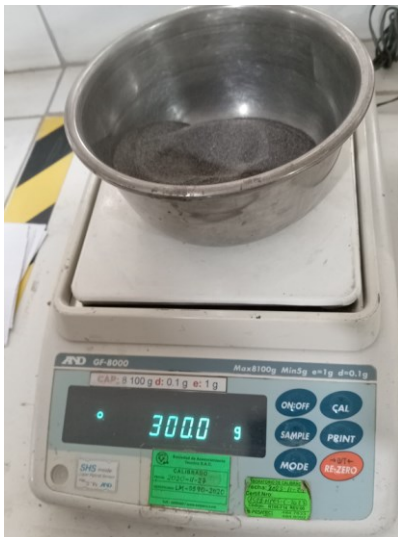


Fig. 7. Peso de la muestra.

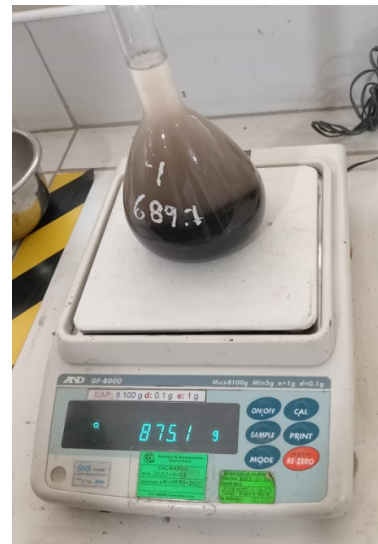


Fig. 8. Peso de la fiola con la muestra

Ensayos para el agregado fino

Ensayo de granulometría para agregado fino

Este procedimiento permitirá identificar la clasificación de los tamaños de partículas en el agregado fino. Asimismo, esta prueba determinará el módulo de fineza y representar la curva.

Equipos de laboratorio:

- Balanza electrónica

- Tamices (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200)
- Recipiente metálico
- Brocha
- Cucharones

El procedimiento del ensayo comienza con el cuarteo de la muestra para uniformizar el material (Fig. 12). A continuación, se pesa la muestra, en este caso, se utilizó una muestra de 502.91 gramos. Se procede a tamizar pasando la muestra por cada uno de los tamices (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200), para luego colocar la muestra en la parte superior de cada tamiz y se agitará para separar la sección más fina. Al término del tamizado, se pesa el material acumulado en cada malla para calcular los porcentajes de retención y peso. Esta información se emplea para construir la curva granulométrica adecuada.



Fig. 9. Cuarteo de la muestra



Fig. 10. Peso del agregado fino.



Fig. 11. Tamices utilizados



Fig. 12. Muestras después del tamizado.

Ensayo de peso específico y absorción

En este ensayo tendremos que cumplir parámetros para considerar el agregado como óptimo para el uso.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Recipiente metálico
- Cono de absorción y pilón
- Horno
- Paño
- Agua
- Fiola

Para este ensayo, se pesará dos muestras las cuales son de 500.81 gr (Fig. 16) y 501.41 gr (Fig. 17) en estado natural, se les deja reposando 24 horas en agua. Una vez haya pasado las 24 horas se extiende en una superficie seca hasta que obtendremos una muestra saturada superficialmente seca, con eso podremos comprobar su condición saturada, para esto usaremos el cono el cual se le llenara en tres partes y se le golpeará 25 veces por cada capa. Luego se retira el cono para ver si la muestra estuvo apta (Fig. 18). Luego vaciamos las muestras en fiolas la cual fueron pesadas anteriormente (Fig. 19), una vez el material este dentro de la fiola, rellenamos con agua y procedemos a agitar hasta que se elimine el aire atrapado, tras lo cual se deja reposar durante 24 horas (Fig. 20). Cuando haya pasado las 24 horas pesaremos la muestra, luego se procede a sacar y ponerle a un recipiente metálico y manteniendo en el horno por un tiempo de 24 horas a una temperatura fija de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Fig. 13. Peso muestra N°01



Fig. 14. Peso muestra N°02



Fig. 15 Ejecución de ensayo

Ensayo de humedad

Este ensayo se llevará a cabo en el agregado fino, ya que es fundamental para determinar su contenido de humedad y así poder calcular la cantidad de agua presente en los agregados.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Recipiente metálico
- Horno
- Pinzas o guantes

Para comenzar con el ensayo se pesará 2 muestras, las cuales en este caso serán de 500.41 gr y 540.90 gr, teniendo en cuenta que se debe quitar el peso del recipiente metálico, luego se tendrá que dejar la muestra por 24 horas en manteniendo la temperatura constante en $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de las 24 horas se retira la muestra y dejaremos enfriar, luego se pesará nuevamente la muestra esto con el fin de calcular el porcentaje de humedad.



Fig. 16 Peso de ambas muestras

Ensayo de peso unitario suelto

Este ensayo es esencial para determinar la densidad del material en estado suelto. Esta información resulta clave para calcular las cantidades relativas en la mezcla de concreto, y para evaluar la calidad del material. Para este ensayo utilizares la NTP 400.017 [39], que nos indicara formulaciones que nos ayudaran a calcular el peso unitario suelto.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Varilla de compactación
- Recipiente metálico
- Molde de probeta cilíndrica
- Cucharón

Para este ensayo primero se pesará la probeta vacía, luego se llena la probeta usando un cucharón, aplicando una caída controlada de no más de 50 mm. Cuando la probeta este llena Se utiliza una varilla para enrasar la superficie y, a continuación, se pesa la probeta junto al agregado.



Fig. 17 Proceso de ensayo de peso unitario

Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino

Con este ensayo se determina el peso unitario compactado del conftillo.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Varilla de compactación
- Recipiente metálico

- Molde de probeta cilíndrica
- Cucharón
- Mazo de goma

El proceso de este ensayo se comienza con pesar la probeta vacía, luego se llena la probeta en tres partes, el material se vierte con un cucharón desde una altura máxima de 50 mm, compactando cada capa con 25 golpes de varilla y 15 golpes adicionales con el mazo de goma (Fig. 28), cuando la probeta este llena se alisa la superficie utilizando una varilla y luego se realiza el pesaje de la probeta con el agregado.



Fig. 18 Peso de probeta vacía y ensayada

Ensayo del contenido de sales solubles

Para este ensayo se detallará un procedimiento estándar para determinar el nivel de sales puede afectar el rendimiento del material en mezclas de concreto con agregado fino.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Agua destilada
- Recipiente metálico
- Embudo
- Botella de vidrio
- Tamiz N°10
- Papel filtro
- Horno

- Vaso de vidrio
- Pipeta
- Paño

Para el proceso de este ensayo se pesa dos muestras de 50 gr (Fig. 30) y 50.05 gr (Fig. 31), la cual paso por el tamiz N°10, la cual se coloca en un recipiente de vidrio, una vez la muestra se encuentre en el frasco de vidrio de le agregara 250 ml de agua en una proporción 1:5, luego se agitará el frasco con la mezcla durante unos 15 a 20 minutos para que las sales se disuelvan en el agua, luego se le dejara reposar por 24 horas. Después de las 24 horas se retira el agua con la pipeta dejando el agregado en el frasco y se pasara el agua retirada por los papeles filtro luego se coloca el agua que quedo después de filtrar en un vaso de vidrio (100 ml) el cual fue pesado con anterioridad, y ese pondrá al horno unas 24 horas. Pasado las 24 horas se retira el vaso de vidrio, se dejará enfriar y luego se pesará para poder sacar los cálculos correspondientes.



Fig. 19 Proceso de sales solubles

Determinación de la descomponer del agregado fino mediante el ensayo de los sulfatos de sodio o sulfato de magnesio

Para este ensayo nos regiremos de la norma NTP 400.016 [40], el cual se utiliza para identificar los agregados que pueden ser susceptibles a daños por exposición a ciclos de congelación-descongelación, humedad-sequedad o ambientes donde se utilizan sales, como en carreteras.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Tamices (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100)
- Horno
- Recipiente metálico
- Sulfato de magnesio
- Brocha
- Cucharones

Para el proceso de este ensayo primero se tendrá que tamizar el agregado fino por los tamices (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100) esto con el fin de obtener 100 gr de cada muestra, luego de tener los pesos se procede a incorporar el sulfato de magnesio y posteriormente se permite el reposo por 24 horas (Fig. 37). Cuando haya pasado las 24 horas se retira el sulfato de magnesio (Fig. 39). Posteriormente, se coloca en un horno mantenido a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 40), esto se realiza para generar la formación de cristales de sales en los poros de los agregados, el cual se repetira por 7 días, luego se lavara la muestra para quitar las impurezas del sulfato de magnesio y se colocara al horno otras 24 horas, después de que el material este seco se procede a tamizar por los tamices (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100) y para terminar el ensayo se pesara las muestras para calcular la pérdida de masa de los agregados, lo que indica su desintegración o deterioro.



Fig. 20 Proceso de durabilidad



Fig. 21 Ejecución de muestras

Ensayos para el agregado grueso

Ensayo de granulometría

Este procedimiento nos permitirá evaluar la repartición de los tamaños de partículas en el agregado grueso. Asimismo, nos permitirá identificar el tamaño máximo, el tamaño máximo nominal y la distribución granulométrica.

Equipos de laboratorio:

- Balanza electrónica
- Tamices (1/2", 3/8", N°04, N°08 y N°16)
- Recipiente metálico
- Brocha
- Cucharones

El ensayo inicia con el cuarteo de la muestra para uniformizar el material. A continuación, se pesó una muestra de 1018.14 gramos. Se procede a tamizar pasando la muestra por cada uno de los tamices (1/2", 3/8", N°04, N°08 y N°16), luego se colocará la muestra en la parte superior de cada tamiz y se agitará para separar la sección más fina. Una vez concluido el tamizado, se lleva a cabo el pesaje del material en cada tamiz para determinar los porcentajes de retención y de paso. Estos resultados se aplican para construir la curva granulométrica y definir el tamaño máximo nominal del material.



Fig. 22. Cuarteo agregado grueso



Fig. 23. Peso de la muestra para el ensayo



Fig. 24. Muestra del tamiz N°04

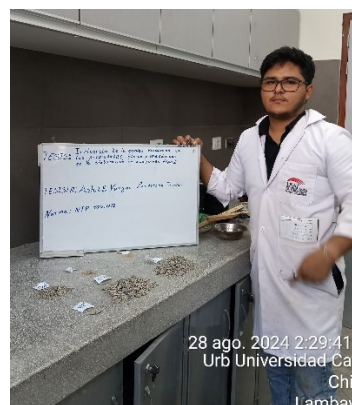


Fig. 25. Ensayo de granulometría

Ensayo peso específico y absorción

El ensayo de densidad aparente, como también se le llama, ayuda a determinar la relación entre el peso del agregado y el espacio que ocupa, siendo fundamental para asegurar su idoneidad en usos constructivos conforme a los estándares establecidos.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Recipiente metálico
- Horno
- Paño
- Agua
- Matraz de Erlenmeyer

En este ensayo, Se pesa una muestra en estado natural, con un peso de 501.59 gr (Fig. 46), utilizando un embudo, se vierte la muestra en el Matraz de Erlenmeyer la cual fueron pesadas anteriormente, una vez el material este dentro del Matraz de Erlenmeyer, rellenamos con agua y procedemos agitar para retirar el aire atrapado y luego se permite que repose por un periodo

de 24 horas. Transcurrido este tiempo, la muestra se pesa nuevamente. Posteriormente, se transfiere a un recipiente metálico. Después, se deja en un horno 1 día completo a una temperatura calibrada de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Al terminar, se saca del horno y se lleva a cabo un nuevo pesaje (figura 48). Finalmente, se efectúan los cálculos conforme los parámetros normados.



Fig. 26. Peso de la muestra



Fig. 27. Peso de la muestra en el Matraz de Erlenmeyer



Fig. 28. Peso de la muestra más la tara

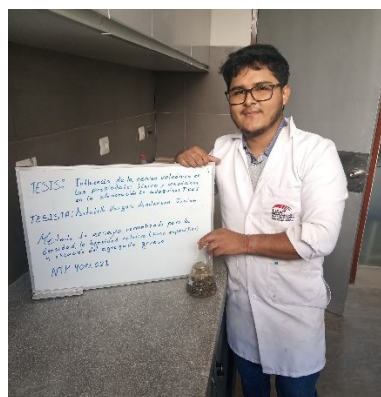


Fig. 29. Ensayo de peso específico y absorción

Ensayo de humedad para agregado grueso

Este análisis es crucial para establecer el contenido de humedad, pues nos permitirá calcular la cantidad de agua presente en los agregados.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Recipiente metálico
- Horno
- Pinzas o guantes

El ensayo comienza con el pesaje de dos muestras, en este caso tienen un peso de 1004.62 gr y 1004.76 gr, teniendo en cuenta que se debe quitar el peso del recipiente metálico. A continuación, se posicionan las muestras en un horno por un periodo de 24 horas con una temperatura regulada de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Tras el periodo de secado, se extraen del horno y se dejan enfriar. Una vez que las muestras se han enfriado, se lleva a cabo un pesaje posterior para calcular el porcentaje de humedad en las muestras.



Fig. 30. Peso de la muestra húmeda N°01



Fig. 31. Peso de la muestra húmeda N°02

Ensayo de peso unitario suelto

Este ensayo es crucial para calcular las proporciones de mezcla en el concreto y evaluar la calidad del material. Este ensayo nos indicara formulaciones que nos ayudaran a calcular el peso unitario suelto del agregado suelto.

Equipos de laboratorio:

- Balanza
- Varilla de compactación
- Recipiente metálico
- Molde de probeta cilíndrica
- Cucharón

Para este ensayo primero se pesará la probeta vacía, Después, se llena la muestra con la ayuda de un cucharón, vertiendo desde una altura que no exceda los 50 mm. Cuando la muestra se encuentra llena. Con la barra, se enrasa la superficie y se procede a pesar la muestra junto con el añadido (Fig. 52).



Fig. 32. Peso de la muestra N°01



Fig. 33. Peso de la muestra N°02

Ensayo de peso unitario compactado

Esta prueba es esencial para medir la densidad del material en estado compactado, información clave para calcular la dosificación de la mezcla en el concreto y la revisión de la calidad del material.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Varilla de compactación
- Molde de probeta cilíndrica
- Cucharón
- Mazo de goma

El proceso de este ensayo se comienza con pesar la probeta vacía, después se divide la probeta en tres secciones con un cucharón, dejándolo caer desde una altura no superior a 50mm. La barra se compacta 25 veces por cada capa y 15 veces con el conjunto de goma. Una vez que la probeta está completa, se enrasa la superficie con la barra. Una vez que la probeta está completa, se realiza el enrasado de la superficie con la barra y, posteriormente, el pesaje de la probeta junto al agregado.



Fig. 34. Peso de la probeta vacía

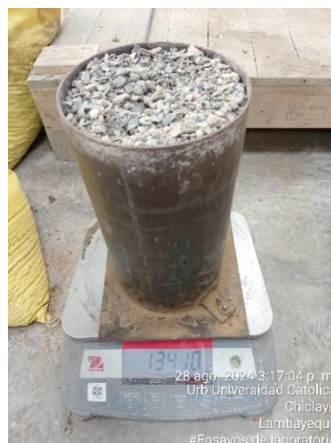


Fig. 35. Peso de la probeta N°01 más el agregado grueso



Fig. 36. Peso de la probeta N°02 más el agregado grueso



Fig. 37. Ensayo de peso unitario compactado

Ensayo para determinar el contenido de sales solubles en el agregado grueso

Se define un procedimiento específico para identificar y cuantificar las sales presentes en el material, evaluando su efecto sobre la durabilidad y resistencia del concreto.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Agua destilada
- Recipiente metálico
- Embudo
- Botella de vidrio
- Tamiz N°04
- Papel filtro

- Horno
- Vaso de vidrio
- Pipeta

Para el proceso de este ensayo se pesa dos muestras de 50.02 gr y 50.06 gr, la cual paso por el tamiz N°10, la cual primero se le golpeará con un martillo para que las partículas se hagan más pequeñas para que no sea más sencillo colocar a recipiente de vidrio (Fig. 60), luego se coloca en un recipiente de vidrio utilizando un embudo (Fig. 61), una vez la muestra se encuentre en el frasco de vidrio de le agregara 250 ml de agua en una proporción 1:5, luego se agitará el frasco con la mezcla durante unos 15 a 20 minutos para que las sales se disuelvan en el agua, luego se le dejara reposar por 24 horas. Después de las 24 horas se retira el agua con la pipeta dejando el agregado en el frasco y se pasara el agua retirada por papel filtro hasta que el agua quede clara luego se coloca el agua que quedo después de filtrar en un vaso de vidrio (100 ml) el cual fue pesado con anterioridad, y ese pondrá al horno unas 24 horas. Pasado las 24 horas se retira el vaso de vidrio, se dejará enfriar y para finalizar se pesará.



Fig. 38. Peso de la muestra N°01



Fig. 39. Peso de la muestra N°02



Fig. 40. Golpeado del agregado



Fig. 41. Vaciado del agregado al recipiente



Fig. 42. Filtrado de la muestra



Fig. 43. Peso del vaso más la mezcla

Ensayo de sulfatos de sodio o sulfato de magnesio para la desintegración del agregado grueso

Para este ensayo se utiliza para identificar los agregados que pueden ser susceptibles a daños por exposición a ciclos de congelación-descongelación, humedad-sequedad o ambientes donde se utilizan sales, como en carreteras.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Tamices (3/8" y N°04)
- Horno
- Recipiente metálico
- Sulfato de magnesio
- Brocha
- Cucharones

El proceso de este ensayo comienza tamizando el agregado por los tamices (3/8" y N°04), después de pasarlo por el tamiz 3/8" se obtiene un peso de 101.61 y por el tamiz obtendremos un peso de 100.47 gr. Una vez determinados los pesos, se añade sulfato de magnesio a la muestra y se permite que repose por 24 horas. Concluido el periodo, se extrae el sulfato de magnesio y la muestra se coloca en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de manera constante, con el propósito de provocar la cristalización de las sales en los poros de los agregados. Este ciclo de inmersión y secado se repite durante 7 días Posteriormente, se lava la muestra para eliminar residuos de sulfato de magnesio, y posteriormente se reintroduce en el horno durante 24 horas, una vez seca, se tamiza nuevamente utilizando los tamices 3/8" y N°04. Finalmente, se pesan las muestras para calcular la pérdida de masa de los agregados, lo que permite evaluar su desintegración o deterioro.



Fig. 44. Peso de la muestra por el tamiz 3/8"



Fig. 45. Peso del tamiz N°04



Fig. 46. Vaciado del sulfato de magnesio



Fig. 47. Colocación de las muestras en el horno



Fig. 48. Muestras después de estar en el horno



Fig. 49. Lavado de las muestras

Ensayo de resistencia al desgaste en agregados gruesos.

La norma NTP 400.019 [41], Facilitará la evaluación de la resistencia al desgaste de los agregados gruesos utilizando la máquina de Los Ángeles.

Equipos de laboratorio:

- Balanza de precisión
- Máquina de los ángeles
- Tamices
- Bandeja metálica
- Carga: esfera de acero con diámetro de 46.8 mm y con masa de 390g y 445g.

El procedimiento comienza con el pesaje de 5000 gr de agregado grueso (Fig. 70), Una vez pesado, el material es introducido en la máquina de Los Ángeles, cuya velocidad de rotación varía entre 30 y 33 revoluciones por minuto, finalizando un total de 500 revoluciones (Fig. 71). Al concluir, el material se extrae de la máquina y se sitúa en un recipiente de metal. Luego, se realiza la separación y pesaje de la muestra, con la finalidad de calcular la pérdida de material producida por el ensayo realizado en la máquina de Los Ángeles.



Fig. 50. Peso de la muestra



Fig. 51. Revoluciones de la máquina de los Ángeles



Fig. 52. Peso retenido en el Tamiz N°04 después del ensayo



Fig. 53. Peso sobrante después del ensayo

Método de diseño de mezcla ACI 211.1

La obtención de resultados provenientes de los ensayos a los agregados constituye un requisito esencial previo al diseño de mezcla, ya que estos parámetros determinan la calidad y el comportamiento (Ver TABLA XIX).

TABLA XIX
RESULTADOS DE AGREGADOS

Datos:	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Seco Suelto:	1610.67	1342.37
Peso unitario Seco Compactado:	1761.13	1494.65
Peso específico de Masa:	2.57	2.41
Porcentaje de Absorción:	0.98	0.90
Contenido de Humedad:	0.87	0.50
Módulo de Fineza:	2.85	-----
Tamaño Máximo Nominal (TMN):	-----	3/8"

Con base en los datos obtenidos, se procederá al cálculo del diseño de mezcla orientado a alcanzar una resistencia especificada de 320 kg/cm², determinando las proporciones óptimas de los materiales. Se adoptará una relación agua/cemento de 0.425[30].

Ensayos al concreto fresco

Ensayo de asentamiento (slump)

Se realizará un ensayo de asentamiento con el objetivo de establecer la consistencia del hormigón en su estado fresco. Este método implica determinar la altura del hormigón después de retirar el cono de Abrams, teniendo en consideración la NTP 339.035:2015 [32].

Equipos de laboratorio:

- Cono de abrams
- Varilla de compactación
- Base de soporte
- Regla o cinta métrica
- Cucharón
- Trompo

El procedimiento comienza pesando los materiales de acuerdo con el diseño de mezcla. A continuación, el trompo se humedece previamente para prevenir la absorción de agua de la mezcla. Seguidamente, se añaden los agregados con sus respectivos pesos y se mezclan durante aproximadamente 5 minutos para homogeneizarlos. Posteriormente, se agrega el agua mientras se incorpora el cemento, manteniendo el trompo en funcionamiento durante 5 a 8 minutos. Luego, se impregna el cono de Abrams, la barra y el cucharón con agua. Se distribuye la mezcla en tres capas dentro del cono, aplicando 25 impactos uniformes con la barra a cada capa. Al concluir, se sujeta la superficie superior del cono con la barra y se extrae con delicadeza el molde., colocándolo al costado de la mezcla. Finalmente, se posiciona la varilla sobre el molde (Fig. 74) y se medirá cuanto de asentamiento se obtuvo.



Fig. 54. Medida del slump patrón



Fig. 55. Ensayo de asentamiento

Ensayo para determinar la temperatura del concreto

La norma ASTM C1064/C1064M [34], detalla el procedimiento con el objetivo de alcanzar una medición confiable de la temperatura al momento de realizar la mezcla.

Equipos de laboratorio:

- Dispositivo para medir la temperatura

- Recipiente

Como primer paso deberemos tener la mezcla ya vaciada en una probeta, luego debemos insertar el dispositivo de medición en el concreto a una profundidad mínima de 3 pulgadas y tenemos que asegurarnos que se encuentre rodeado de la mezcla completamente. Se le debe dejar sumergido por unos 3 a 5 minutos para que la lectura sea correcta, luego registraremos la medida con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, la cual nos da una lectura de 22.50°C (Fig. 76)



Fig. 56. Temperatura de la mezcla.

Ensayo estándar para el contenido de aire de la mezcla fresca mediante el método por presión

Teniendo en cuenta la norma ASTM C231-14 [35], la cual nos indica el procedimiento y parámetros para el ensayo.

Equipos de laboratorio:

- Aparato de medición de contenido de aire por presión
- Varilla de compactación
- Recipiente metálico
- Mazo de goma
- Agua
- Frasco pipeta
- Manómetro de presión

Para empezar con el ensayo deberemos tener la mezcla fresca la cual se coloca en el recipiente, el material se distribuye en tres sucesos cada una con 25 impactos de la varilla y se

aplica 15 golpes del martillo de goma, luego se tendrá que enrasar la superficie para eliminar el exceso de mezcla, también se limpiará el borde para que la tapa de del aparato de medición pueda cerrarse sin dificultad (Fig. 77), luego se agrega una pequeña cantidad de agua a en los orificios de la tapa del aparato de medición, se aplicara presión al recipiente usando el manómetro esto para que mientras aumenta la presión el volumen de aire en el concreto disminuya, una vez la presión se haya estabilizado se tomara la lectura del manómetro, el cual nos indicara el porcentaje de aire el cual nos da una lectura de 2.9% (Fig. 79).



Fig. 57. Enrasado de la mezcla en el recipiente.



Fig. 58. Aparato de medición de contenido de aire por presión



Fig. 59. Lectura del manómetro



Fig. 60. Ensayo de contenido de aire en el concreto

Elaboración de muestras

Para elaborar los adoquines debemos tener en consideración que el molde tenga las medidas adecuadas, también la dosificación adecuada.

Equipos de laboratorio:

- Molde de medidas 20x10x6 cm
- Mesa vibro compactadora
- Olla de mezclado
- Agregados
- Cemento Tipo I
- Cucharón
- Desmoldante

Primero tenemos que limpiar bien el molde con abundante agua, luego tendremos que poner desmoldante al molde para que no afecte el resultado final de los adoquines, pondremos una madera de 80 cm x 60 cm el cual servirá de base para el retiro de los adoquines. Una vez listo el equipo y el molde procedemos a pesar los materiales de acuerdo al diseño de mezcla teniendo nuestras proporciones de 1:1.16:0.88, luego agregaremos los materiales a la olla de mezclado para esto tendremos que primero vaciar los agregados y dejar que se mezclen por unos 2 a 3 minutos (Fig. 81), luego vertimos una pequeña cantidad de agua y dejamos que se mezclen por unos 2 minutos, luego vaciamos el cemento y para finalizar el agua restante dejaremos que se mezclen de manera homogénea por unos 5 minutos, vaciaremos la mezcla en la carretilla y llevamos hacia la máquina vibro compactadora para su posterior llenado en el molde (Fig. 83), luego se hará un vibrado por unos 5 segundos con el fin de que el material se asiente, luego aplicaremos la carga y también vibrado por unos 10 segundos para que se compacte de manera homogénea, luego retiramos las muestras vibradas y compactadas para su fraguado y después de 24 horas iniciar el proceso de curado.



Fig. 61. Mezcla de los agregados en la Olla de mezclado



Fig. 62. Vaciado de los materiales



Fig. 63. Transporte de la mezcla fresca



Fig. 64. Vaciado de la mezcla a la maquina Vibro compactadora



Fig. 65. Resultado final de los adoquines frescos



Fig. 66. Adoquines después de 24 horas de elaboración

Ensayos a los adoquines

Tolerancia dimensional (Tabla III)

Teniendo en cuenta la norma NTP 399.611[17], la cual nos indica el procedimiento y parámetros para el ensayo.

Equipos de laboratorio:

- Bernier
- Regla metálica

Como primer paso tendremos que medir cada adoquín (Fig. 87), teniendo en cuenta su largo, ancho y espesor, luego procedemos a calcular su tolerancia dimensional.

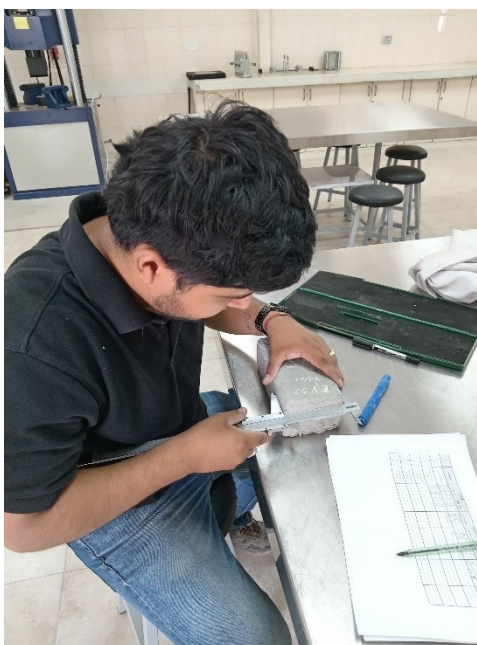


Fig. 67. Medición de adoquines

Resistencia a la compresión

Se aplicará la norma NTP 399.611 como base para la realización de este ensayo [17], la cual nos establece la resistencia promedio para los adoquines Tipo I.

Equipos de laboratorio:

- Máquina de compresión
- Placas de metal

Para este ensayo lo realizaremos a los 7, 14 y 28 días de curado, primero tendremos que retirar la muestra y dejarlo secar, luego pondremos la muestra en la maquina (Fig. 86), se procede a realizar el ensayo, una vez el ensayo se realice se tendrá que registrar los datos.



Fig. 68. Colocación de la muestra a la máquina de compresión



Fig. 69. Muestra con las placas metálicas



Fig. 70. Muestra después de ensayo



Fig. 71. Ensayo de Resistencia a la compresión

Resistencia a la flexión

Para realizar este ensayo debemos de tener en consideración la norma ITINTEC 339.124 [42].

Equipos de laboratorio:

- Máquina de ensayo de flexión
- Soportes de ambos extremos
- Barra metálica

Para este ensayo lo realizaremos a los 7, 14 y 28 días de curado, primero tendremos que retirar la muestra y dejarlo secar, luego ajustaremos el soporte teniendo en cuenta que deben estar a una pulgada en cada extremo de la muestra, luego colcaremos a la máquina de flexión,

la cual debe tener una barra metálica en el medio para realizar el ensayo, después de realizar el ensayo tomaremos la carga que fue aplicada antes de la ruptura.



Fig. 72. Colocación de los adoquines en la máquina de flexión



Fig. 73. Muestras después del ensayo de flexión



Fig. 74. Muestras después de 14 días

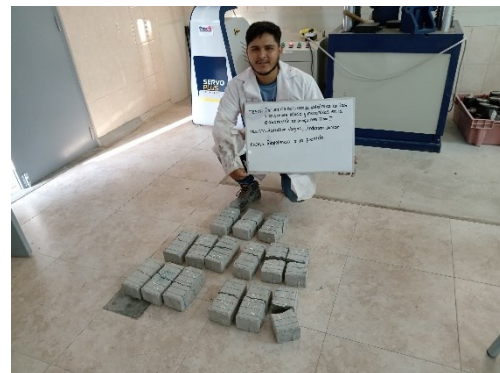


Fig. 75. Ensayo: resistencia a la flexión

Ensayo de absorción

Equipos de laboratorio:

- Horno

El proceso inicia con el pesaje de la muestra previo a su introducción en el horno. Una vez pesada, el cual se somete al horno a una temperatura fija de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un total de 24 horas (Fig. 97). Tras este periodo, se sacan las muestras del horno y se dejan enfriar durante alrededor de 30 a 40 minutos para llevar a cabo un nuevo pesaje. Luego, las muestras se sumergen totalmente en agua mantenida a temperatura ambiente durante un lapso de 24 horas a temperatura ambiente (Fig. 98). Finalizado este periodo, se vuelven a pesar y se introducen nuevamente en el horno por otras 24 horas (Fig. 99). Al concluir el secado, las muestras se sacan del horno, se enfrían y se pesan de nuevo para determinar su capacidad de absorción.



Fig. 76. Peso de la muestra patrón



Fig. 77. Muestras en el horno



Fig. 78. Muestras sumergidas al agua



Fig. 79. Colocación de las muestras en el horno.

Ensayo de resistencia a la abrasión

Este ensayo se centra en determinar la durabilidad del concreto en situaciones donde estará sometida a desgaste, esto teniendo como referencia la norma ASTM C944 [19].

Equipos de laboratorio:

- Dispositivo abrasivo rotatorio
- Disco abrasivo
- Cepillo de cerdas
- Calibrador
- Balanza de precisión
- Cronómetro

Como primer paso se tendrá que pesar la muestra (Fig. 100), la cual debe estar limpio y pulido en la parte superior, se colocara la muestra en el taladro de columna con un mandril

capaz de sostener y rotar el cortador abrasivo (Fig. 101), el cual debe tener una velocidad de 200r/min, aplicando una carga constante, se mantendrá en contacto con la muestra durante 2 minutos, luego de que pase los 2 minutos se limpiará la superficie y se pesará la muestra (Fig. 102), este paso se repetirá tres veces, luego se calculara la pérdida por abrasión.



Fig. 80. Peso de la muestra antes del ensayo.



Fig. 81. Máquina de abrasión para adoquines



Fig. 82. Peso de la muestra después del ensayo.



Fig. 83. Ensayo de abrasión

Ensayo de Módulo de elasticidad

Siguiendo la norma ASTM C469 [21], Describe el método estándar empleado para calcular el módulo de elasticidad y la relación de Poisson.

Equipos de laboratorio:

- Probetas cilíndricas de concreto
- Máquina de compresión
- Extensómetros longitudinales
- Extensómetros transversales
- Dispositivos de Medición de Desplazamiento

Como primer paso se tendrá que elaborar probetas de concreto la cual tendrán dimensiones de 15 x 30 cm, las cuales se dejará curar la muestras por 28 días conforme a la norma ASTM C192, luego se pondrá el compresómetro y sensores para colocar a la máquina de compresión.



Fig. 84. Elaboración de probetas.



Fig. 85. Instalación de compresómetro



Fig. 86. Instalación de sensores



Fig. 87. Ensayo de módulo de elasticidad

Resultados

Resultados de la composición química de la ceniza volcánica

TABLA XX
COMPOSICIÓN QUIMICA DE LA CENIZA VOLCÁNICA

COMPOSICION QUIMICA	UNIDADES	RESULTADOS	METODO UTILIZADO
SILICIO (SiO ₂)	%	44.1	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	%	26.5	
CALCIO (CaO)	%	14.7	
SODIO (Na ₂ O)	%	11.1	
MAGNESIO (MgO)	%	9.1	
NIQUEL	ppm	190	
CROMO	ppm	62.1	
PLOMO	ppm	20.5	
HIERRO	ppm	17.8	
CINC	ppm	9.8	
COBRE	ppm	4.2	

Fuente: Laboratorio FQA PERÚ S.A.C

Ensayo de peso específico y absorción de ceniza volcánica

TABLA XXI
DATOS DEL ENSAYO SOBRE EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

DATOS DEL ENSAYO				
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (g)	300.0	300.0	
B	Peso Frasco + agua (g)	689.7	691.4	
C	Peso Frasco + agua + A (g)	989.7	991.4	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	875.1	876.6	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (g)	114.6	114.8	
F	Pe. Dc Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	299.5	299.51	
G	Vol de masa = E - (A - F) (g)	114.1	114.3	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.613	2.609	2.611
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.618	2.613	2.616
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.625	2.620	2.623
	Absorción = ((A - F)/F)*100 (%)	0.167	0.164	0.17%

Fuente: Laboratorio EMP ASFALTOS

Ensayos para el agregado fino

Ensayo de granulometría para agregado fino

El material fino satisface los requisitos de la norma, presentando un módulo de finesa de 2.855, por ende, se encuentra dentro de los rangos estandarizados.

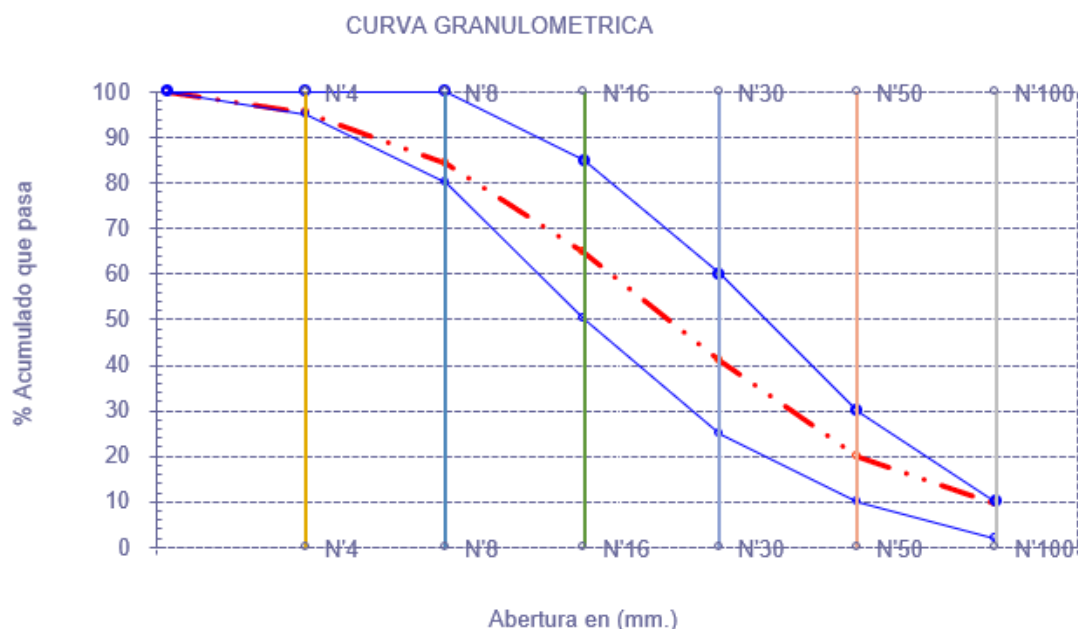


Gráfico 3. Curva granulométrica del agregado fino

Ensayo de peso específico y absorción agregado fino

Los resultados del ensayo de peso específico indican un peso específico de masa de 2.569 gr/cm³ y un porcentaje de absorción del 0.98%, cumpliendo con los requisitos de la norma.

TABLA XXII

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL A. F.

A.- P.E. DE MASA	(g/cm ³)	2.569
B.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.98

Ensayo de humedad de agregado fino.

Una vez realizado esta prueba, determina que el contenido de humedad para el material fino fue 0.87%, encontrándose óptimo.

TABLA XXIII

CONTENIDO DE HUMEDA AGREGADO FINO

A.- Humedad (promedio)	(%)	0.87
------------------------	-----	-------------

Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Los resultados obtenidos fueron 1611 kg/m³ para el peso unitario suelto y 1761 kg/m³ para el peso unitario compactado, valores que se ajustan a los requisitos de la norma NTP 400.017 [39].

TABLA XXIV
PESO UNITARIO SUELTO Y CAMPACTADO

A.- Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1611
B.- Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1761

Ensayo para determinar el contenido de sales solubles en el agregado fino

A continuación, se muestra el resultado del ensayo el cual se obtuvo una muestra representativa el cual se obtuvo un 0.10 % y 1049.48 de ppm, por lo tanto eso nos dice que está dentro de lo establecido por la normativa NTP 339.152[43].

TABLA XXV
RESULTADOS ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES

A.- Contenido de sales solubles	(%)	0.10
B.- Contenido de sales solubles	(ppm)	1049.48

Ensayo para la determinación de la desintegración del agregado fino mediante el método de sulfatos de sodio o sulfatos de magnesio.

A continuación, se muestra el resultado del ensayo el cual se obtuvo una muestra representativa el cual se obtuvo un 8.76 %, por lo tanto eso nos dice que está dentro de lo establecido por la normativa NTP 400.016 [40].

TABLA XXVI
RESULTADOS DE ENSAYO DE SULFATOS DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO

A.- Desgaste Total	(%)	8.76
--------------------	-----	-------------

Ensayos para el agregado grueso

Ensayo de granulometría para agregado grueso

Cumpliendo con los requisitos de la norma NTP 400.012 [29], el agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/8" y un tamaño máximo de 1/2". De igual forma, la curva granulométrica cumple con los parámetros indicados.

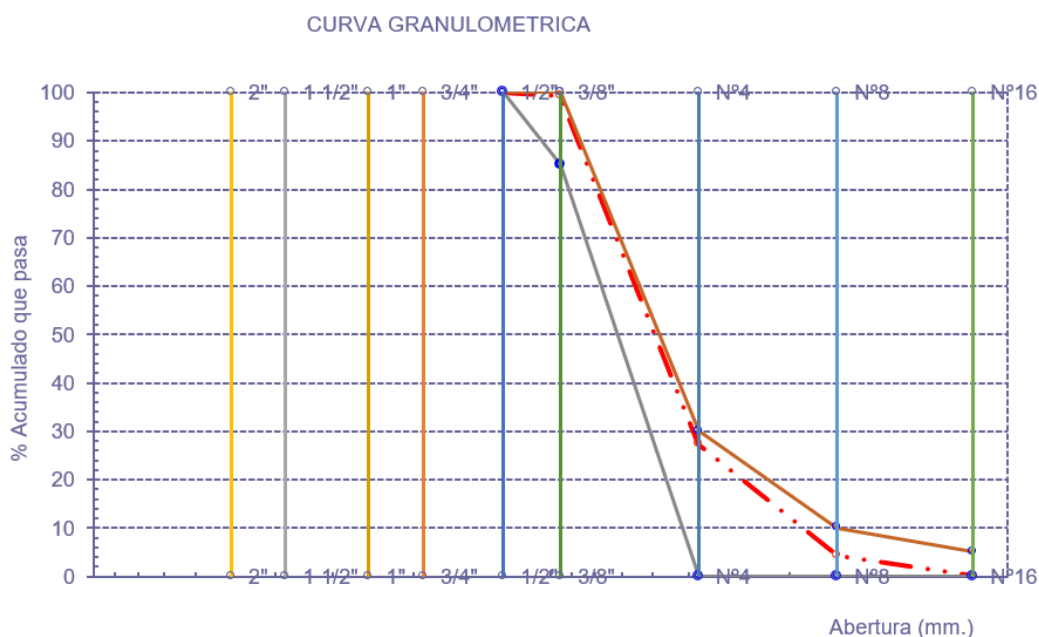


Gráfico 4. Curva granulométrica del agregado grueso

Ensayo de peso específico y absorción agregado grueso

Los datos obtenidos en el ensayo de peso específico muestran un peso específico de masa de 2.414 g/cm³ y un porcentaje de absorción del 0.90%, conforme a la norma NTP 400.021 [44].

TABLA XXVII

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

A.- P.E. DE MASA	(g/cm ³)	2.414
B.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.90

Ensayo de humedad para agregado grueso

El agregado grueso tendrá un contenido de humedad de 0.50% el cual está dentro de lo requerido por la normativa establecida.

TABLA XXVIII
% HUMEDA AGREGADO GRUESO

A.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.50
-------------------------------------	-----	-------------

Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

A continuación, se presentan los resultados obtenidos: el peso unitario suelto es de 1611 kg/m³ y el peso unitario compactado es de 1761 kg/m³, cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma NTP 400.017 [39].

TABLA XXIX
PESO UNITARIO SUELTO Y CAMPACTADO AGREGADO GRUESO

A.- P.U. suelto seco	(kg/m ³)	1342
B.- Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1495

Ensayo para determinar el contenido de sales solubles en el agregado grueso

A continuación, se presenta el resultado del ensayo, en el cual se obtuvo una muestra representativa con un valor de 0.09% y 899.28 ppm. Estos resultados indican que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa NTP 339.152[43].

TABLA XXX
RESULTADOS ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES

A.- Contenido de sales solubles	(%)	0.09
B.- Contenido de sales solubles	(ppm)	899.28

Ensayo de resistencia al desgaste en agregados gruesos

Para este ensayo nos regiremos de la NTP 400.019 [46], la cual nos dice que el desgaste por agregados no debe superar el 50% de la masa inicial, para este ensayo se usó 5000gr y se recuperó 3023.22 gr, esto nos da como resultado que se perdió un 39.54%.

TABLA XXXI
RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

A.- Porcentaje de desgaste	(%)	39.54
----------------------------	-----	--------------

Ensayo para la determinación de la desintegración del agregado grueso mediante el método de sulfatos de sodio o sulfatos de magnesio

A continuación, se muestra el resultado del ensayo el cual se obtuvo una muestra representativa el cual se obtuvo un 9.54 %, por lo tanto eso nos dice que está dentro de lo establecido por la normativa NTP 400.016 [40].

TABLA XXXII
RESULTADOS DE ENSAYO DE SULFATOS DE SODIO

A.- Desgaste Total	(%)	9.54
--------------------	-----	-------------

Diseño de mezcla ACI 211.1

Siguiendo los parámetros de norma ACI 211.1[30], se presenta la dosificación del diseño de mezcla.

TABLA XXXIII
PROPORCIONES DE DISEÑO DE MEZCLA

Descripción	Cemento	Arena	Confitillo	Agua	Ceniza volcánica
Muestra Patrón	1	1.16	0.88	18.06	0.00
5 % de ceniza Volcánica	0.98	1.16	0.88	18.06	0.02
15 % de ceniza Volcánica	0.94	1.16	0.88	18.06	0.06
25 % de ceniza Volcánica	0.90	1.16	0.88	18.06	0.10
35 % de ceniza Volcánica	0.87	1.16	0.88	18.06	0.13

TABLA XXXIV
DOSIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR VOLUMEN

Descripción	Cemento	Arena	Grava	Agua	Ceniza volcánica
Muestra Patrón	1	1.08	0.98	18.06	0.00
5 % de ceniza Volcánica	0.98	1.08	0.98	18.06	0.02
15 % de ceniza Volcánica	0.94	1.08	0.98	18.06	0.06
25 % de ceniza Volcánica	0.90	1.08	0.98	18.06	0.10
35 % de ceniza Volcánica	0.87	1.08	0.98	18.06	0.13

Ensayos al concreto fresco

Ensayo de asentamiento (slump)

Cuando se tenga el diseño óptimo se procede a realizar el slump a cada muestra obtenida.

TABLA XXXV
ENSAYO DE ASENTAMIENTO SLUMP

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Slump (in)
Muestra Patrón	1"
5 % de ceniza Volcánica	0.9 "
15 % de ceniza Volcánica	1.1"
25 % de ceniza Volcánica	1.2"
35 % de ceniza Volcánica	1.2"

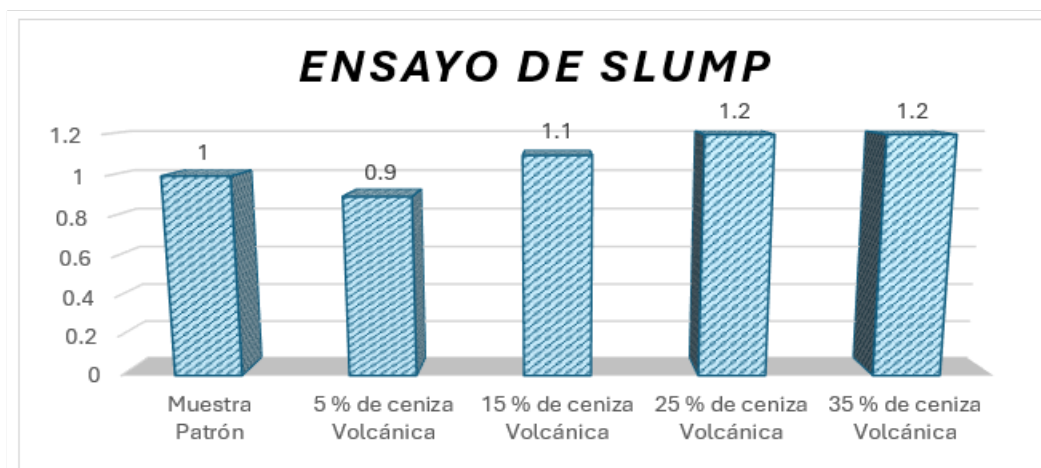


Gráfico 5. Grafica de ensayo de asentamiento

Ensayo para determinar la temperatura del concreto

Así mismo para la temperatura se comparó con los diferentes porcentajes de reemplazo de ceniza volcánica.

TABLA XXXVI
TEMPERATURA AL CONCRETO FRESCO

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Temperatura (°C)
Muestra Patrón	22.5
5 % de ceniza Volcánica	22.5
15 % de ceniza Volcánica	24.6
25 % de ceniza Volcánica	22.2
35 % de ceniza Volcánica	22.1

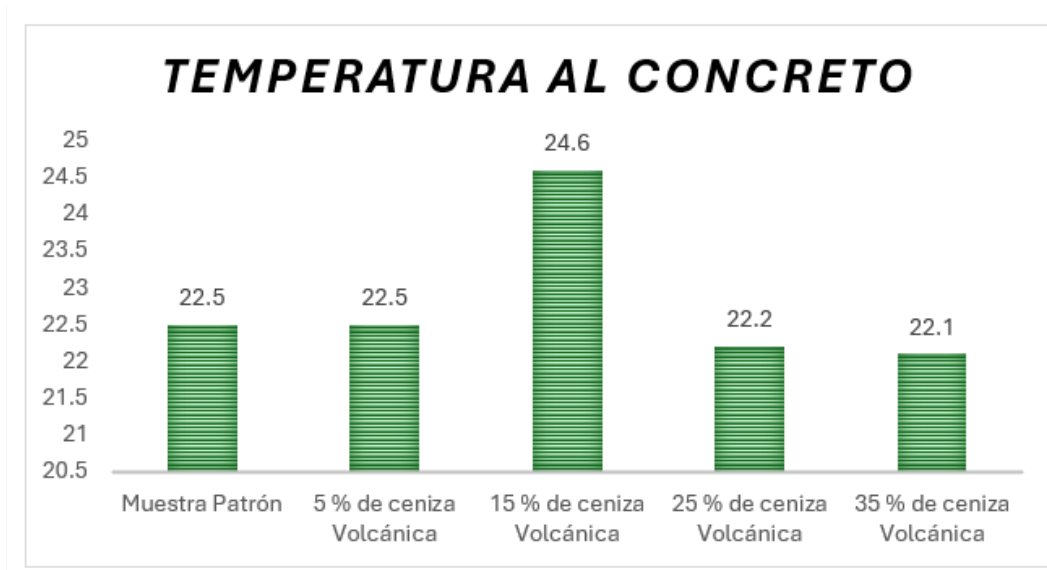


Gráfico 6. Grafica de temperatura del concreto

Ensayo estándar para el contenido de aire de la mezcla fresca mediante el método por presión.

El menor porcentaje de aire se registró con el 25% de ceniza volcánica, según los resultados obtenidos al comparar el contenido de aire en los diferentes porcentajes de adición.

TABLA XXXVII
CONTENIDO DE AIRE

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Aire atrapado (%)
Muestra Patrón	3
5 % de ceniza Volcánica	3
15 % de ceniza Volcánica	2.9
25 % de ceniza Volcánica	2.7
35 % de ceniza Volcánica	2.8

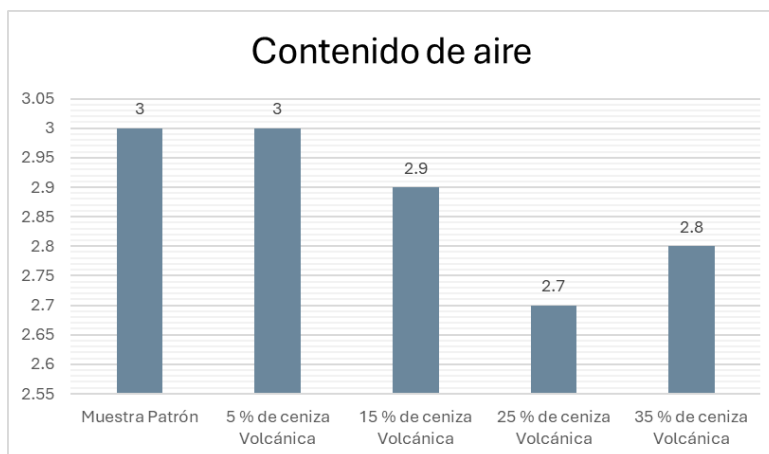


Gráfico 7. Grafica de ensayo para el contenido de aire

Ensayos a los adoquines

Tolerancia dimensional

Se tomo las medidas a cada uno de los adoquines para cada ensayo que se realizó, cuyo resultado es favorable.

TABLA XXXVIII

TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA 7
DÍAS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	7	Cumple	Cumple	Cumple
2		7	Cumple	Cumple	Cumple
3		7	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
5		7	Cumple	Cumple	Cumple
6		7	Cumple	No Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
8		7	Cumple	Cumple	Cumple
9		7	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
11		7	Cumple	No Cumple	Cumple
12		7	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
14		7	Cumple	Cumple	Cumple
15		7	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XXXIX

TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA 14
DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	14	Cumple	Cumple	Cumple
2		14	Cumple	Cumple	Cumple
3		14	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
5		14	Cumple	Cumple	Cumple
6		14	No Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
8		14	Cumple	Cumple	Cumple
9		14	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
11		14	Cumple	Cumple	Cumple
12		14	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
14		14	Cumple	Cumple	Cumple
15		14	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XL

TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA COMPRESIÓN PARA 28 DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
5		28	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XLI

TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA FLEXIÓN PARA 7 DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	7	Cumple	Cumple	Cumple
2		7	Cumple	Cumple	Cumple
3		7	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
5		7	Cumple	Cumple	Cumple
6		7	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
8		7	Cumple	Cumple	Cumple
9		7	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	Cumple	Cumple
11		7	Cumple	Cumple	Cumple
12		7	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	7	Cumple	No Cumple	Cumple
14		7	Cumple	Cumple	Cumple
15		7	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XLII

TOLERANCIA DIMENSIONAL- FLEXIÓN PARA 14 DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	14	Cumple	Cumple	Cumple
2		14	Cumple	Cumple	Cumple
3		14	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
5		14	Cumple	Cumple	Cumple
6		14	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
8		14	Cumple	Cumple	Cumple
9		14	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
11		14	Cumple	Cumple	Cumple
12		14	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	14	Cumple	Cumple	Cumple
14		14	Cumple	Cumple	Cumple
15		14	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XLIII

TOLERANCIA DIMENSIONAL A LA FLEXIÓN PARA 28 DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	No Cumple	Cumple	Cumple
5		28	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	Cumple	No Cumple	Cumple
9		28	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XLIV

ABSORCIÓN PARA 28 DÍAS

N ^o	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	Cumple	No Cumple	Cumple
3		28	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	No Cumple	Cumple	Cumple
5		28	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA XLV

TOLERANCIA DIMENSIONAL PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN PARA 28 DÍAS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	VERIFICACIÓN		
			Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
5		28	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	Cumple	Cumple	Cumple

Resistencia a la compresión

El promedio obtenido de la muestra patrón, esto para 7, 14 y 28 días, el cual se tiene una resistencia favorable desde los 7 días con el 103.95%.

TABLA XLVI

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

N°	Muestra	FECHA		EDAD (Días)	f'c Promedio (kg/cm ²)	% f'c Promedio
		VACIADO	ROTURA			
1	Muestra Patrón	4/10/2024	11/10/2024	7	253.14	79.11
2		4/10/2024	11/10/2024			
3		4/10/2024	11/10/2024			
4	Muestra Patrón	4/10/2024	18/10/2024	14	332.65	103.95
5		4/10/2024	18/10/2024			
6		4/10/2024	18/10/2024			
7	Muestra Patrón	4/10/2024	4/11/2024	28	405.54	126.73
8		4/10/2024	4/11/2024			
9		4/10/2024	4/11/2024			

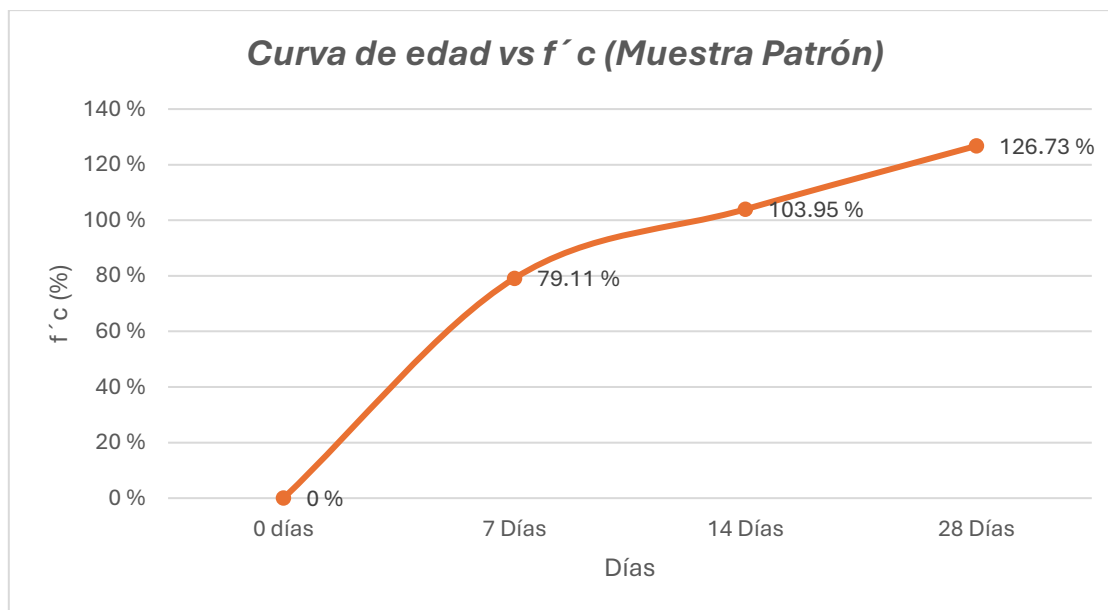


Gráfico 8. Grafica curva de edad vs $f'c$ (muestra patrón)

Se muestra el promedio obtenido de la muestra con ceniza volcánica del 5%, esto para 7, 14 y 28 días.

TABLA XLVII

MUESTRA CON EL 5 % DE CENIZA VOLCÁNICA

N°	Muestra	FECHA		EDAD (Días)	$f'c$ Promedio (kg/cm ²)	% $f'c$ Promedio
		VACIADO	ROTURA			
1	5 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	11/10/2024	7	228.06	71.27
2		4/10/2024	11/10/2024			
3		4/10/2024	11/10/2024			
4	5 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	18/10/2024	14	323.74	101.17
5		4/10/2024	18/10/2024			
6		4/10/2024	18/10/2024			
7	5 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	4/11/2024	28	437.31	136.66
8		4/10/2024	4/11/2024			
9		4/10/2024	4/11/2024			

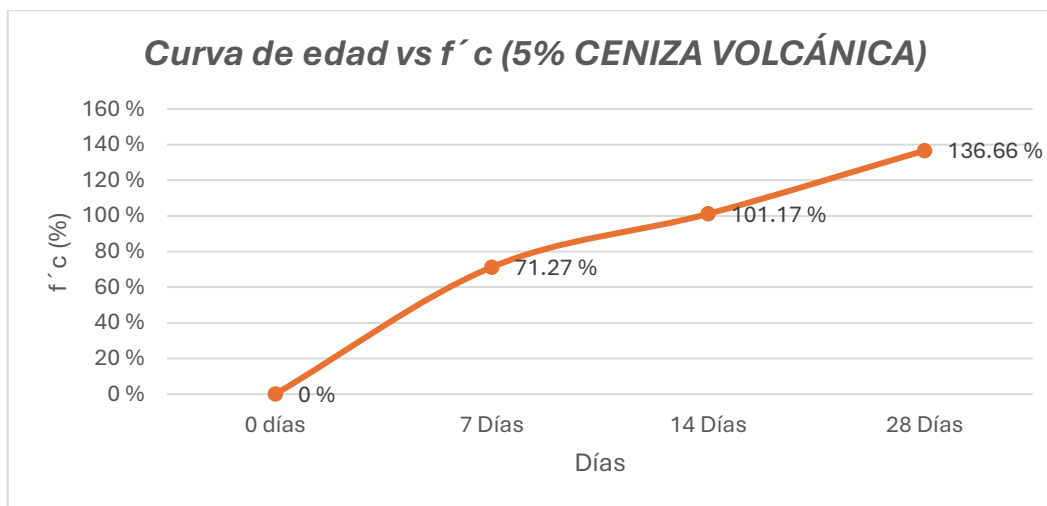


Gráfico 9. Grafica curva de edad vs $f'c$ (5% Ceniza volcánica)

En la TABLA XLV, se muestra la resistencia a la compresión promedio obtenido de la muestra con ceniza volcánica del 15%, esto para 7, 14 y 28 días.

TABLA XLVIII

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA CON EL 15 % DE CENIZA VOLCÁNICA

N°	Muestra	FECHA		EDAD (Días)	$f'c$ Promedio (kg/cm ²)	% $f'c$ Promedio
		VACIADO	ROTURA			
1	15 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	11/10/2024	7	240.87	75.27
2		4/10/2024	11/10/2024			
3		4/10/2024	11/10/2024			
4	15 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	18/10/2024	14	349.64	109.26
5		4/10/2024	18/10/2024			
6		4/10/2024	18/10/2024			
7	15 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	4/11/2024	28	425.26	132.89
8		4/10/2024	4/11/2024			
9		4/10/2024	4/11/2024			

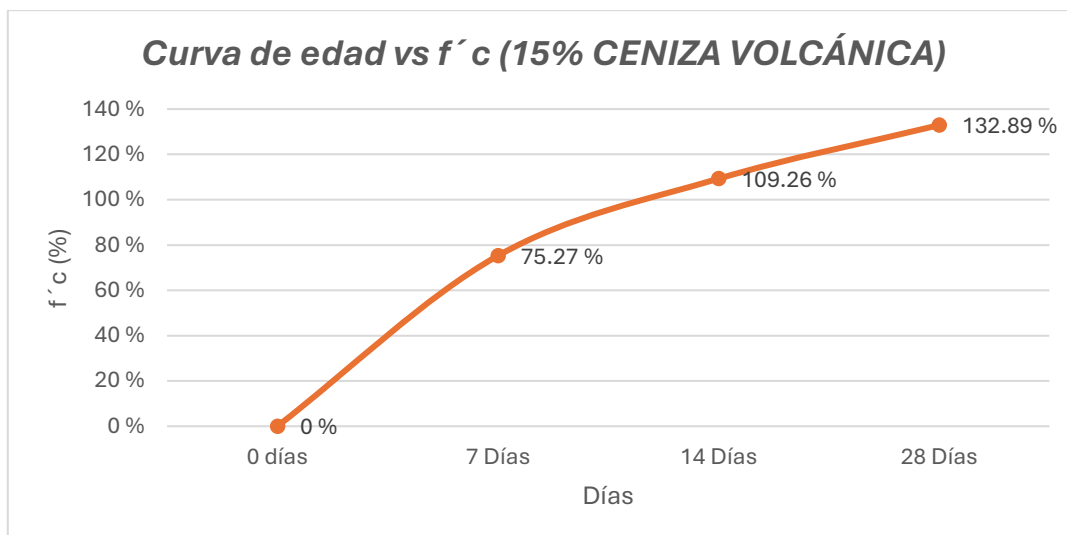


Gráfico 10. Grafica curva de edad vs f'c (15% Ceniza volcánica)

En este caso el promedio obtenido de la muestra con ceniza volcánica del 25%, esto para 7, 14 y 28 días.

TABLA XLIX
MUESTRA CON EL 25 % DE CENIZA VOLCÁNICA

N°	Muestra	FECHA		EDAD (Días)	f'c Promedio (kg/cm ²)	% f'c Promedio
		VACIADO	ROTURA			
1	25 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	11/10/2024	7	226.69	70.84
2		4/10/2024	11/10/2024			
3		4/10/2024	11/10/2024			
4	25 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	18/10/2024	14	305.48	95.46
5		4/10/2024	18/10/2024			
6		4/10/2024	18/10/2024			
7	25 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	4/11/2024	28	375.05	117.20
8		4/10/2024	4/11/2024			
9		4/10/2024	4/11/2024			

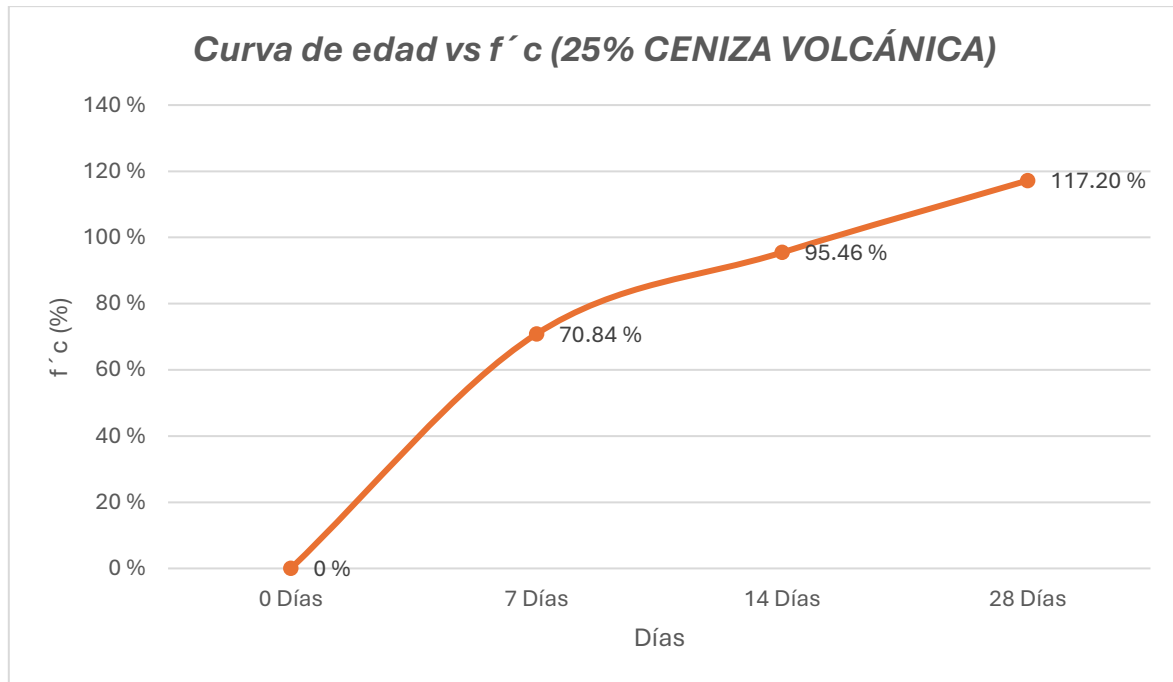


Gráfico 11. Grafica curva de edad vs $f'c$ (25% Ceniza volcánica)

Resultado obtenido de la muestra con ceniza volcánica del 35%, esto para 7, 14 y 28 días.

TABLA L

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA CON EL 35 % DE CENIZA VOLCÁNICA

N°	Muestra	FECHA		EDAD (Días)	$f'c$ Promedio (kg/cm ²)	% $f'c$ Promedio
		VACIADO	ROTURA			
1	35 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	11/10/2024	7	209.64	65.51
2		4/10/2024	11/10/2024			
3		4/10/2024	11/10/2024			
4	35 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	18/10/2024	14	287.42	89.82
5		4/10/2024	18/10/2024			
6		4/10/2024	18/10/2024			
7	35 % de ceniza Volcánica	4/10/2024	4/11/2024	28	327.39	102.31
8		4/10/2024	4/11/2024			
9		4/10/2024	4/11/2024			

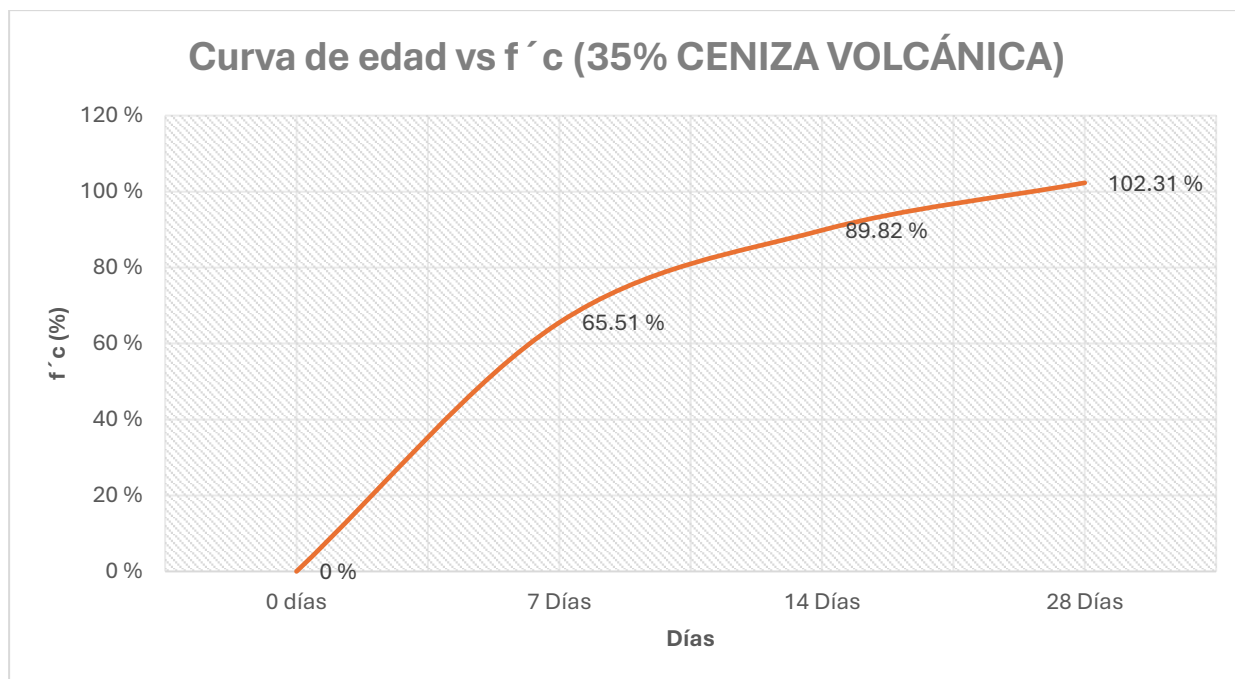


Gráfico 12. Grafica curva de edad vs $f'c$ (35% Ceniza volcánica)

Obteniendo esto para 7, 14 y 28 días, la cual nos da un aumento de resistencia en el reemplazo de 5% y 15 % de ceniza volcánica.

TABLA LI
PROMEDIO DE MUESTRAS

Dias	MUESTRA PATRÓN	5%	15%	25%	35%
	% $f'c$ Promedio				
7	79 %	71 %	75 %	71 %	66 %
14	104 %	101 %	109 %	95 %	90 %
28	127 %	137 %	133 %	117 %	102 %

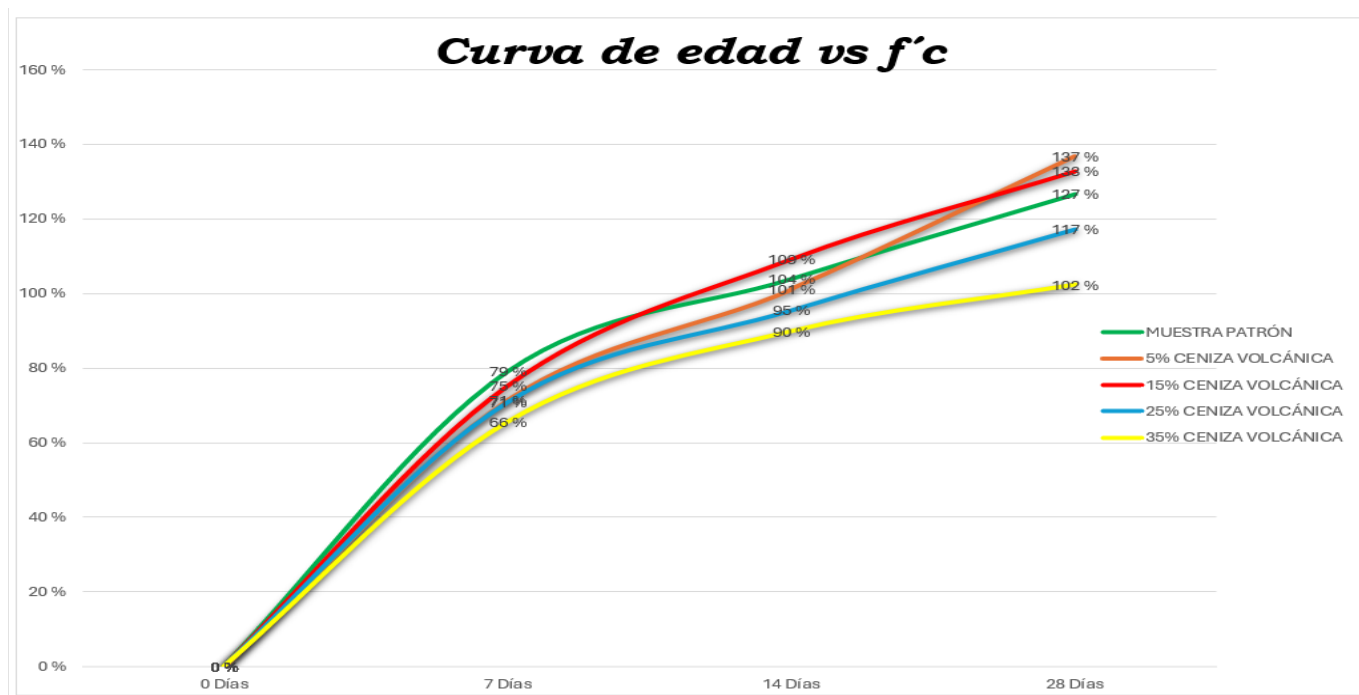


Gráfico 13. Grafica curva edad vs $f'c$ promedio

Resistencia a la flexión

Por flexión su promedio obtenido para la muestra patrón, así como para los porcentajes de reemplazo de ceniza volcánica, esto para 7 días.

TABLA LII

MODULO DE ROTURA PARA LA MUESTRAS A LOS 7 DÍAS

Muestra	EDAD (días)	RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)
Muestra Patrón	7	7.92
5 % de ceniza Volcánica	7	7.72
15 % de ceniza Volcánica	7	8.22
25 % de ceniza Volcánica	7	7.28
35 % de ceniza Volcánica	7	6.63

TABLA LIII
MODULO DE ROTURA PARA LA MUESTRAS A LOS 14 DÍAS

Muestra	EDAD (días)	RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)
Muestra Patrón	14	9.13
5 % de ceniza Volcánica	14	9.05
15 % de ceniza Volcánica	14	8.70
25 % de ceniza Volcánica	14	7.68
35 % de ceniza Volcánica	14	7.28

Para la muestra patrón así como para los porcentajes de reemplazo de ceniza volcánica, esto para 28 días

TABLA LIV
MUESTRAS A LOS 28 DÍAS

Muestra	EDAD (días)	RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)
Muestra Patrón	28	9.82
5 % de ceniza Volcánica	28	10.70
15 % de ceniza Volcánica	28	9.80
25 % de ceniza Volcánica	28	8.73
35 % de ceniza Volcánica	28	7.77

Ensayo de absorción

Después del ensayo tenemos unos resultados favorables, nuestro promedio de absorción máximo tendremos a las muestras con el 15% de ceniza volcánica.

TABLA LV
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN

Muestra	Absorción promedio (%)	Contenido de humedad promedio (%)
Muestra Patrón	0.50	1.82
5 % de ceniza Volcánica	0.26	2.50
15 % de ceniza Volcánica	0.60	1.09
25 % de ceniza Volcánica	0.54	1.47
35 % de ceniza Volcánica	0.48	1.73

Ensayo de resistencia a la abrasión

TABLA LVI
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Muestra	EDAD (días)	ABRASIÓN PROMEDIO (%)
Muestra Patrón	28	0.52
5 % de ceniza Volcánica	28	0.23
15 % de ceniza Volcánica	28	0.35
25 % de ceniza Volcánica	28	0.15
35 % de ceniza Volcánica	28	0.17

Ensayo de Módulo de elasticidad

Se obtuvo los resultados en laboratorio lo cual refleja la rigidez característica de los adoquines, indicando que el material posee una buena capacidad para resistir deformaciones ante cargas aplicadas dentro de su rango elástico.

TABLA LVII
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD

Muestra	EDAD (días)	Promedio Ec (Kg/cm ²)
Muestra Patrón	28	304865.6884
5 % de ceniza Volcánica	28	318397.3728
15 % de ceniza Volcánica	28	301650.1713
25 % de ceniza Volcánica	28	289369.3435
35 % de ceniza Volcánica	28	252849.7712

Evaluación económica

Para evaluar el análisis económico se tendrá en cuenta para un metro cubico, el cual proporciona un rendimiento de 833 adoquines por día con una jornada de 8 horas diarias, se tomará en cuenta la mano de obra tanto de un operario y de dos peones, tambien los materiales y equipos utilizados, teniendo en cuenta el costo del flete de la ceniza.

En la TABLA LIV, se muestra el costo unitario de los adoquines patrón para un metro cubico, con un costo unitario de S/. 485.04 para 833 adoquines.

TABLA LVIII

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES PATRÓN

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES PATRÓN						
<i>Diseño de adoquines $f'c=320$ kg/cm²</i>						
RENDIMIENTO:		833	Adq/día	JORNADA:	8	Hrs/día
		1	m ³ /día	C.U:		S/. 486.03
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)	
MANO DE OBRA					0.663	
Operario	día	1	0.0096	28.48	0.273	
Peón	día	2	0.0192	20.29	0.390	
MATERIALES					483.38	
Cemento Cemex Tipo I	bls		14.88	31.00	461.38	
Arena	m ³		0.28	40.00	11.18	
Confitillo	m ³		0.22	41.00	9.20	
Agua	m ³		0.27	6.00	1.61	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS					1.994	
Mezcladora de concreto	día	1	0.0096	60.00	0.576	
Maquina Vibro-Compactadora	día	1	0.0096	80.00	0.768	
Herramientas manuales	%MO		3%	0.65	0.650	

Se muestra el costo unitario de los adoquines con 5 % de ceniza volcánica para un metro cubico, con un costo unitario de S/. 531.03 para 833 adoquines.

TABLA LIX

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 5% CENIZA VOLCÁNICA

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 5% CENIZA VOLCÁNICA					
<i>Diseño de adoquines f'c=320 kg/cm²</i>					
RENDIMIENTO:	833	Adq/día	JORNADA:	8	Hrs/día
	1	m ³ /día		C.U:	S/. 519.12
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					0.663
Operario	día	1	0.0096	28.48	0.273
Peón	día	2	0.0192	20.29	0.390
MATERIALES					516.46
Cemento Cemex Tipo I	bls		14.60	31.00	452.56
Arena	m ³		0.28	40.00	11.18
Confitillo	m ³		0.22	41.00	9.20
Agua	m ³		0.27	6.00	1.61
Ceniza Volcánica	m ³		0.0046	9066.67	41.90
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS					1.994
Mezcladora de concreto	día	1	0.0096	60.00	0.576
Maquina Vibro-Compactadora	día	1	0.0096	80.00	0.768
Herramientas manuales	%MO		3%	65%	0.650

En la TABLA LVI, se muestra el costo unitario de los adoquines con el 15% de ceniza volcánica para un metro cubico, con un costo unitario de S/. 623.01 para 833 adoquines.

TABLA LX

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 15% CENIZA VOLCÁNICA

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 15% CENIZA VOLCÁNICA					
<i>Diseño de adoquines f'c=320 kg/cm²</i>					
RENDIMIENTO:	833	Adq/día	JORNADA:	8	Hrs/día
	1	m ³ /día		C.U:	S/. 585.28
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					0.663
Operario	día	1	0.0096	28.48	0.273
Peón	día	2	0.0192	20.29	0.390
MATERIALES					582.62
Cemento Cemex Tipo I	bls		14.03	31.00	434.93
Arena	m ³		0.28	40.00	11.18
Confitillo	m ³		0.22	41.00	9.20
Agua	m ³		0.27	6.00	1.61
Ceniza Volcánica	m ³		0.0139	9066.67	125.70
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS					1.994
Mezcladora de concreto	día	1	0.0096	60.00	0.576
Maquina Vibro-Compactadora	día	1	0.0096	80.00	0.768
Herramientas manuales	%MO		3%	65%	0.650

Observamos que los adoquines con el 25% de ceniza volcánica para un metro cubico, con un costo unitario de S/. 714.99 para 833 adoquines.

TABLA LXI

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 25% CENIZA VOLCÁNICA

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 25% CENIZA VOLCÁNICA					
<i>Diseño de adoquines f'c=320 kg/cm²</i>					
RENDIMIENTO:	833	Adq/día	JORNADA:	8	Hrs/día
	1	m ³ /día		C.U:	S/. 651.45
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					0.663
Operario	día	1	0.0096	28.48	0.273
Peón	día	2	0.0192	20.29	0.390
MATERIALES					648.79
Cemento Cemex Tipo I	bls		13.46	31.00	417.29
Arena	m ³		0.28	40.00	11.18
Confitillo	m ³		0.22	41.00	9.20
Agua	m ³		0.27	6.00	1.61
Ceniza Volcánica	m ³		0.0231	9066.67	209.51
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS					1.994
Mezcladora de concreto	día	1	0.0096	60.00	0.576
Maquina Vibro-Compactadora	día	1	0.0096	80.00	0.768
Herramientas manuales	%MO		3%	65%	0.650

Sim embargo, los adoquines con el 35% de ceniza volcánica para un metro cubico, con un costo unitario de S/. 806.97 para 833 adoquines.

TABLA LXII

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 35% CENIZA VOLCÁNICA

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS m³ DE ADOQUINES 35% CENIZA VOLCÁNICA					
<i>Diseño de adoquines f'c=320 kg/cm²</i>					
RENDIMIENTO:	833	Adq/día	JORNADA:	8	Hrs/día
	1	m ³ /día		C.U:	S/. 717.61
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					0.663
Operario	día	1	0.0096	28.48	0.273
Peón	día	2	0.0192	20.29	0.390
MATERIALES					714.96
Cemento Cemex Tipo I	bls		12.89	31.00	399.65
Arena	m ³		0.28	40.00	11.18
Confitillo	m ³		0.22	41.00	9.20
Agua	m ³		0.27	6.00	1.61
Ceniza Volcánica	m ³		0.0324	9066.67	293.31
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS					1.994
Mezcladora de concreto	día	1	0.0096	60.00	0.576
Maquina Vibro-Compactadora	día	1	0.0096	80.00	0.768
Herramientas manuales	%MO		3%	65%	0.650

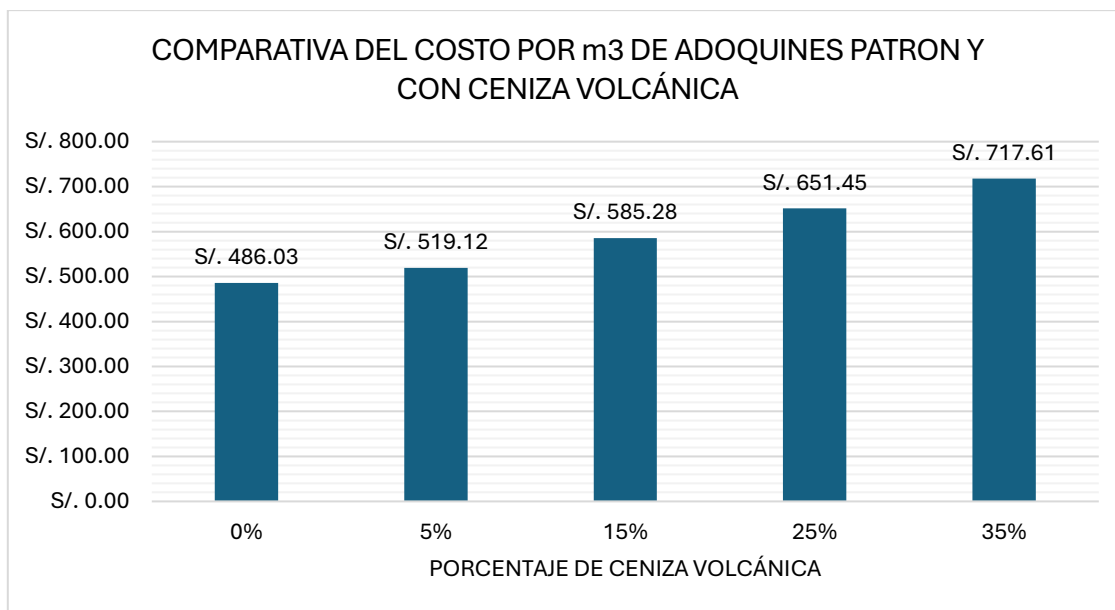


Gráfico 14. Comparación del costo por metro cubico de concreto.

Discusiones.

De acuerdo con el objetivo específico de caracterización de la ceniza volcánica, se a realiza la caracterización de la ceniza volcánica a través de diversos ensayos de laboratorio, con la finalidad de identificar su composición química. Los análisis efectuados revelaron una notable presencia de óxidos como sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), calcio (CaO) y sodio (Na_2O), cuyos valores específicos se presentan en la Tabla XX. Estos hallazgos fueron posteriormente contrastados con los reportados en un estudio previo [4], en el cual se examinó también la composición química de cenizas volcánicas. Al comparar ambos resultados, se pudo constatar que existen similitudes significativas en los componentes predominantes, destacándose nuevamente el contenido de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), sodio (Na_2O) y calcio (CaO). Los resultados obtenidos evidencian un alto potencial puzolánico de la ceniza volcánica analizada, esta actividad puzolánica promueve la formación de compuestos secundarios en la matriz del material, lo cual incrementa su densidad y, en consecuencia, mejora significativamente la resistencia mecánica de los adoquines fabricados.

De acuerdo con el objetivo evaluar las propiedades físicas de los agregados convencionales, se llevaron a cabo los ensayos necesarios para determinar las propiedades del agregado fino y del agregado grueso, ambos extraídos de la cantera “La Victoria”. En cuanto al agregado fino, los análisis arrojaron un módulo de fineza de 2.855, una humedad del 0.87%, una densidad relativa de 2.569 g/cm^3 , una masa unitaria en estado suelto de 1611 kg/m^3 y una masa unitaria compactada de 1761 kg/m^3 . Estos resultados fueron posteriormente contrastados con los obtenidos en investigaciones previas [12], en el cual se utilizó agregado fino procedente de la

cantera Amazonas S.A.C., ubicada en Tarapoto, se observa que dicho material presentó un módulo de fineza de 2.89, una humedad del 1.2%, un peso específico de 2.75 g/cm^3 , un peso unitario suelto de 1650 kg/m^3 y uno compactado de 1810 kg/m^3 . Si bien existen diferencias, los resultados presentan cierta similitud, aunque no del todo significativa. En relación con el agregado grueso, se identificó un tamaño máximo nominal de 3/8". Las pruebas realizadas arrojaron un contenido de humedad del 0.50%, una densidad relativa de 2.414 g/cm^3 , un peso unitario en condición suelta y seca de 1342 kg/m^3 , así como un peso unitario seco y compactado de 1495 kg/m^3 . Al contrastar estos valores con los de la investigación realizada [11], donde se empleó un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1/2", una humedad del 0.357%, peso específico de 2.710 g/cm^3 y peso unitario compactado seco de 1625 kg/m^3 , se evidencia una variación considerable entre ambos materiales, especialmente en cuanto a densidad y tamaño de partícula, La caracterización de los agregados empleados en esta investigación constituye un aspecto esencial para asegurar la calidad y uniformidad de las mezclas producidas, ya que permite un control riguroso de los parámetros que influyen directamente en el desempeño del concreto.

Siguiendo el tercer objetivo de realizar el diseño de mezcla patrón y diseño de mezcla incorporando los porcentajes de reemplazo de 5%, 15%, 25% y 35%, se seleccionó el método ACI 211 para llevar a cabo el diseño de la mezcla. En este proceso, se consideró una resistencia a la compresión corregida (f'_{cr}) de 405 kg/cm^2 y se adoptó una relación agua-cemento de 0.425. Esta dosificación resultó efectiva para garantizar un buen comportamiento del concreto, tanto en su estado fresco como una vez endurecido. En cuanto al asentamiento (slump), los valores se mantuvieron dentro del rango de 0.5 a 1.5 pulgadas, cumpliendo con los requerimientos establecidos de resistencia y rigidez estructural. La mezcla patrón adoptada presentó una dosificación por peso de 1:1.14:0.86:18.06. Para las mezclas modificadas con ceniza volcánica, se realizó una sustitución parcial del contenido de cemento, manteniendo constante la proporción del resto de los componentes. Así, para un 5% de reemplazo se utilizó una dosificación por peso de 0.98:1.14:0.86:18.41:0.02; para el 15%, la dosificación fue de 0.94:1.14:0.86:19.6:0.06; para el 25%, 0.90:1.14:0.86:19.97:0.10; y para el 35%, 0.87:1.14:0.86:20.85:0.13. Estas proporciones corresponden, respectivamente, a cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y ceniza volcánica. Al contrastar estos valores con los reportados en la investigación en la investigación [15], Asimismo, se aplicó el método ACI 211 en otro caso, tomando como referencia una resistencia a la compresión (f'_c) de 320 kg/cm^2 y una relación agua-cemento de 0.42, se observa una similitud en el procedimiento de diseño. No obstante, su mezcla presentó una dosificación por peso de 1:1.65:1.41:18.42, lo cual refleja una

diferencia en la proporción de los materiales. A partir de esta comparación, se concluye que, aunque las metodologías empleadas y los niveles de resistencia se mantienen dentro de rangos comparables, las variaciones en la dosificación responden a los ajustes específicos según las características del concreto requerido en cada estudio.

En cumplimiento con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín Tipo I con ceniza volcánica del 5%, 15%, 25% y 35%, se realizó el ensayo de RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN a los 28 días, cuyos resultados evidencian que el porcentaje óptimo de reemplazo con ceniza volcánica corresponde al 5%, alcanzando una resistencia de 437.31 kg/cm². En comparación, la mezcla patrón sin reemplazo obtuvo una resistencia de 405.54 kg/cm². Para los porcentajes de reemplazo del 15%, 25% y 35%, las resistencias obtenidas fueron de 425.26 kg/cm², 375.05 kg/cm² y 327.39 kg/cm², respectivamente. Es importante destacar que todas las pruebas, incluidas las que incorporan ceniza volcánica, superan el valor mínimo de resistencia especificado por la norma técnica peruana NTP 399.611 [17], la cual establece que los adoquines de tipo I deben alcanzar al menos 320 kg/cm². En consecuencia, se concluye que tanto la dosificación patrón como las mezclas con reemplazo parcial de cemento por ceniza volcánica cumplen con los requisitos normativos, siendo incluso capaces de mejorar el desempeño mecánico del concreto, especialmente en el caso del 5% de sustitución, que mostró el mejor comportamiento a compresión. Para la RESISTENCIA A LA FLEXIÓN a los 28 días, se observó que el reemplazo del cemento por un 5% de ceniza volcánica permitió alcanzar un valor de 10.70 MPa, superando a la muestra patrón, que registró 9.82 MPa. Para los porcentajes de reemplazo del 15%, 25% y 35%, se obtuvieron resistencias de 9.80 MPa, 8.73 MPa y 7.77 MPa, respectivamente. Al comparar estos resultados con los reportados en la investigación de [9], donde se obtuvo una resistencia máxima de 5.96 MPa a los 28 días, se evidencia que los valores alcanzados en la presente investigación son considerablemente superiores. Asimismo, al contrastarlos con los requerimientos establecidos por la norma técnica peruana NTP 399.611 [17], que estipula un valor mínimo de 5.4 MPa para adoquines tipo I, se confirma que todas las mezclas, incluidas aquellas con distintos porcentajes de ceniza volcánica, cumplen ampliamente con los parámetros normativos. En consecuencia, se concluye que el uso de ceniza volcánica como material cementante suplementario no solo mantiene la resistencia a la flexión dentro de los límites aceptables, sino que, en ciertos porcentajes, como el 5%, incluso mejora notablemente el comportamiento estructural del concreto frente a esfuerzos de flexión. En el ensayo de RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN, los resultados obtenidos fueron favorables para todas las mezclas evaluadas, incluyendo aquellas con reemplazo parcial de cemento por ceniza volcánica. La muestra patrón presentó un valor de

absorción de 1.82%, mientras que las mezclas con 5%, 15%, 25% y 35% de ceniza volcánica alcanzaron valores de 2.50%, 1.09%, 1.47% y 1.73%, al comparar estos resultados con los criterios establecidos por la norma técnica peruana [17], que indica un valor máximo admisible de absorción del 6% para adoquines de tipo I, se confirma que todos los porcentajes de reemplazo evaluados cumplen ampliamente con los requisitos normativos. Por lo tanto, se concluye que la incorporación de ceniza volcánica en las proporciones analizadas no compromete la calidad del concreto en términos de absorción, asegurando su desempeño adecuado en condiciones de exposición a la humedad. En el ensayo de RESISTENCIA A LA ABRASIÓN, los resultados obtenidos a los 28 días fueron favorables tanto para la muestra patrón como para las mezclas con distintos porcentajes de reemplazo de cemento por ceniza volcánica. La muestra patrón presentó un desgaste de 0.52%, mientras que las mezclas con 5%, 15%, 25% y 35% de ceniza alcanzaron valores de 0.23%, 0.35%, 0.15% y 0.17%, respectivamente. Estos resultados indican que la incorporación de ceniza volcánica, en todos los niveles evaluados, mejora la resistencia al desgaste superficial del material, Al comparar estos valores con los reportados en la investigación de [15], se observa una variabilidad significativa entre ambas investigaciones, particularmente en la muestra patrón, donde el porcentaje de desgaste es menor en dicha referencia. Esta diferencia puede atribuirse a factores como la procedencia de los materiales, las condiciones de curado o la composición específica de las mezclas utilizadas. En conjunto, los resultados obtenidos respaldan el uso de ceniza volcánica como adición mineral, evidenciando mejoras en la durabilidad superficial del concreto ante la acción de la abrasión. En el ensayo correspondiente al MÓDULO DE ELASTICIDAD, los resultados obtenidos a los 28 días indicaron que la muestra de referencia alcanzó un valor de 304,865.69 kg/cm². Por otro lado, las mezclas en las que se sustituyó parcialmente el cemento por ceniza volcánica en proporciones del 5%, 15%, 25% y 35%, presentaron valores de 318,397.37 kg/cm², 301,650.17 kg/cm², 289,369.34 kg/cm² y 252,849.77 kg/cm², respectivamente. Estos datos fueron comparados con los límites establecidos en la normativa ASTM C469 [21], la cual indica que para concretos con una resistencia a la compresión comprendida entre 20 y 40 MPa, el módulo de elasticidad debe situarse entre 20,000 y 35,000 kg/cm², se observa que tanto la mezcla patrón como las dosificaciones con 5%, 15% y 25% de ceniza volcánica cumplen satisfactoriamente con lo estipulado. Para un concreto con una resistencia estimada de $f'_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ (equivalente a 31.4 MPa), el valor de referencia para el módulo de elasticidad es de aproximadamente 268,000 kg/cm², lo cual sitúa a las mezclas mencionadas por encima de ese umbral. Sin embargo, en el caso del reemplazo del 35%, el valor obtenido (252,849.77 kg/cm²) se encuentra por debajo del valor estimado,

indicando una reducción significativa en la rigidez del material. Por tanto, se concluye que, si bien los reemplazos de hasta 25% mantienen un módulo de elasticidad adecuado según la normativa, un contenido mayor de ceniza volcánica podría comprometer la rigidez estructural del concreto.

De acuerdo con el objetivo de comparar con cuanto porcentaje se incrementó o disminuyó las propiedades físicas y mecánicas del adoquín elaborado de ceniza volcánica, se llevó a cabo una comparación de los resultados obtenidos en los distintos ensayos físicos y mecánicos. En lo referente a la resistencia a la compresión a los 28 días, se observó que la mezcla con un 5% de sustitución de cemento por ceniza volcánica alcanzó el valor más alto, superando no solo a la muestra de control, sino también al resto de las proporciones analizadas. De manera similar, en el ensayo de resistencia a la flexión, dicho porcentaje también se destacó como el más eficiente, evidenciando un comportamiento mecánico superior. Respecto al ensayo de absorción, todos los porcentajes de reemplazo se mantuvieron dentro del límite máximo permitido por la norma NTP 399.611 [17], lo que indica un adecuado comportamiento frente a la permeabilidad. Asimismo, en el caso de la resistencia a la abrasión, todas las mezclas cumplieron satisfactoriamente con los criterios establecidos, mostrando bajos niveles de desgaste superficial. Finalmente, en el ensayo de módulo de elasticidad, el reemplazo del 5% de ceniza volcánica demostró ser el más favorable, alcanzando el valor más alto entre todas las mezclas. No obstante, se evidenció que la mezcla con un 35% de reemplazo no logró cumplir con los parámetros mínimos establecidos por la norma ASTM C469 [21], reflejando una disminución significativa en la rigidez del concreto. Estos resultados permiten concluir que el porcentaje óptimo de ceniza volcánica como reemplazo al cemento Portland se sitúa en torno al 5%, ofreciendo mejoras en las propiedades mecánicas sin comprometer el desempeño físico del material.

En cumplimiento con el último objetivo específico evaluar el análisis económico del adoquín Tipo I mediante la comparación de porcentaje del adoquín con la ceniza de volcán, se realizó la evaluación de los costos por metro cúbico de concreto para cada una de las dosificaciones consideradas. Según los valores referenciales obtenidos a partir de la Revista Costos correspondiente al mes de abril de 2025 [47], se determinó que el costo de producción del concreto convencional (muestra patrón) asciende a S/. 486.03 por metro cúbico (ver Tabla LVII). En contraste, las mezclas con reemplazo parcial de cemento por ceniza volcánica presentan un incremento progresivo en el costo. Para un 5% de reemplazo, el precio se eleva a S/. 516.12; para el 15%, a S/. 585.28; con un 25%, a S/. 651.45; y finalmente, para el 35% de reemplazo, el costo alcanza los S/. 717.61 por metro cúbico. Estos resultados indican que el

concreto convencional representa la alternativa más económica dentro del análisis realizado. El incremento en los costos para las mezclas con ceniza volcánica se atribuye principalmente a los procesos adicionales de recolección, tratamiento y transporte del material puzolánico, así como al aumento de la dosificación de agregados en algunas de las mezclas evaluadas.

Conclusiones

La caracterización química de la ceniza volcánica se realizó mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X, evidenciándose una alta concentración de dióxido de silicio (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3) entre sus componentes principales. Además, el material presentó una pérdida de masa aproximada del 17% al ser expuesto a una temperatura de 800 °C, lo que indica la presencia de compuestos volátiles. Por otro lado, las propiedades físicas como el peso específico y la absorción se determinaron conforme a la normativa, registrándose un peso específico saturado de 2.616 kg/m^3 y un índice de absorción del 0.17%.

El análisis de las propiedades físicas de los agregados convencionales permitió establecer parámetros clave para el diseño de mezclas de concreto. En el caso del agregado fino, se obtuvo un módulo de fineza de 2.855, una humedad de 0.87 %, una densidad relativa de 2.569 g/cm^3 , y pesos unitarios de 1611 kg/m^3 en condición suelta y 1761 kg/m^3 en estado compactado. Al comparar estos resultados con estudios previos que emplearon materiales de características similares, se observaron variaciones mínimas, lo cual evidencia una calidad constante y adecuada del material para su uso en mezclas cementantes. Por otro lado, el agregado grueso, con un tamaño máximo nominal de 3/8", presentó una mayor dispersión respecto a antecedentes técnicos, registrando una humedad de 0.50 %, una densidad relativa de 2.414 g/cm^3 y pesos unitarios de 1342 kg/m^3 (suelto) y 1495 kg/m^3 (compactado). Estas variaciones pueden asociarse a factores como la granulometría y el origen geológico del agregado, los cuales inciden directamente en la trabajabilidad y el desempeño mecánico del concreto.

En los ensayos a la mezcla, en el asentamiento se puede observar un aumento a 1.2 pulgadas cuando se le adiciona más ceniza volcánica a partir del 15% de adición, el cual sugiere que reemplazando más ceniza volcánica la mezcla se vuelve más fluida; sin embargo, para la fabricación de adoquines se necesita una mezcla más rígida con baja consistencia. También se tendrá en cuenta la temperatura de la pasta la cual se mantiene constante entre un 22.5, en los resultados tenemos una mayor temperatura de 24.6% al reemplazar 15% de ceniza volcánica.

Respecto al comportamiento a compresión luego de 28 días de curado, se evidenció que la incorporación del 5 % de ceniza volcánica como sustituto parcial del cemento generó una mejora en la resistencia, alcanzando un promedio de 437.31 kg/cm^2 , lo que representa un incremento del 7.83 % en comparación con la mezcla de referencia (405.54 kg/cm^2). De manera análoga, el reemplazo del 15 % registró una resistencia promedio de 425.26 kg/cm^2 , superior en un 4.86 % respecto al valor patrón. No obstante, al incrementar el contenido de ceniza volcánica a 25 % y 35 %, se observó una reducción en la capacidad resistente, con

disminuciones del orden del 7.52 % y 19.27 %, respectivamente. En cuanto al ensayo de resistencia a flexión, también a los 28 días, el reemplazo del 5 % arrojó el mejor desempeño con un valor medio de 10.70 MPa, superando tanto a la muestra patrón (9.82 MPa) como a las demás proporciones. El 15 % de reemplazo mostró una resistencia cercana a la referencia (9.80 MPa), mientras que los niveles del 25 % y 35 %, aunque inferiores, se mantuvieron dentro de los límites aceptables establecidos por la normativa vigente. En relación con la absorción de agua, los adoquines con 15 % y 25 % de ceniza registraron valores de 0.60 % y 0.54 %, respectivamente, levemente superiores a la muestra sin reemplazo (0.50 %). A pesar de estas variaciones, todas las mezclas cumplieron con los parámetros exigidos por la normativa técnica correspondiente.

Concluyendo con los costos de producción se observa que a medida que se incrementa la proporción de ceniza volcánica en la mezcla para la elaboración de adoquines, cuyo costo por metro cúbico es de S/. 486.03, resulta ser la opción más accesible dentro de las alternativas evaluadas. A medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo de cemento por ceniza volcánica, se observa un aumento progresivo en los costos: S/. 516.12 para un 5%, S/. 585.28 para un 15%, S/. 651.45 para un 25% y S/. 717.61 para un 35%. Este incremento se debe, principalmente, a los gastos adicionales asociados al manejo de la ceniza, como su recolección, procesamiento y transporte, además de ciertos ajustes en la dosificación de agregados. Por lo tanto, si bien el uso de ceniza volcánica puede aportar beneficios ambientales, desde una perspectiva económica, su implementación representa un mayor costo de producción en comparación con el concreto tradicional.

Recomendaciones

Se sugiere ampliar la investigación sobre la viabilidad de la ceniza volcánica como sustituto parcial del cemento, considerando su composición química comparable caracterizada por un elevado contenido de sílice y alúmina, así como su accesibilidad en regiones cercanas a fuentes volcánicas. Un análisis más detallado permitiría no solo valorar su comportamiento en mezclas cementicias, sino también afinar las proporciones óptimas de reemplazo, favoreciendo la incorporación de insumos alternativos que aporten a la sostenibilidad y a la reducción del impacto ambiental en la industria de la construcción.

Para una correcta ejecución de los ensayos, tanto en los agregados como en los adoquines, se debe tener en consideración el cumplimiento estricto de los parámetros establecidos por las normas técnicas vigentes, como las NTP, ASTM o las específicas para cada tipo de ensayo. Esto garantizará la confiabilidad de los resultados obtenidos, permitirá una adecuada comparación entre estudios y contribuirá a la validación científica y técnica del comportamiento del material evaluado.

Se sugiere considerar el uso de proporciones reducidas de ceniza volcánica en estudios posteriores, dado que los resultados obtenidos evidencian que un aumento en el porcentaje de reemplazo tiende a afectar negativamente las propiedades físico-mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, lo cual podría comprometer su viabilidad en aplicaciones estructurales.

Debido al elevado costo de transporte de la ceniza volcánica, se recomienda establecer alianzas con empresas o instituciones que puedan colaborar con la logística, especialmente en el traslado del material desde las zonas de recolección. Considerando que la ceniza puede obtenerse gratuitamente en áreas cercanas a los principales volcanes ubicados en el sur andino del Perú, contar con apoyo en movilidad permitiría reducir significativamente los costos y facilitar su uso en investigaciones y aplicaciones constructivas.

Referencias

- [1] Milreformas, «La historia y evolución de los adoquines: desde la antigüedad hasta la actualidad - milreformas.net». Accedido: 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://milreformas.net/la-historia-y-evolucion-de-los-adoquines-desde-la-antigüedad-hasta-la-actualidad/>
- [2] R. Bahamondes, T. Echaveguren, y S. Vargas-Tejeda, «Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón», *Rev. Constr.*, vol. 12, n.º 3, pp. 17-26, dic. 2013, doi: 10.4067/S0718-915X2013000300002.
- [3] M. I. C. Fierro, «ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL ADOQUINADO».
- [4] F. Apaza, R. Churata, P. Tupayachi, y J. Almiron, «Estudio de la ceniza de volcanes peruanos como materia prima para la industria de la construcción», *Foro Int.*, 2018.
- [5] M. A. Sanjuán, M. Frías, M. Monasterio, R. García-Giménez, R. Vigil de la Villa, y M. Álamo, «Volcanic ash from La Palma (Canary Islands, Spain) as Portland cement constituent», *J. Build. Eng.*, vol. 78, p. 107641, nov. 2023, doi: 10.1016/j.jobbe.2023.107641.
- [6] M. L. Aguilar Muzo y J. E. Mamarandi Rojas, «Incidencia de la adición de la ceniza volcánica en las propiedades físico-mecánicas del adoquín», Quito: UCE, 2020. Accedido: 7 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- [7] L. Contrafatto, «Recycled Etna volcanic ash for cement, mortar and concrete manufacturing», *Constr. Build. Mater.*, vol. 151, pp. 704-713, oct. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.06.125.
- [8] C. García-González, J. Yepes, y M. A. Franesqui, «Geomechanical characterization of volcanic aggregates for paving construction applications and correlation with the rock properties», *Transp. Geotech.*, vol. 24, p. 100383, sep. 2020, doi: 10.1016/j.trgeo.2020.100383.
- [9] L. F. P. González y B. G. M. Cárdenas, «Análisis del Comportamiento Mecánico en Adoquines de Concreto Hidráulico con Sustitución de Agregado Fino por Grano de Caucho Reciclado en los Tamices N°8 al N°20 (2.36mm-0,85mm) y Adición de Polvo Fino de Microsílice.», 2018.
- [10] A. Choquehuayta, F. Erlington, C. Añasco, y R. Dileydi, «La ceniza volcánica en la obtención de geopolímeros como alternativa en la industria de la construcción», 2018.
- [11] C. E. Carrera Saavedra y J. L. Lino Solano, «Efectos de la ceniza volcánica en la resistencia a la compresión y en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable f'c 210 kg/cm², Lima 2021», Universidad César Vallejo, 2021. Accedido: 7 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91339>
- [12] M. Y. Vasquez Menor y A. Vilchez Ushiñahua, «Diseño de adoquines con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020», Universidad César Vallejo, 2020. Accedido: 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66557>
- [13] N. G. Tocto Guerra, «Análisis de ciclo de vida comparativo del adoquín para pavimento peatonal reciclado versus el convencional», Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020. Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17418>
- [14] G. J. Benancio Camara y M. S. Chamorro Baldeon, «Influencia de la incorporación de cenizas de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físicomecánicas de adoquines de concreto tipo II en vías urbanas - Huánuco 2022», Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2023. Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9201>


- [15] E. E. Gamarra Capuñay, «Caracterización mecánica de adoquines de concreto tipo I, adicionando concha de abanico triturada», *Repos. Inst. - USS*, 2023, Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11839>
- [16] «Adoquín - Definicion.de», Definición.de. Accedido: 11 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://definicion.de/adoquin/>
- [17] «NTP 399.611 2017 | PDF | Hormigón | Materiales de construcción», Scribd. Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/466454252/NTP-399-611-2017>
- [18] «Norma Técnica NTP 399.604 Peruana 2002 (Revisada El 2015) : 2015-12-11 1 Edición | PDF | Hormigón | Perú», Scribd. Accedido: 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/557527189/22136-399-604>
- [19] «ASTM-C944-C944M-19.pdf». Accedido: 8 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/104586/827f54b874d44a55a45b20b7b93c1690/ASTM-C944-C944M-19.pdf>
- [20] «NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.611». 2017. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/HP/Downloads/ntp-399611-adoquines-de-concreto-para-pavimentos-requisitos_compress.pdf
- [21] «Astm C469 | PDF | Elasticidad (Física) | Deformación (Mecánica)». Accedido: 9 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/412274810/ASTM-C469>
- [22] «Módulo de elasticidad», Industrial Physics. Accedido: 20 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://industrialphysics.com/es/base-de-conocimientos/articulos/pruebas-de-modulo-de-elasticidad/>
- [23] Ciceron, «¿Qué es el cemento y cuál es su composición?», Cementos Tequendama. Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cetesa.com.co/blog/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/>
- [24] «Norma tecnica peruana - NTP 334.009-2020». [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2780390/D.S.%20N%C2%BA%20001-2022-PRODUCE.pdf.pdf>
- [25] «NTP 334.009-2020 (2020) Cementos. Cementos Portland. Requisitos - © INACAL 2020 PERUANA 2020 - Studocu». Accedido: 20 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-pedro-ruiz-gallo/tecnologia-del-concreto/ntp-334009-2020-2020-cementos-cementos-portland-requisitos/38501953>
- [26] «NTP 400.037 | PDF | Hormigón | Grava», Scribd. Accedido: 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/713215674/33406-NTP-400-037-1>
- [27] «Edición especial: Volcán Sabancaya». Accedido: 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.igp.gob.pe/servicios/centro-vulcanologico-nacional/edicion-especial/2023/sabancaya/>
- [28] «Erupciones volcánicas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud». Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/erupciones-volcanicas>
- [29] «NTP 400.012 [2021] Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso. - PROHIBIDA SU - Studocu». Accedido: 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-union/tecnologia-del-concreto/ntp-400012-2021-agregados-analisis-granulometrico-del-agregado-fino-grueso/93604059>

- [30] «ACI 211.1 - 91.en - Es | PDF | Hormigón | Cemento», Scribd. Accedido: 21 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/495637980/ACI-211-1-91-en-es>
- [31] «e.060-concreto-armado-sencico.pdf». Accedido: 21 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- [32] «NTP 339.035:2015 CONCRETO Mtodo de Ens | PDF | Hormigón | Desviación Estándar», Scribd. Accedido: 20 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/540229322/INDECOPI-CTN7-N0036-NTP-3390352015-CONCRETO-Mtodo-de-ens>
- [33] «Manual Ensayo de Materiales.pdf». Accedido: 9 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/M anual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- [34] «Astm C 1064 01 PDF | PDF | Temperatura | Calibración». Accedido: 4 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/358667300/ASTM-C-1064-01-pdf>
- [35] «Astm C231-14 PDF | PDF | Presión | Masa», Scribd. Accedido: 1 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/318885493/ASTM-C231-14-pdf>
- [36] «Tam, Vera, Oliveros. Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación | PDF», Scribd. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/312759298/Tam-Vera-Oliveros-Tipos-Metodos-y-Estrategias-de-Investigacion>
- [37] N. Rojas y V. Miguel, «Metodología de la Investigación: diseño y ejecución».
- [38] «NTP 339.183-2013 PDF | PDF | Cemento | Agua», Scribd. Accedido: 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>
- [39] «NTP 400.017 Agregados Peso unitario - - Studocu». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/mecanica-de-suelos/ntp-400017-agregados-peso-unitario/9327753>
- [40] «NTP 400.016 P AGREGADOS inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magn - NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.016 2020 Dirección de Normalización - INACAL Calle Las Camelias 817, - Collee Sidekick». Accedido: 18 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.collegesidekick.com/study-docs/19238211>
- [41] «NTP 400.019 (Ensayo DE LOS Angeles EN Agregados Gruesos DE Tamaños Menores) - Materiales de - Studocu». Accedido: 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/materiales-de-construccion/ntp-400019-ensayo-de-los-angeles-en-agregados-gruesos-de-tamanos-menores/37413611>
- [42] «ITINTEC 339.124 1988 Adoquines | PDF», Scribd. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/446646454/NTP-339-124-1988-Adoquines>
- [43] «NTP 339.152 Sales Solubles | PDF», Scribd. Accedido: 1 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/658070593/NTP-339-152-Sales-Solubles>
- [44] «NTP 400.022.2013. AGREGADOS. Metodo Peso Especifico y Absorción Del Agregado Fino», pdfcoffee.com. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino-7-pdf-free.html>

- [45] «NTP 339.185 | PDF | Hormigón | Organización internacional para la estandarización», Scribd. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/649882034/NTP-339-185>
- [46] «NTP 400.019-2002 Abrasion | PDF», Scribd. Accedido: 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/429894953/Norma-Tecnica-Ntp-400-019-Abrasion>
- [47] «Publicaciones Digitales», Costos Soluciones. Accedido: 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.costosperu.com>

Anexos

Anexo 1. Validación de ensayos de laboratorio



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 027-2025-I

FECHA: 21 de Mayo 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Anderson Junior Astudillo Vargas


TITULO DE LA TESIS: Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:


- Contenido de humedad del agregado grueso y fino.
- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino.
- Peso unitario del agregado grueso y fino.
- Resistencia a la abrasión del agregado grueso.
- Ensayo de contenido de sales solubles del agregado grueso y fino.
- Diseño de mezcla $F'c=320\text{kg/cm}^2$.
- Diseño de mezcla $F'c=320\text{kg/cm}^2$ con proporciones de 5%, 15%, 25% y 35%
- Tolerancia dimensional de los adoquines proporciones de ceniza volcánica de 0%, 5%, 15%, 25% y 35%.
- Resistencia a la Compresión y flexión del concreto con proporciones de ceniza volcánica de 0%, 5%, 15%, 25% y 35%.
- Resistencia a la abrasión y absorción del concreto con proporciones de ceniza volcánica de 0%, 5%, 15%, 25% y 35%.
- Ensayos de módulo de elasticidad.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
USAT
TECNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil

Anexo 2. Ensayo químico.

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**

SOLICITANTE	ANDERSON JUNIOR ASTUDILLO VARGAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLCÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES TIPO I
MUESTRA	CENIZA VOLCANICA
FECHA	23 DE AGOSTO DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: Ceniza Volcánica (15. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
001	400mg	

2. ENSAYOS A APLICAR:

- ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL ATD
- ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO TG

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TÉRMICO 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: NITRÓGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25-920°C.
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES – CARBÓN – CAL

CELULAR: 944 077 288 – 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Scanned with
CamScanner

TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

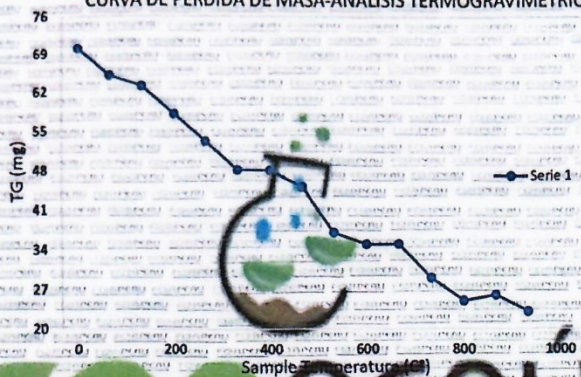
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:20605355189

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD

CURVA DE PÉRDIDA DE MASA-ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO



4. CONCLUSIONES

- Según el análisis Termogravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicado dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 350 y 550°C y la segunda menos intensa entre 700 y 800°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 17% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.

TRUJILLO, 23 DE AGOSTO DE 2024



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

CELULAR: 944 077 288 – 949 959 632

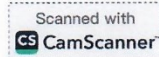
CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TECNICO DE LABORATORIO



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

SOLICITANTE	ANDERSON JUNIOR ASTUDILLO VARGAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLCÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES TIPO I.
MUESTRA	CENIZA VOLCANICA
FECHA	23 DE AGOSTO DEL 2024

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

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

CUANTIFICACIÓN: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 75 mg de la muestra de CENIZA VOLCANICA, la cual fue tamizada previamente a malla a 200.

3. METODO

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

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES – CARBON – CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Scanned with
CamScanner

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:20605355189

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	UNIDADES	RESULTADOS	METODO UTILIZADO
SILICIO (SiO ₂)	%	44.1	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	%	26.5	
CALCIO (CaO)	%	14.7	
SODIO (Na ₂ O)	%	11.1	
MAGNESIO (MgO)	%	9.1	
NIQUEL	ppm	190	
CROMO	ppm	62.1	
PLOMO	ppm	20.5	
HIERRO	ppm	17.8	
ZINC	ppm	9.8	
COBRE	ppm	4.2	

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 Silicio (SiO₂) Aluminio (Al₂O₃) con un alto porcentaje.

TRUJILLO, 23 DE AGOSTO 2018



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




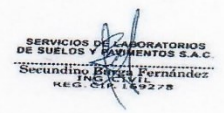

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 3. Peso específico ceniza volcánica

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.	
INFORME DE ENSAYO CI24-832	
CLIENTE (**)	: Anderson Junior Astudillo Vargas
CONTACTO (**)	: Cel: 981840125
PROYECTO (**)	: Influencia de la Ceniza Volcánica en las Propiedades Físicas y Mecánicas en la Elaboración de Adoquines Tipo 1
UBICACIÓN (**)	: Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque
TIPO DE MUESTRA	: Alterada en saco
CANTIDAD DE MUESTRA (**)	: 50 kg aproximadamente
TIPO DE PRODUCTO	: Suelos
FECHA DE MUESTREO (**)	: 2024-09-24
FECHA DE RECEPCION	: 2024-09-24
FECHA DE EMISION	: 2024-09-26
SUPERVISOR DE LABORATORIO	: Secundino Burga Fernandez
TECNICO DE LABORATORIO	: Moises Vasquez Vasquez
LUGAR DE ENSAYO	: Los ensayos de las muestras se realizaron en las instalaciones de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC, ubicado en Av. Vicente Ruso Lote 1 - Fundo el Cerrito (paralela a la Av. Arequipa intersección con Prolongación Bolognesi) - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque.
MUESTRA Y CONTRAMUESTRA	: <ul style="list-style-type: none"> * Tipo de muestra, alterada en saco. * La contramuestra se almacenará, por un periodo de 15 días. * Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información).
OTROS (**)	:
NOTA :	<p>* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.</p> <p>* El informe de ensayo no pueden ser reproducido de manera total o parcial sin autorización escrita del laboratorio de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos. Asimismo, este informe no tiene validez sin la firma del Supervisor de laboratorio en todo el documento.</p> <p>* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.</p> <p>(**) Datos proporcionados por el cliente.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>USAT</p> <p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENRIQUECIMIENTO</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Moises Vasquez Vasquez</p> <p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Secundino Burga Fernandez</p> <p>REC. CI 14278</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>EMP ASFALTOS</p> <p>CHICLAYO - PERU</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">Autorizado por: <u>Ing. Secundino Burga Fernandez</u></p>	



Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C

INFORME DE ENSAYO CI24-832

PROYECTO (**)	: Influencia de la Ciencia Volcánica en las Propiedades Físicas y Mecánicas en la Elaboración de Adoquines Tipo I	FECHA DE MUESTREO (**)	: 24/09/2024
UBICACIÓN (**)	: Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque	MUESTREADO POR (**)	: -
CLIENTE (**)	: Anderson Junior Vargas	FECHA DE RECEPCION	: 24/09/2024
MATERIAL	: Ceniza volcánica	FECHA DE ENSAYO	: 24/09/2024
CODIGO DE MUESTRA (**)	: Muestra: M-01	FECHA DE EMISION	: 26/09/2024
CÓDIGO ÚNICO	: M24-1866		
TECNICO ENCARGADO	: Moises Vasquez Vasquez		

AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Edición
NTP 400.022:2021

DATOS DEL ENSAYO				
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (g)	300.0	300.0	
B	Peso Frasco + agua (g)	689.7	691.4	
C	Peso Frasco + agua + A (g)	989.7	991.4	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	875.1	876.6	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)	114.6	114.8	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	299.5	299.51	
G	Vol de masa = E - (A - F) (g)	114.1	114.3	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.613	2.609	2.611
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.618	2.613	2.616
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.625	2.620	2.623
	Absorción = ((A - F)/F)*100 (%)	0.167	0.164	0.17%

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barrón Fernández
ING. CIVIL



Revisado y aprobado.

- * El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- * El informe de ensayo no pueden ser reproducido de manera total o parcial sin autorización escrita del laboratorio de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos. Asimismo, este informe no tiene validez sin la firma del Supervisor de laboratorio en todo el documento.
- * Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- (**) Datos proporcionados por el cliente.



Anexo 4. Granulometría A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



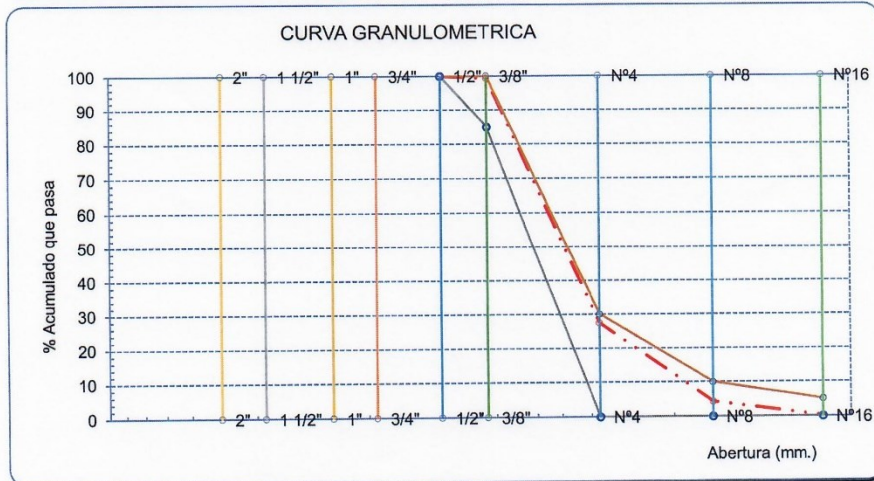
Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012
 Ensayo: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado grueso

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo** P. Inicial H. **1018.14**
 P. Inicial S. **1018**

Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa	
2"	50.00	0.00	0.0	100.0	- -
1 1/2"	38.00	0.00	0.0	100.0	- -
1"	25.00	0.00	0.0	100.0	- -
3/4"	19.00	0.00	0.0	100.0	- -
1/2"	12.70	0.00	0.0	100.0	100 100
3/8"	9.52	6.91	0.7	99.3	85 100
N° 04	4.75	732.22	71.9	27.4	0 30
N° 08	2.36	235.53	23.1	4.3	0 10
N° 16	1.19	42.07	4.1	0.1	0 5
Fondo		1.41	0.1	100.0	- -
Tamaño Maximo			1/2"	25.00	
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	19.00	



Observaciones :

Henry Rivadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 5. Granulometría A.F



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

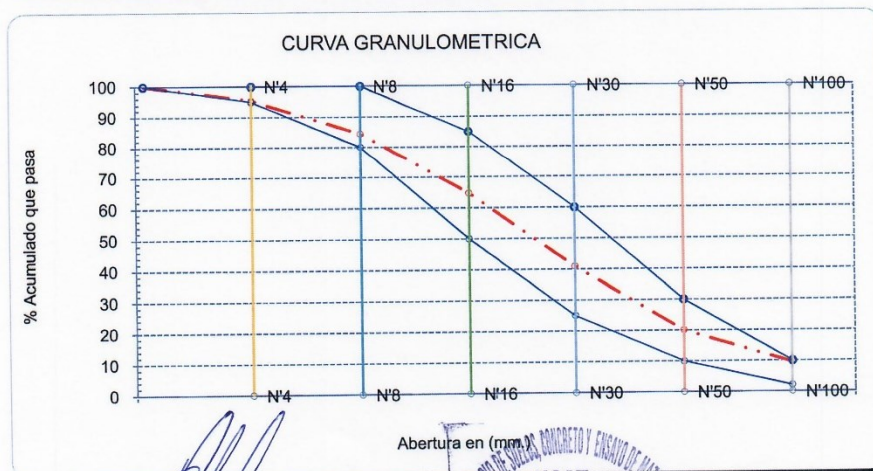
**Formato Interno**

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012
Ensayo: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo P. Inicial H. 502.9
P. Inicial S. 502.9

Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa	
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100 100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100 100
N° 04	4.750	23.47	4.7	4.7	95 100
N° 08	2.360	55.55	11.0	15.7	80 100
N° 16	1.180	98.83	19.7	35.4	50 85
N° 30	0.600	119.64	23.8	59.2	25 60
N° 50	0.300	104.91	20.9	80.0	10 30
N° 100	0.150	52.93	10.5	90.5	2 10
Fondo		47.6	9.5	100.0	0.0
Módulo de Fineza				2.855	
Abertura de malla de referencia				4.750	



Observaciones:

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Lambayeque

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
LAMBAYEQUE
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 6. Peso unitario A.F



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**Formato Interno**

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Ensayo: Ensayo para determinar el peso unitario del agregado Fino.

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8880	8890
2.- Peso del recipiente	(gr.)	5170	5170
3.- Peso del material		8880	8890
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1610	1612
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1611	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9710	9720
2.- Peso del recipiente	(gr.)	5170	5170
3.- Peso del material		9710	9720
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1760	1762
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1761	

Observaciones :


Henry Rivadeheya Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



Anexo 7. Peso unitario A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**Formato Interno**

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Ensayo: Ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso.

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo**

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7410	7400
2.- Peso del recipiente	(gr.)	5170	5170
3.- Peso del material		7410	7400
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1343	1341
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1342	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8240	8250
2.- Peso del recipiente	(gr.)	5170	5170
3.- Peso del material		8240.0	8250.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1494	1496
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1495	

Observaciones :


Rivaldeyra
Obfias
Téc. Laboratorio
USAT



Anexo 8. Contenido de humedad A.F



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

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

Título: Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados fino.

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo**

I.- Datos Agregado Fino

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.41	540.9
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	499.21	532.88
C.- Peso de recipiente	(gr.)	66.80	66.67
D.- Contenido de humedad	(%)	0.24	1.51
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.87	

Observaciones :


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica



Anexo 9. Contenido de humedad A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025
 Referencia: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185
 Titulo: Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados grueso

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo**

I.- Datos Agregado Grueso

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1004.62	1004.76
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	999.47	1000.01
C.- Peso de recipiente	(gr.)	77.34	82.13
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.50	

Observaciones :


 Henry Obdías
 Obdías
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 10. Densidad relativa A.F



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión: : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

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

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos A.F

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	500.41	501.81
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1014.10	1014.26
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(g)	706.63	708.03
4.- Peso del Agua	(g)	307.47	306.23
5.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	696.92	708.06
6.- Peso del Frasco	(g)	206.22	206.22
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	490.70	501.84
8.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.569
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.589
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.620
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.98

Observaciones :

Henry Rivasdeygra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 11. Densidad relativa A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Ensayo: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos A.G

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	501.59	501.59
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1001.19	1001.19
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(g)	707.16	707.16
4.- Peso del Agua	(g)	294.03	294.03
5.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	702.68	702.68
6.- Peso del Frasco	(g)	205.57	205.57
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	497.11	497.11
8.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.414
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.428
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.448
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.90

Observaciones :


Henry Ruedeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 12. Contenido de sales A.F



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma MTC E-219 ó N.T.P. 339.152

Ensayo: Ensayo para determinar el contenido de sales solubles en el agregado fino

Cantera : **Cantera la Victoria - Pátapo**

I.- Datos A.F

1.- Relación de Mezcla Suelo + Agua destilada		1:5	1:5
2.- Peso de la Muestra	(g)	50	50.05
3.- Peso del Frasco	(g)	50.08	51.90
4.- Peso del Frasco + Agua+ Sales	(g)	142.90	142.90
5.- Peso del Frasco + Residuo de Sales	(g)	50.17	52.02
6.- Peso de Residuos de sales	(g)	0.09	0.12
7.- Volumen de Solución	(g)	92.73	90.88

II.- Resultados

A.-Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	0.10%
B.- Constituyentes de sales solubles totales	(ppm)	1049.48

Observaciones :


Henry
Cipadeneyra
Obllitas
Tec. Laboratorio
USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 13. Contenido de sales A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma MTC E-219 6 N.T.P. 339.152

Ensayo: Ensayo para determinar el contenido de sales solubles en el agregado grueso

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos A.G

1.- Relación de Mezcla Suelo + Agua destilada		1:5	1:5
2.- Peso de la Muestra	(g)	50.02	50.06
3.- Peso del Frasco	(g)	50.50	47.30
4.- Peso del Frasco + Agua+ Sales	(g)	146.40	145.30
5.- Peso del Frasco + Residuo de Sales	(g)	50.60	47.38
6.- Peso de Residuos de sales	(g)	0.10	0.08
7.- Volumen de Solución	(g)	95.80	97.92

II.- Resultados

A.-Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	0.09%
B.- Constituyentes de sales solubles totales	(ppm)	899.28

Observaciones :


Henry Rivasdeygra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 14. Resistencia al desgaste A.G



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-131 ó N.T.P. 400.019

Ensayo: Método de ensayo para la determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos.

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos

1.- Gradación		A
2.- Número de esferas		12
3.- Vueltas	(g)	500
4.- Peso de la muestra	(g)	5000.00
5.- Peso retenido Tamiz N°04	(g)	1741.97
6.- Peso retenido sobrante	(g)	1281.25
7.- Peso recuperado	(g)	3023.22
8.- Porcentaje recuperado	(%)	60.46

II.- Resultados

A.- Porcentaje de desgaste	(%)	39.54
----------------------------	-----	--------------

Observaciones :


Henry
Rivadeneyra
Obllias
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 15. Determinación de la inalterabilidad del A.F por medio de sulfatos de sodio.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-88 ó N.T.P. 400.016

Ensayo: Determinación de la inalterabilidad del agregado fino por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos

Tamaños de tamices		Gradación Original	Gradación de la Muestra Originales	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo	Peso despues del ensayo	Perdida Total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(g)	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
3/8"	Nº 4	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	100.30	16.69	100.00	94.09	5.91	0.99
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	100.23	16.68	100.00	93.62	6.38	1.06
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	100.10	16.66	100.00	88.30	11.70	1.95
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	100.15	16.66	100.00	92.26	7.74	1.29
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	100.16	16.67	100.00	89.13	10.87	1.81
300 µm	150 µm						
Nº 100		100.05	16.65	100.00	90.02	9.98	1.66
150 µm							
Totales		600.99	100.00	700.00	547.42		8.76

II.- Resultados

A.- Desgaste Total	(%)	8.76
--------------------	-----	------

Observaciones :


 Henry Ribadenebra Oblitas
 Tegn. Laboratorio USAT



 USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 16. Determinación de la inalterabilidad del A.G por medio de sulfatos de sodio.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-88 ó N.T.P. 400.016

Ensayo: Determinación de la inalterabilidad del agregado grueso por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Cantera : Cantera la Victoria - Pátapo

I.- Datos

Tamaños de tamices		Gradación Original	Gradación de la Muestra Originales	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo	N° de partículas	Peso después del ensayo	Perdida Total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(g)	(%)	(g)		(g)	(%)	(%)
3/4"	1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
19 mm	12.5 mm							
1/2"	3/8"	101.77	50.32	100.00	23.00	86.97	13.03	6.56
12.5 mm	9.5 mm							
3/8"	N° 4	100.47	49.68	100.00	31.00	94.00	6.00	2.98
9.5 mm	4.75 mm							
Totales		202.24	100.00	200.00		180.97		9.54

II.- Resultados

A.- Desgaste Total	(%)	9.54
--------------------	-----	-------------

Observaciones :


Henry Rivasdeheya Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 17. Diseño de mezcla patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA (sin aire incorporado)
Referencia : Metodología ACI 211
Título : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Resistencia del Diseño :

f'c = 320 kg/cm²

DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO: La Victoria-Pátapo

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de finiza (adimensional)

FINO: La Victoria-Pátapo

3/8"	-----	pulg.
1342	1611	kg/cm ³
1495	1761	kg/cm ³
2414	2569	kg/cm ³
0.50	0.87	%
0.90	0.98	%
-----	2.855	

DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Ceniza Volcánica
- 20.- Densidad aparente de la ceniza volcánica

f'cr	405	kg/cm ²
R ^{2/c}	0.425	%
	1	Pulg.
	207	L/m ³
	0.455	m ³
	3150	kg/cm ³
	0.0	%
	2616.0	kg/cm ³

Resultado final de diseño (húmedo)

			Diseño	
Cantidad de cemento	632.54	Kg/m ³	4.474	kg
Agua de mezclado	268.83	Lt/m ³	1.901	Lt
Arena	(húmeda) 718.11	Kg/m ³	5.079	kg
Grava	(húmeda) 541.58	Kg/m ³	3.830	kg
Ceniza volcánica	0.00	Kg/m ³	0.000	kg
	2161		15.284	kg

F./Cemento	15	Bolsas
R ^{2/c}	0.425	Diseño
R ^{2/c}	0.432	Obra
Arena	57	%
Grava	43	%

Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

	<u>Cemento</u>	<u>arena</u>	<u>Grava</u>	<u>Agua</u>	<u>Ceniza Volcánica</u>	
El Proporción en peso :	1.00	1.14	0.86	18.06	0.00	Lts/Pie ³
El Proporción en volumen :	1.00	1.06	0.96	18.06	0.00	Lts/Pie ³

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 18. Diseño de mezcla 5% C.V



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA (sin aire incorporado)
Referencia : Metodología ACI 211
Título : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Resistencia del Diseño : $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$

DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO: La Victoria-Pátapo

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de finza (adimensional)

FINO: La Victoria-Pátapo

3/8"	-----	pulg.
1342	1611	kg/cm ³
1495	1761	kg/cm ³
2414	2569	kg/cm ³
0.50	0.87	%
0.90	0.98	%
-----	2.855	

DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Ceniza Volcánica
- 20.- Densidad aparente de la ceniza volcánica

f'_{cr}	405	kg/cm ³
	3	%
$R^{a/c}$	0.425	
	1	Pulg.
	207	L/m ³
	0.455	m ³
	3150	kg/cm ³
	5.0	%
	2616.0	kg/cm ³
F_{Cemento}	15	Bolsas
$R^{a/c}$	0.433	Diseño
$R^{a/c}$	0.432	Obra
Arena	57	%
Grava	43	%

Resultado final de diseño (húmedo)

			Diseño
Cantidad de cemento	620.45	Kg/m ³	4.388 kg
Agua de mezclado	268.83	Lt/m ³	1.901 Lt
Arena (húmeda)	718.11	Kg/m ³	5.079 kg
Grava (húmeda)	541.58	Kg/m ³	3.830 kg
Ceniza volcánica	12.09	Kg/m ³	0.086 kg
	2161		15.199 kg

Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

	Cemento	arena	Grava	Agua	Ceniza Volcánica	
En Proporción en peso :	0.98	1.14	0.86	18.41	0.02	Lts/Pie ³
En Proporción en volumen :	0.98	1.06	0.96	18.41	0.02	Lts/Pie ³

Henry Huadenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 19. Diseño de mezcla 15% C.V



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA (sin aire incorporado)
Referencia : Metodología ACI 211
Título : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Resistencia del Diseño : $f'c =$ 320 kg/cm²

DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO: La Victoria-Pátapo

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de fineza (adimensional)

FINO: La Victoria-Pátapo

3/8"	-----	pulg.
1342	1611	kg/cm ³
1495	1761	kg/cm ³
2414	2569	kg/cm ³
0.50	0.87	%
0.90	0.98	%
-----	2.855	

DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Ceniza Volcánica
- 20.- Densidad aparente de la ceniza volcánica

f'_{cr}	405	kg/cm ²
	3	%
$R^{a/c}$	0.425	
	1	Pulg.
	207	L/m ³
	0.455	m ³
	3150	kg/cm ³
	15.0	%
	2616.0	kg/cm ³
$F_c / \text{Cemento}$	14	Bolsas
$R^{a/c}$	0.451	Diseño
$R^{a/c}$	0.432	Obra
Arena	57	%
Grava	43	%

Resultado final de diseño (húmedo)

			Diseño
Cantidad de cemento	596.27	Kg/m ³	4.217 kg
Agua de mezclado	268.83	Lt/m ³	1.901 Lt
Arena (húmeda)	718.11	Kg/m ³	5.079 kg
Grava (húmeda)	541.58	Kg/m ³	3.830 kg
Ceniza volcánica	36.27	Kg/m ³	0.257 kg
	2161		15.028 kg

Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

	Cemento	arena	Grava	Agua	Ceniza Volcánica
E ₁ Proporción en peso :	0.94	1.14	0.86	19.16	0.06 Lts/Pie ³
E ₁ Proporción en volumen :	0.94	1.06	0.96	19.16	0.06 Lts/Pie ³

Henry Roldaneyra Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 20. Diseño de mezcla 25% C.V



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA (sin aire incorporado)
Referencia : Metodología ACI 211
Título : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Resistencia del Diseño : $f'c =$ 320 kg/cm²

DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO: La Victoria-Pátapo

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de finiza (adimensional)

FINO: La Victoria-Pátapo

3/8"	-----	pulg.
1342	1611	kg/cm ³
1495	1761	kg/cm ³
2414	2569	kg/cm ³
0.50	0.87	%
0.90	0.98	%
-----	2.855	

DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Ceniza Volcánica
- 20.- Densidad aparente de la ceniza volcánica

f'_{cr}	405	kg/cm ²
	3	%
$R^{a/c}$	0.425	
	1	Pulg.
	207	L/m ³
	0.455	m ³
	3150	kg/cm ³
	25.0	%
	2616.0	kg/cm ³
F_c /Cemento	13	Bolsas
$R^{a/c}$	0.470	Diseño
$R^{a/c}$	0.432	Obra
Arena	57	%
Grava	43	%

Resultado final de diseño (húmedo)

			Diseño
Cantidad de cemento	572.09	Kg/m ³	4.046 kg
Agua de mezclado	268.83	Lt/m ³	1.901 Lt
Arena (húmeda)	718.11	Kg/m ³	5.079 kg
Grava (húmeda)	541.58	Kg/m ³	3.830 kg
Ceniza volcánica	60.45	Kg/m ³	0.428 kg
	2161		14.857 kg

Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

	Cemento	arena	Grava	Agua	Ceniza Volcánica
E: Proporción en peso :	0.90	1.14	0.86	19.97	0.10
E: Proporción en volumen :	0.90	1.06	0.96	19.97	0.10
					Lts/Pie ³
					Lts/Pie ³

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 21. Diseño de mezcla 35% C.V



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA (sin aire incorporado)
Referencia : Metodología ACI 211
Título : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Resistencia del Diseño : $f'c =$ 320 kg/cm²

DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO: La Victoria-Pátapo

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de fineza (adimensional)

FINO: La Victoria-Pátapo

3/8"	-----	pulg.
1342	1611	kg/cm ³
1495	1761	kg/cm ³
2414	2569	kg/cm ³
0.50	0.87	%
0.90	0.98	%
-----	2.855	

DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Ceniza Volcánica
- 20.- Densidad aparente de la ceniza volcánica

f'_{cr}	405	kg/cm ³
	3	%
$R^{a/c}$	0.425	
	1	Pulg.
	207	L/m ³
	0.455	m ³
	3150	kg/cm ³
	35.0	%
	2616.0	kg/cm ³
$F_{cemento}$	13	Bolsas
$R^{a/c}$	0.491	Diseño
$R^{a/c}$	0.432	Obra
Arena	57	%
Grava	43	%

Resultado final de diseño (húmedo)

			Diseño
Cantidad de cemento	547.91	Kg/m ³	3.875 kg
Agua de mezclado	268.83	Lt/m ³	1.901 Lt
Arena (húmeda)	718.11	Kg/m ³	5.079 kg
Grava (húmeda)	541.58	Kg/m ³	3.830 kg
Ceniza volcánica	84.63	Kg/m ³	0.599 kg
	2161		14.686 kg

Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

	<u>Cemento</u>	<u>arena</u>	<u>Grava</u>	<u>Agua</u>	<u>Ceniza Volcánica</u>
Ei Proporción en peso :	0.87	1.14	0.86	20.85	0.13
Ei Proporción en volumen :	0.87	1.06	0.96	20.85	0.13
					Lts/Pie ³
					Lts/Pie ³

Henry Rivas de la Cruz
 Obliuas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA
 SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 22. Ensayo de asentamiento



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma N.T.P.339.035

Título: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto

Ensayo: Slump

I.- Resultados

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Slump (in)
Muestra Patrón	1"
5 % de ceniza Volcánica	0.9 "
15 % de ceniza Volcánica	1.1"
25 % de ceniza Volcánica	1.2"
35 % de ceniza Volcánica	1.2"

Observaciones :


Henry
Roadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 23. Contenido de aire



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: ASTM C231-14

Título: Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto

Ensayo: Contenido de aire

I.- Resultados

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Aire atrapado (%)
Muestra Patrón	3
5 % de ceniza Volcánica	3
15 % de ceniza Volcánica	2.9
25 % de ceniza Volcánica	2.7
35 % de ceniza Volcánica	2.8

Observaciones :


Henry Rivas Oblias
Tec. Laboratorio
USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 24. Temperatura del concreto fresco



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: ASTM C1064/ C1064M

Título: Método de ensayo Normalizado para determinar la temperatura del concreto

Ensayo: Temperatura al concreto fresco

I .- Resultados

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Temperatura (°C)
Muestra Patrón	22.5
5 % de ceniza Volcánica	22.5
15 % de ceniza Volcánica	24.6
25 % de ceniza Volcánica	22.2
35 % de ceniza Volcánica	22.1

Observaciones :


Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 25. Tolerancia dimensional adoquines para resistencia a la compresión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la compresión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	7	20.00	10.15	6.20	0.00	1.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		7	20.10	10.10	6.20	1.00	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
3		7	20.12	10.15	6.25	1.20	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	7	20.00	9.90	6.25	0.00	1.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
5		7	20.15	10.00	6.30	1.50	0.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
6		7	20.05	10.20	6.15	0.50	2.00	1.50	Cumple	No Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	7	20.10	9.90	6.30	1.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
8		7	20.00	10.10	6.30	0.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
9		7	20.10	10.10	6.30	1.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	7	19.90	10.00	6.25	1.00	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		7	20.00	10.20	6.30	0.00	2.00	3.00	Cumple	No Cumple	Cumple
12		7	20.10	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	7	20.10	10.00	6.20	1.00	0.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
14		7	19.90	10.00	6.25	1.00	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
15		7	20.10	10.10	6.20	1.00	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : Tolerancia dimensional para resistencia a la compresión

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	14	20.05	9.90	6.25	0.50	1.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
2		14	19.95	10.00	6.25	0.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
3		14	19.90	9.95	6.30	1.00	0.50	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	14	20.15	10.00	6.25	1.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
5		14	20.15	9.95	6.20	1.50	0.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
6		14	20.20	10.05	6.20	2.00	0.50	2.00	No Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	14	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
8		14	20.05	10.10	6.20	0.50	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
9		14	20.15	10.10	6.20	1.50	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	14	20.15	9.90	6.15	1.50	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		14	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
12		14	20.15	9.95	6.10	1.50	0.50	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	14	20.15	10.05	6.15	1.50	0.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
14		14	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
15		14	20.15	10.10	6.10	1.50	1.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la compresión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	20.05	10.15	6.20	0.50	1.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	20.05	10.10	6.15	0.50	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	20.00	10.15	6.15	0.00	1.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.05	6.30	1.00	0.50	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
5		28	20.15	10.00	6.25	1.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	20.15	10.00	6.25	1.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.15	6.20	1.00	1.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	20.10	10.10	6.20	1.00	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	20.15	10.10	6.15	1.50	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	20.05	10.05	6.10	0.50	0.50	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	20.00	10.10	6.10	0.00	1.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	20.00	10.10	6.05	0.00	1.00	0.50	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	20.15	10.10	6.20	1.50	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	20.10	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


 Henry Ruyadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 26. Tolerancia dimensional adoquines para resistencia a la flexión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la flexión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	7	20.10	9.90	6.30	1.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		7	20.05	10.15	6.15	0.50	1.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
3		7	20.10	10.10	6.30	1.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	7	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
5		7	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
6		7	20.15	10.15	6.20	1.50	1.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	7	20.05	10.15	6.20	0.50	1.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
8		7	20.05	10.10	6.20	0.50	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
9		7	20.10	10.10	6.20	1.00	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	7	20.10	9.90	6.25	1.00	1.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		7	20.10	10.10	6.15	1.00	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
12		7	20.10	9.90	6.25	1.00	1.00	2.85	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	7	20.10	10.20	6.25	1.00	2.00	2.50	Cumple	No Cumple	Cumple
14		7	20.05	9.90	6.20	0.50	1.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
15		7	20.00	9.90	6.30	0.00	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la flexión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	14	20.10	10.05	6.10	1.00	0.50	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		14	20.00	10.00	6.05	0.00	0.00	0.50	Cumple	Cumple	Cumple
3		14	20.05	10.00	6.10	0.50	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	14	20.15	9.95	6.15	1.50	0.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
5		14	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
6		14	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	14	20.00	10.00	6.10	0.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
8		14	19.95	9.95	6.05	0.50	0.50	0.50	Cumple	Cumple	Cumple
9		14	20.05	10.00	6.10	0.50	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	14	20.00	9.90	6.15	0.00	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		14	20.05	10.00	6.10	0.50	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
12		14	20.05	9.95	6.10	0.50	0.50	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	14	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
14		14	20.05	10.05	6.20	0.50	0.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
15		14	20.10	10.00	6.20	1.00	0.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la flexión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	20.00	10.00	6.10	0.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	19.95	9.95	6.05	0.50	0.50	0.50	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	20.05	10.00	6.10	0.50	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	20.20	10.00	6.25	2.00	0.00	2.50	No Cumple	Cumple	Cumple
5		28	20.15	9.95	6.20	1.50	0.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	20.15	10.05	6.20	1.50	0.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	19.90	10.00	6.25	1.00	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	20.00	10.20	6.30	0.00	2.00	3.00	Cumple	No Cumple	Cumple
9		28	20.10	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	20.10	9.90	6.25	1.00	1.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	20.10	10.10	6.15	1.00	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	20.10	9.90	6.29	1.00	1.00	2.85	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.05	6.30	1.00	0.50	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	20.15	10.00	6.25	1.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	20.15	10.00	6.25	1.50	0.00	2.50	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


Henry Rivadeneira Oblinas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 27. Tolerancia dimensional adoquines para ensayo de absorción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para ensayo de absorción**

I.- Resultados

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	19.90	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	20.00	10.20	6.30	0.00	2.00	3.00	Cumple	No Cumple	Cumple
3		28	20.10	10.15	6.25	1.00	1.50	2.50	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	20.20	9.90	6.30	2.00	1.00	3.00	No Cumple	Cumple	Cumple
5		28	20.15	10.05	6.15	1.50	0.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
6	15 % de ceniza Volcánica	28	20.15	10.10	6.30	1.50	1.00	3.00	Cumple	Cumple	Cumple
7		28	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
8	25 % de ceniza Volcánica	28	20.05	10.05	6.20	0.50	0.50	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	20.10	10.00	6.20	1.00	0.00	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	35 % de ceniza Volcánica	28	20.15	9.95	6.15	1.50	0.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
12	35 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
13		28	20.15	9.95	6.15	1.50	0.50	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	20.10	10.00	6.15	1.00	0.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
15	35 % de ceniza Volcánica	28	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	20.10	10.00	6.10	1.00	0.00	1.00	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


Héctor Rivas Obispo
Téc. Laboratorio USAT



Anexo 28. Tolerancia dimensional adoquines para resistencia a la abrasión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisi3n : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Tolerancia dimensional para resistencia a la abrasión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	EDAD (días)	DIMENSIONES			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN		
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo	Ancho	Espesor
1	Muestra Patrón	28	20.12	10.01	6.20	1.20	0.10	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
2		28	20.14	10.00	6.23	1.40	0.00	2.30	Cumple	Cumple	Cumple
3		28	20.10	9.98	6.21	1.00	0.20	2.10	Cumple	Cumple	Cumple
4	5 % de ceniza Volcánica	28	20.15	10.12	6.15	1.50	1.20	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
5		28	20.16	10.10	6.19	1.60	1.00	1.90	Cumple	Cumple	Cumple
6		28	20.13	10.09	6.17	1.30	0.90	1.70	Cumple	Cumple	Cumple
7	15 % de ceniza Volcánica	28	20.16	10.15	6.19	1.60	1.50	1.90	Cumple	Cumple	Cumple
8		28	20.10	10.13	6.17	1.00	1.30	1.70	Cumple	Cumple	Cumple
9		28	20.12	10.16	6.20	1.20	1.60	2.00	Cumple	Cumple	Cumple
10	25 % de ceniza Volcánica	28	20.00	10.12	6.18	0.00	1.20	1.80	Cumple	Cumple	Cumple
11		28	20.04	10.10	6.16	0.40	1.00	1.60	Cumple	Cumple	Cumple
12		28	20.01	10.10	6.15	0.10	1.00	1.50	Cumple	Cumple	Cumple
13	35 % de ceniza Volcánica	28	20.12	10.13	6.21	1.20	1.30	2.10	Cumple	Cumple	Cumple
14		28	20.10	10.15	6.24	1.00	1.50	2.40	Cumple	Cumple	Cumple
15		28	20.15	10.10	6.18	1.50	1.00	1.80	Cumple	Cumple	Cumple

Observaciones :


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 29. Resistencia a la compresión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Resistencia a la compresión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	LECTURA (kg)	f'c de diseño (kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	04/10/2024	11/10/2024	7	52500.5	320	258.62
2		04/10/2024	11/10/2024	7	49847.6	320	245.54
3		04/10/2024	11/10/2024	7	52125.4	320	255.24
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	45641.4	320	230.51
5		04/10/2024	11/10/2024	7	43737.5	320	217.06
6		04/10/2024	11/10/2024	7	48390.5	320	236.62
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	49130.4	320	246.90
8		04/10/2024	11/10/2024	7	48922.1	320	242.19
9		04/10/2024	11/10/2024	7	47406.3	320	233.52
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	45677.3	320	229.53
11		04/10/2024	11/10/2024	7	45770.1	320	224.36
12		04/10/2024	11/10/2024	7	46141.4	320	226.17
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	43444.1	320	216.14
14		04/10/2024	11/10/2024	7	40355.5	320	202.79
15		04/10/2024	11/10/2024	7	42632.1	320	210.00

Observaciones :


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Resistencia a la compresión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	LECTURA (kg)	f'c de diseño (kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	04/10/2024	18/10/2024	14	66842.8	320	336.7
2		04/10/2024	18/10/2024	14	65963.6	320	330.6
3		04/10/2024	18/10/2024	14	65454.1	320	330.6
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	64199.0	320	318.6
5		04/10/2024	18/10/2024	14	65381.1	320	326.1
6		04/10/2024	18/10/2024	14	66282.7	320	326.5
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	68769.9	320	342.1
8		04/10/2024	18/10/2024	14	67143.3	320	331.6
9		04/10/2024	18/10/2024	14	67363.3	320	375.2
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	60815.7	320	304.9
11		04/10/2024	18/10/2024	14	60753.3	320	302.3
12		04/10/2024	18/10/2024	14	62018.1	320	309.3
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	58984.5	320	291.3
14		04/10/2024	18/10/2024	14	55970.6	320	278.5
15		04/10/2024	18/10/2024	14	59531.4	320	292.5

Observaciones :


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT






UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 399.611 - 2017

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

Ensayo : **Resistencia a la compresión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	LECTURA (kg)	f'c de diseño (kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	04/10/2024	04/11/2024	28	83750.5	320	411.54
2		04/10/2024	04/11/2024	28	79740.6	320	393.77
3		04/10/2024	04/11/2024	28	83493.6	320	411.30
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	85003.6	320	420.80
5		04/10/2024	04/11/2024	28	98816.7	320	490.41
6		04/10/2024	04/11/2024	28	80746.7	320	400.73
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	87550.7	320	429.14
8		04/10/2024	04/11/2024	28	94810.2	320	467.02
9		04/10/2024	04/11/2024	28	77258.8	320	379.62
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	76176.4	320	378.04
11		04/10/2024	04/11/2024	28	76137.7	320	376.92
12		04/10/2024	04/11/2024	28	74777.2	320	370.18
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	64878.8	320	318.01
14		04/10/2024	04/11/2024	28	71835.1	320	352.97
15		04/10/2024	04/11/2024	28	63489.7	320	311.20

Observaciones :

Acery
Rodríguez
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 30. Resistencia a la flexión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma ITINTEC 339.124 1988

Título : Adoquines de concreto. Requisitos y métodos de ensayo

Ensayo : Resistencia a la flexión

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	Distancia entre apoyos (cm)	LECTURA (kg)	RESISTENCIA (N/mm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	04/10/2024	11/10/2024	7	15.02	1450	8.16
2		04/10/2024	11/10/2024	7	14.92	1430	8.21
3		04/10/2024	11/10/2024	7	14.97	1340	7.39
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	15.07	1350	7.89
5		04/10/2024	11/10/2024	7	15.02	1310	7.78
6		04/10/2024	11/10/2024	7	15.02	1320	7.50
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	14.92	1450	8.19
8		04/10/2024	11/10/2024	7	14.87	1470	8.34
9		04/10/2024	11/10/2024	7	14.97	1430	8.14
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	14.92	1290	7.37
11		04/10/2024	11/10/2024	7	14.97	1230	7.12
12		04/10/2024	11/10/2024	7	14.97	1300	7.35
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	11/10/2024	7	15.02	1250	6.93
14		04/10/2024	11/10/2024	7	14.97	1120	6.48
15		04/10/2024	11/10/2024	7	15.02	1160	6.48

Observaciones :


Henry Guadalupe Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma ITINTEC 339.124 1988

Título : Adoquines de concreto. Requisitos y métodos de ensayo

Ensayo : Resistencia a la flexión

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	Distancia entre apoyos (cm)	LECTURA (kg)	RESISTENCIA (N/mm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	04/10/2024	18/10/2024	14	15.02	1560	9.22
2		04/10/2024	18/10/2024	14	14.92	1520	9.12
3		04/10/2024	18/10/2024	14	14.97	1530	9.06
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	15.07	1580	9.31
5		04/10/2024	18/10/2024	14	15.02	1570	9.17
6		04/10/2024	18/10/2024	14	15.02	1460	8.67
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	14.92	1490	8.79
8		04/10/2024	18/10/2024	14	14.87	1470	8.83
9		04/10/2024	18/10/2024	14	14.97	1430	8.47
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	14.92	1340	7.86
11		04/10/2024	18/10/2024	14	14.97	1250	7.40
12		04/10/2024	18/10/2024	14	14.97	1310	7.79
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	18/10/2024	14	15.02	1290	7.54
14		04/10/2024	18/10/2024	14	14.97	1270	7.24
15		04/10/2024	18/10/2024	14	15.02	1230	7.07

Observaciones :


 Renzo Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma ITINTEC 339.124 1988

Título : Adoquines de concreto. Requisitos y métodos de ensayo

Ensayo : **Resistencia a la flexión**

I.- Resultados

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	Distancia entre apoyos (cm)	LECTURA (kg)	RESISTENCIA (N/mm ²)
		VACIADO	ROTURA				
1	Muestra Patrón	#####	04/11/2024	28	14.92	1810	10.68
2		#####	04/11/2024	28	14.87	1520	9.13
3		#####	04/11/2024	28	14.97	1630	9.65
4	5 % de ceniza Volcánica	#####	04/11/2024	28	15.12	1930	10.99
5		#####	04/11/2024	28	15.07	1880	10.90
6		#####	04/11/2024	28	15.07	1780	10.22
7	15 % de ceniza Volcánica	#####	04/11/2024	28	14.82	1800	10.05
8		#####	04/11/2024	28	14.92	1730	9.38
9		#####	04/11/2024	28	15.02	1790	9.98
10	25 % de ceniza Volcánica	#####	04/11/2024	28	15.02	1540	8.80
11		#####	04/11/2024	28	15.02	1480	8.56
12		#####	04/11/2024	28	15.02	1560	8.82
13	35 % de ceniza Volcánica	#####	04/11/2024	28	15.02	1430	7.92
14		#####	04/11/2024	28	15.07	1350	7.66
15		#####	04/11/2024	28	15.07	1360	7.72

Observaciones :

Ricardo Obliatas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 31. Ensayo de absorción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis :
Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia : Norma N.T.P. 339.604 - 2002

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

Ensayo : Absorción

I.- Resultados

N°	Muestra	FECHA		EDAD (días)	Peso Recibido (gr)	Peso Saturada (gr)	Peso Sumergido (gr)	Peso Seco al horno (gr)	Absorción (%)	Contenido de humedad (%)
		VACIADO	ENSAYO							
1	Muestra Patrón	04/10/2024	04/11/2024	28	3332	3164	3329	3148	0.51	1.15
2		04/10/2024	04/11/2024	28	3279	3105	3280	3100	0.16	3.58
3		04/10/2024	04/11/2024	28	3404	3237	3402	3210	0.84	0.72
4	5 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	3217	3027	3219	3020	0.23	2.81
5		04/10/2024	04/11/2024	28	3401	3200	3400	3192	0.25	2.61
6		04/10/2024	04/11/2024	28	3518	3320	3517	3310	0.30	2.08
7	15 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	3238	3078	3234	3063	0.49	1.17
8		04/10/2024	04/11/2024	28	3207	3040	3200	3027	0.43	1.38
9		04/10/2024	04/11/2024	28	3143	2986	3140	2960	0.88	0.70
10	25 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	3385	3244	3386	3219	0.78	0.66
11		04/10/2024	04/11/2024	28	3393	3198	3378	3191	0.22	2.89
12		04/10/2024	04/11/2024	28	3354	3199	3357	3179	0.63	0.88
13	35 % de ceniza Volcánica	04/10/2024	04/11/2024	28	3318	3125	3317	3118	0.22	2.86
14		04/10/2024	04/11/2024	28	3244	3047	3242	3026	0.69	1.04
15		04/10/2024	04/11/2024	28	3276	3086	3280	3070	0.52	1.29

Observaciones :


 Hector Rivas
 Rivas Rivas
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT



 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TECNICO DE LABORATORIO

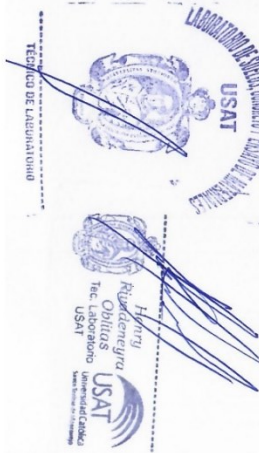
Anexo 32. Resistencia a la abrasión



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO: ABRASIÓN MUESTRA PATRON			
TESIS:	Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	Astudillo Vargas, Anderson Junior	ENSAYO:	ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD. TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	19 de mayo del 2025	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA



MUESTRA	DENOMINACION/ CODIFICACION	E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)	ABRASIÓN PROMEDIO 3 UNIDADES (%)
			PESO INICIAL	PESO DEL PRIMER CICLO	PESO DEL SEGUNDO CICLO	PESO DEL TERCER CICLO		
			(gr)	gr	gr	gr		
M-01	MUESTRA PATRON (CEMENTO TIPO I)	28	3042	3029.00	3023.00	3020.00	0.72%	0.52%
M-02	MUESTRA PATRON (CEMENTO TIPO I)	28	3059	3052.00	3048.00	3046.00	0.42%	
M-03	MUESTRA PATRON (CEMENTO TIPO I)	28	2963	2954.00	2952.00	2951.00	0.40%	

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
CET PUN LAMBAYEQUE
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Orlando Aldo Vasquez Cerquera
ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246809

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:

ABRASIÓN MUESTRA 5% CENIZA VOLCÁNICA

TESIS:	Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	Astudillo Vargas, Anderson Junior	ENSAYO:	ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD. TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	19 de mayo del 2025	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

CERTIFICADO DE LABORATORIO

MUESTRA	DENOMINACION/ CODIFICACION	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO 3 UNIDADES (%)
			PESO INICIAL	PESO DEL PRIMER CICLO	PESO DEL SEGUNDO CICLO	PESO DEL TERCER CICLO		
			(gr)	gr	gr	gr		
M-01	MUESTRA 5% CENIZA VOLCÁNICA	28	3073	3069.00	3065.00	3064.00	0.29%	0.23%
M-02	MUESTRA 5% CENIZA VOLCÁNICA	28	3115	3114.00	3112.00	3111.00	0.13%	
M-03	MUESTRA 5% CENIZA VOLCÁNICA	28	2951	2948.00	2945.00	2943.00	0.27%	

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Orlando Aldo Vasquez Cerquera
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES**

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:	
ABRASIÓN MUESTRA 15% DE CENIZA VOLCÁNICA	
TESIS:	Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
SOLICITANTE:	Astudillo Vargas, Anderson Junior
TÍTULO:	STANDARD. TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).
FECHA ENSAYO:	19 de mayo del 2025
	ENSAYO: ABRASIÓN
	NORMATIVA: ASTM C994/C944M-12
	CODIGO DE EXPEDIENTE: 007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACION/ CODIFICACION	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO 3 UNIDADES (%)
			PESO INICIAL (gr)	PESO DEL PRIMER CICLO gr	PESO DEL SEGUNDO CICLO gr	PESO DEL TERCER CICLO gr		
M-01	MUESTRA 15% CENIZA VOLCÁNICA	28	3066	3062.00	3060.00	3058.00	0.26%	0.35%
M-02	MUESTRA 15% CENIZA VOLCÁNICA	28	3179	3175.00	3173.00	3170.00	0.28%	
M-03	MUESTRA 15% CENIZA VOLCÁNICA	28	3122	3112.00	3110.00	3106.00	0.51%	



Henry Rivasdegraya
USAT
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica

Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Orlando Aldo Vasquez Cerquera
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES**

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:	
ABRASIÓN MUESTRA 25% CENIZA VOLCÁNICA	
TESIS:	Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
SOLICITANTE:	Astudillo Vargas, Anderson Junior
TÍTULO:	STANDARD. TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).
FECHA ENSAYO:	19 de mayo del 2025
ENSAYO:	ABRASIÓN
NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACION/ CODIFICACION	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO 3 UNIDADES (%)
			PESO INICIAL (gr)	PESO DEL PRIMER CICLO gr	PESO DEL SEGUNDO CICLO gr	PESO DEL TERCER CICLO gr		
M-01	MUESTRA 25% CENIZA VOLCÁNICA	28	3143	3140.00	3139.00	3138.00	0.16%	0.15%
M-02	MUESTRA 25% CENIZA VOLCÁNICA	28	3162	3160.00	3159.00	3158.00	0.13%	
M-03	MUESTRA 25% CENIZA VOLCÁNICA	28	3193	3191.00	3189.00	3188.00	0.16%	

TECNICO DE LABORATORIO

USAT

Henry Obilias Ojeda

Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Orlando Aldo Vasquez Cerquera
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:

ABRASIÓN MUESTRA 35% CENIZA VOLCÁNICA

TESES:	Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	Astudillo Vargas, Anderson Junior	ENSAYO:	ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD. TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	19 de mayo del 2025	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACION/ CODIFICACION	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO 3 UNIDADES (%)
			PESO INICIAL (gr)	PESO DEL PRIMER CICLO gr	PESO DEL SEGUNDO CICLO gr	PESO DEL TERCER CICLO gr		
			M-01	MUESTRA 35% CENIZA VOLCÁNICA	28	3077		
M-02	MUESTRA 35% CENIZA VOLCÁNICA	28	3082	3079.00	3078.00	3077.00	0.16%	
M-03	MUESTRA 35% CENIZA VOLCÁNICA	28	3059	3056.00	3054.00	3053.00	0.20%	

TECNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERIA, TOPOGRAFIA Y SERVICIOS GENERALES

USAT

Henry Rivas Arce
Otilias Obilias
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERIA, TOPOGRAFIA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 33. Módulo de elasticidad



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Formato Interno

Tesista : Astudillo Vargas, Anderson Junior
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Referencia: Norma ASTM C-469

Ensayo: STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión)

I.- Resultados

N°	Muestra	FECHA		EDAD (días)	Resistencia (Kg/cm ²)	Ec (Kg/cm ²)	Promedio Ec (Kg/cm ²)
		VACIADO	ENSAYO				
1	Muestra Patrón	30/10/2024	27/11/2024	28	441.80	307904.45	304865.69
2		30/10/2024	27/11/2024	28	419.10	302387.77	
3		30/10/2024	27/11/2024	28	440.93	304304.84	
4	5 % de ceniza Volcánica	30/10/2024	27/11/2024	28	472.33	321844.03	318397.37
5		30/10/2024	27/11/2024	28	433.21	311840.57	
6		30/10/2024	27/11/2024	28	468.93	321507.52	
7	15 % de ceniza Volcánica	30/10/2024	27/11/2024	28	403.06	298410.86	301650.17
8		30/10/2024	27/11/2024	28	415.10	304345.63	
9		30/10/2024	27/11/2024	28	407.76	302194.02	
10	25 % de ceniza Volcánica	30/10/2024	27/11/2024	28	397.24	297615.48	289369.34
11		30/10/2024	27/11/2024	28	376.37	292170.17	
12		30/10/2024	27/11/2024	28	349.75	278322.38	
13	35 % de ceniza Volcánica	30/10/2024	27/11/2024	28	342.62	284991.35	252849.77
14		30/10/2024	27/11/2024	28	249.45	244335.11	
15		30/10/2024	27/11/2024	28	235.29	229222.86	

Observaciones :


 Hecho en
 Chiclayo, 19 de mayo del 2025
 USAT
 Laboratorio
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 34. Certificado de calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración

TC - 03746 - 2024

Proforma : 8767A Fecha de emisión : 2024-09-18

Solicitante : HESANT CONSULTORES E.I.R.L.
Dirección : CALLE TAHUANTINSUYO URB. SAN LORENZO 1570
DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO -
LAMBAYEQUE.

Instrumento de medición : **Balanza**
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8335410495
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 10 g
División de Verificación : 10 g
Clase de Exactitud : III
Capacidad Mínima : 200 g
Procedencia : CHINA
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio suelos
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2024-09-17

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Lugar de calibración
Instalaciones de HESANT CONSULTORES

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



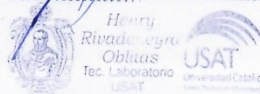
Página 1 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9596
(51) 988 401 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe



TÉCNICO DE LABORATORIO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
TC - 03746 - 2024

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-07157-2023 Mayo 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC-07381-2023 Mayo 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC-08046-2023 Mayo 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC-08047-2023 Mayo 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC-06807-2023 Julio 2023

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,3 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	75 %	76 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	15 000	6	-1	1	30000	30 000	6	-1
2		15 000	6	-1	2		30 000	6	-1
3		15 000	6	-1	3		30 000	6	-1
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	7	-2
7		15 000	5	0	7		30 000	7	-2
8		15 000	5	0	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	6	-1
10		15 000	6	-1	10		30 000	6	-1
Emax - Emin (g)				1	Emax - Emin (g)				1
e.m.p. ± (g)				20	e.m.p. ± (g)				30

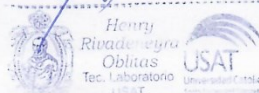
Página : 2 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 991 655

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe



TÉCNICO DE LABORATORIO

Certificado de Calibración
 TC - 03746 - 2024

2	5
1	
3	4

Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,5 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	75 %	75 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p. ± (g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	100	100	4	1	10000	10 000	5	0	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	5	0		10 000	6	-1	-1	
4		100	5	0		10 000	6	-1	-1	
5		100	4	1		10 000	7	-2	-3	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	75 %	75 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1						
200	200	6	-1	0	200	6	-1	0	10
2 000	2 000	6	-1	0	2 000	7	-2	-1	10
6 000	6 000	6	-1	0	6 000	7	-2	-1	20
8 000	8 000	6	-1	0	8 000	6	-1	0	20
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	-1	0	20
12 000	12 000	5	0	1	12 000	6	-1	0	20
15 000	15 000	5	0	1	15 000	6	-1	0	20
20 001	20 000	6	-2	-1	20 000	5	-1	0	20
25 001	25 000	6	-2	-1	25 000	5	-1	0	30
30 001	30 000	6	-2	-1	30 000	5	-1	0	30

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga incrementada

Eo : Error en cero

e.m.p. : Error máximo permitido

E : Error encontrado

Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	=	$R - 3,97 \times 10^{-6} \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
 La indicación de la balanza fue de 29 990 g para una carga de valor nominal 30000 g.

Incertidumbre

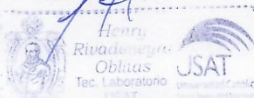
La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento

Página : 3 de 3


 Jr. Condesa de Lemos N°117
 San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe


TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 35. Conformidad de asesor

CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 20 de mayo del 2025.

Señores

Lopez Carranza, Atilio Ruben
Castillo Velarde, Roberto Carlos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: "**Influencia de la ceniza volcánica en las propiedades físico y mecánicas en la elaboración de adoquines Tipo I**".

Presentado por el estudiante **Astudillo Vargas, Anderson Junior** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ing. Acero Martinez, José Alberto