



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022”

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

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Pomari Chura, Cristian (ORCID: 0000-0001-9179-6005)

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis en primer lugar a Dios, que me protege y bendice en todo momento, a mi familia especialmente a mis padres Demetria y Juan de Dios, quienes sin esperar nada a cambio me brindan su apoyo incondicional y a mis hermanos Hilda y Juan Carlos por brindarme su apoyo moral y sus buenos consejos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme con sabiduría y permitir culminar esta etapa en mi vida profesional, a mis padres y hermanos por su confianza y apoyo en todo momento, a mi asesor Mg. Carlos Danilo Minaya Rosario por los conocimientos transmitidos en el transcurso de esta investigación. A todos ellos, mis más sinceros agradecimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	15
3.2. Variable y Operacionalización.....	16
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	19
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Método de Análisis de datos .....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS .....	24
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	64



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Selección del tipo de cemento asfáltico.....	12
Tabla 2: Propiedades físicas de las cenizas orgánicas .....	14
Tabla 3: Muestra de la investigación .....	18
Tabla 4: Ensayos de Laboratorio.....	20
Tabla 5: Requerimientos para los agregados gruesos. ....	26
Tabla 6: Requerimientos para los agregados fino. ....	26
Tabla 7: Requerimiento relleno mineral.....	26
Tabla 8: Análisis granulométrico por tamizado A. grueso de 1/2". ....	27
Tabla 9: Resultado análisis granulométrico arena chancada de 1/4". ....	28
Tabla 10: Resultado análisis granulométrico arena natural de 3/8". ....	29
Tabla 11: Resultado análisis granulométrico cemento puzolánico IP. ....	30
Tabla 12: Resultado análisis granulométrico ceniza del tronco de eucalipto CTE. .....	31
Tabla 13: Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC.....	32
Tabla 14: Resultados de análisis granulométrico mezcla de agregados. ....	32
Tabla 15: Resumen de mezcla de agregados .....	33
Tabla 16: Resultado de partículas chatas y alargadas .....	34
Tabla 17: Determinación de partículas 01 cara fracturada .....	34
Tabla 18: Determinación de partículas de más de 02 caras fracturadas .....	35
Tabla 19: Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso .....	36
Tabla 20: Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino Chancado.....	36
Tabla 21: Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino Natural .....	36
Tabla 22: Límites de consistencia de agregado fino.....	37
Tabla 23: Resultados de equivalente de Arena Natural.....	38
Tabla 24: Resultados de abrasión los ángeles .....	39
Tabla 25: Diseño patrón de mezcla de agregados .....	40
Tabla 26: Peso Unitario de cada muestra - patrón .....	40
Tabla 27: Peso Específico Bulk de los agregados.....	41
Tabla 28: Peso Efectivo de agregados.....	41
Tabla 29: Porcentaje absorbido de asfalto .....	42
Tabla 30: Contenido de asfalto efectivo .....	43

Tabla 31: Porcentaje de VMA en la mezcla compactada .....	43
Tabla 32: Porcentajes de vacíos de aire en la mezcla asfáltica.....	44
Tabla 33: Resultado de propiedades físico mecánicas con diseño óptimo de C.A. .....	45
Tabla 34: Diseño de agregados para muestra convencional .....	46
Tabla 35: Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 1% de Ceniza .....	46
Tabla 36: Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 2% de Ceniza .....	46
Tabla 37: Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 3% de Ceniza .....	47
Tabla 38: Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 1% .....	47
Tabla 39: Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 2% .....	47
Tabla 40: Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 3% .....	48
Tabla 41: Resultados porcentaje de vacíos de aire .....	49
Tabla 42: Resultados de fluencia .....	50
Tabla 43: Resultados de estabilidad.....	52
Tabla 44: Comparación de DMA vs DMA con CTE. ....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procedimientos para elaboración de la investigación .....	23
Figura 2: Mapa del Perú.....	24
Figura 3: Mapa Región Puno. ....	24
Figura 4: Jr. Tacna de la ciudad de Puno.....	24
Figura 5: Extracción agregado grueso .....	25
Figura 6: Extracción agregado fino.....	25
Figura 7: Curva granulométrica agregado grueso 1/2" .....	27
Figura 8: Curva granulométrica arena chancada 1/4" .....	28
Figura 9: Curva granulométrica arena natural de 3/8" .....	29
Figura 10: Curva granulométrica de cemento puzolánico IP .....	30
Figura 11: Curva granulométrica de ceniza del tronco de eucalipto .....	31
Figura 12: Curva granulométrica de mezcla de agregados para (MAC-2).....	33
Figura 13: Cuarteo de agregado .....	33
Figura 14: Secado de agregado .....	33
Figura 15: Partículas Chatas, alargadas .....	35
Figura 16: Agregado caras fracturadas .....	35
Figura 17: Grafico de limite liquido de arena chancada .....	37
Figura 18: Grafico de limite liquido de arena zarandeada natural.....	37
Figura 19: Aparato cuchara casa grande .....	38
Figura 20: Límites de Atterberg.....	38
Figura 21: Equivalente de arena .....	38
Figura 22: Peso de la probeta .....	38
Figura 23: Abrasión los Ángeles.....	39
Figura 24: Bolas de acero de 420 gr. ....	39
Figura 25: Graficas de ensayo Marshall de mezcla asfáltica patrón .....	45
Figura 26: Peso de briqueta saturada .....	48
Figura 27: Peso al aire de briqueta .....	48
Figura 28: Gráfico de % de aire con ceniza del tronco de eucalipto CTE .....	49
Figura 29: Briqueta con 1% CTE.....	50
Figura 30: Briquetas en baño maría .....	50
Figura 31: Gráfico de fluencia con ceniza del tronco de eucalipto CTE .....	50

Figura 32: Briqueta con % de CTE .....	51
Figura 33: Rotura de briquetas con CTE .....	51
Figura 34: Gráfico de estabilidad con ceniza del tronco de eucalipto .....	52

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar la influencia de ceniza del tronco de eucalipto reemplazado como llenante mineral en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022; estableciéndose realizar ensayos de granulometría, calidad de agregados y Marshall. La metodología: el diseño de investigación fue experimental (cuasi), el tipo de investigación fue aplicada, nivel explicativo y enfoque cuantitativo. Los resultados según los objetivos específicos al incorporar la ceniza del tronco de eucalipto en 1.0%, 2.0% y 3.0% fueron: el primer objetivo específico fue reducir el porcentaje de vacíos, el cual aumento ligeramente de 3.23% a 3.47% con el 2.0% de ceniza del tronco de eucalipto, el segundo objetivo específico fue aumentar el flujo, el cual aumento de 3.88mm a 3.94mm con el 2.0% de la ceniza del tronco de eucalipto, el tercer objetivo específico fue determinar el aumento de la estabilidad, el cual disminuyo ligeramente de 1179kg a 1134kg con el 2.0% de ceniza del tronco de eucalipto. Conclusión de acuerdo a los ensayos realizados y analizados el reemplazo de filler con CTE en 2.0% en la MAC, es técnicamente eficiente en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica según los parámetros de la EG-2013.

Palabras clave: ceniza del tronco de eucalipto, porcentaje de vacíos, flujo, estabilidad, comportamiento mecánico y ensayo Marshall.

## **ABSTRACT**

The general objective of this research was to evaluate the influence of replaced eucalyptus trunk ash as a mineral filler on the properties of hot mix asphalt, Puno 2022; establishing itself to carry out tests of granulometry, quality of aggregates and Marshall. The methodology: the research design was experimental (quasi), the type of research was applied, explanatory level and quantitative approach. The results according to the specific objectives when incorporating eucalyptus trunk ash at 1.0%, 2.0% and 3.0% were: the first specific objective was to reduce the percentage of voids, which increased slightly from 3.23% to 3.47% with 2.0% of eucalyptus trunk ash, the second specific objective was to increase the flow, which increased from 3.88mm to 3.94mm with 2.0% of the eucalyptus trunk ash, the third specific objective was to determine the increase in stability, the which decreased slightly from 1179kg to 1134kg with 2.0% eucalyptus trunk ash. Conclusion according to the tests carried out and analyzed, the replacement of filler with CTE at 2.0% in the MAC, is technically efficient in the behavior of the properties of the asphalt mixture according to the parameters of the EG-2013.

Keywords: eucalyptus trunk ash, void percentage, flow, stability, mechanical behavior and Marshall test.

## I. INTRODUCCIÓN

Algunos pavimentos flexibles presentan deficiencias en cuanto a las propiedades físico mecánicas de comportamiento de fatiga, estabilidad y ahuellamiento, si se lograra modificar el diseño de mezcla asfáltica con la incorporación de ceniza del tronco de eucalipto como material con finura (Filler) o con un aditivo similar, mejoraría las propiedades físico mecánicas, esto permitiría reducir costos en la etapa de ejecución y también reduciría la contaminación ambiental. **A nivel internacional** a lo largo del tiempo los proyectos viales es una manera de activar la economía y el progreso de una nación, las carreteras sufren un alto nivel de daño y degradación en sus propiedades físicas y mecánicas, en base a estudios realizados en países como Colombia, Ecuador, Guatemala; optaron por diversas cenizas de reutilización que están en calidad desechos, la introducción de cenizas producidas por la combustión y por motivos técnicos, ambientales y económicos, donde se comparó el desempeño de las mezclas por medio de diferentes ensayos y de esta manera identificar ventajas de flujo Marshall, módulo de rigidez, compresión cíclica y fatiga. Determinándose diferentes niveles de modificaciones y determinación de la cantidad y tipo del material a modificar. Y esto se logró con la adición de ceniza de cascarilla de arroz, grano de caucho reciclado (GCR) añadido por la vía seca y cenizas volantes.

**A nivel nacional**, casi el 60% de las carreteras en nuestro país son construidas con insumos asfálticos, son de carpeta asfáltica, en las cuales transitan vehículos livianos y pesados, produciéndose fallas por fatiga, deterioros y ahuellamientos, lo cual disminuye la vida útil de la vía por tal motivo, se busca incorporar nuevas tecnologías y técnicas que se adapten a la zona de acuerdo a sus condiciones climáticas y cumpliendo con las exigencias de servicio que ofrecen las vialidades, este es el fundamento que llevó al desarrollo de investigación de los asfaltos con la adición de cenizas, para así mejorar las propiedades físico mecánicas; en las diversas zonas del Perú como Lima, Huancayo, Ancash, encontramos características distintas en cuanto al empleo de ceniza de caña de maíz, ceniza orgánica, ceniza de algas marinas, se ha demostrado que acrecienta la resistencia al daño por humedad, mejora el comportamiento de estabilidad y la fluidez asociada de la mezcla asfáltica.

La ciudad de Puno, tiene vías primarias y secundarias que enlazan a distintas regiones fructíferas generando un dinamismo financiero a la región, es primordial que todas las vías con pavimento flexible presten un buen servicio, para ello se tiene que mejorar las características físico mecánicas de la mezcla asfáltica empleadas en la ciudad de Puno, las cuales están sujetas a los cambios de temperatura, a las fuertes precipitaciones pluviales y a las cargas que circulan diariamente, es por ello que se presentan problemas en las carpetas de rodadura en las vías de comunicación, tal como el desgaste de agregado fino del pavimento y posteriormente se formarían huecos en los pavimentos llamados baches, los cuales son propensos a causar accidentes viales. De acuerdo a la zona y a los cambios climáticos, se plantea optimar las propiedades de la carpeta asfáltica reemplazando el relleno mineral con la ceniza del tronco de eucalipto, conseguidas de los diversos hornos artesanales locales para mejorar la estabilidad y el flujo, resistencia a la deformación permanente; para así encontrar nuevas alternativas y de esta manera contribuir en el mejoramiento de las mezclas asfálticas, esta adición de ceniza servirá para la pavimentación de diferentes vías de la ciudad de Puno, resaltando que los resultados obtenidos en esta investigación serán ensayos realizados en laboratorio de asfalto.

**Formulación del Problema:** Una gran parte del servicio vial de nuestro país está construida con insumos asfálticos, motivo por el cual surge desarrollar que estos materiales cumplan con los requerimientos de servicialidad, esto conlleva a un mejor desarrollo de los asfaltos modificados en la construcción de las carpetas asfálticas para así mejorar el comportamiento mecánico de esta; ante esta situación se plantea mejorar incluyendo la ceniza del tronco de eucalipto (CTE), como reemplazo del llenante mineral, el cual después de ser incinerado y con una reducción de tamaño se puede incorporar a la mezcla asfáltica en cierta cantidad de proporciones, para que se logre disminuir el porcentaje de vacíos, aumente el flujo y aumentar su estabilidad, de esta manera formar un asfalto modificado que logre mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente (MAC).

Es por ello, que se ha planteado el siguiente **Problema General:** ¿De qué manera influye la ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022? De igual



forma se propuso los **Problemas específicos:** ¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?; ¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?; ¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?

### **Justificación del Problema**

Se puede justificar esta investigación planteando una modificación de mezcla asfáltica convencional usando residuo de biomasa, para este caso la ceniza del tronco de eucalipto, esta propuesta sustituirá al relleno mineral o Filler, buscando proveer una solución ecológica al problema de las propiedades físicas y mecánicas para una mezcla asfáltica en caliente utilizada en la ciudad de Puno.

**Justificación técnica:** Observar y estudiar el comportamiento mecánico del asfalto mediante la agregación de ceniza del tronco de eucalipto ya que es un material residual fino reemplazado como filler para que corrija la curva granulométrica de los agregados finos. Garantizaría una mayor vida útil de la carpeta asfáltica en la ejecución de obras viales, nueva experiencia y la implementación de nuevas tecnologías con características climáticas propias.

**Justificación teórica:** Su aporte teórico sigue los resultados y conclusiones de ensayos realizados en muestras de mezcla asfáltica en caliente con agregado de ceniza de tronco de eucalipto. Efectos observables en las propiedades mecánicas: resistencia mecánica, deformación y cambios de partículas. Este trabajo puede servir como base para promover y difundir tecnologías de mezclas asfálticas que aún no han sido popularizadas o puestas en práctica en el país. **La**

**justificación económica.** Se tendría una disminución de costos en mantenimiento por prolongar la vida útil de los pavimentos con el asfalto modificado de esta manera el presupuesto destinado para su mantenimiento se podría destinar para otros fines, los conductores reducirían el tiempo de llegada a su destino esto traería una mejor productividad entre los beneficiarios. **La**

**justificación metodológica:** los instrumentos y herramientas son imprescindibles para cumplir los procedimientos y métodos estándar para iniciar la búsqueda de incluir nuevos materiales y que cumplan con los criterios adecuados frente a las mezclas asfálticas convencionales y generar técnicas y para un óptimo diseño

modificado de carpeta asfáltica de un pavimento flexible, para así comparar dos tipos de mezclas con un mismo objetivo.

En la siguiente investigación, se abordó la **Hipótesis General**: La incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0% 2.0% y 3.0% mejora el comportamiento de propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

**Similarmente se planteó Hipótesis Específicas**: La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto reduce el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022; La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto aumenta el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022; La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto aumenta la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

Se propuso el **Objetivo General**: Analizar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022. **En forma similar se planteó los Objetivos Específicos**: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022; Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto sobre la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022; Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto sobre la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

**Lizcano, O y Ramos, D (2018).** Su objetivo primordial la evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica modificada mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y de esta manera analizar parámetros de ensayo Marshall e interpretar los resultados del añadimiento del trillado de arroz; la metodología usada para esta investigación fue aplicada por la recolección de antecedentes, teniendo como población a los diferentes diseños de mezclas propuestas por los especímenes en el laboratorio y como muestra a las 27 briquetas de 4", siendo 9 testigos para el indicador de estabilidad, 9 testigos para tracción seca y 9 testigos para ensayo cántabro, el muestro que se realizo fue no probabilístico por que se observó y se recolecto los datos en laboratorio; la entrega de resultados de los 3 tipos de mezclas por el método de Marshall, con el reemplazo de 0% 3% y 6% de llenante natural. Su resultado se puede evidenciar que la inducción de ceniza mejora los parámetros mayores esfuerzos de cohesión, reduce los volúmenes de vacíos y mejora resistencia a las cargas.<sup>1</sup>

**Ayala, K y Heredia, J (2019).** Su objetivo fue: Evaluar los efectos del caucho de neumáticos reciclado seco y con porcentaje agregado al comportamiento de una mezcla asfáltica densa realizadas mediante métodos convencionales. La investigación tuvo un estudio del tipo experimental, su población compuesta por briquetas de los tres diseños que se realizaron con una muestra de 18 briquetas; los principales resultados fueron que añadiendo un porcentaje de GCR de 0%, 0.75% y 1.5% los resultados para este diseño cumplen el valor mínimo de estabilidad para tráfico pesado de acuerdo al ensayo de Marshall, las mezclas asfálticas modificadas mediante vía seca reflejan valores mínimos de estabilidad (cohesión) con respecto a una mezcla convencional, el flujo aumenta cuando se incrementa la cantidad de caucho, es decir que las mezclas con caucho tienden a ser más elásticas, también se observa que la resistencia retenida en todos los diseños de las mezclas asfálticas son menores que el valor mínimo, sin embargo se puede ver que el valor más alto de resistencia retenida corresponde al diseño sin caucho, con respecto al flujo sus valores en la mezcla modificada con elastómeros no debe ser considerado porque presenta mayores deformaciones. Se concluyo que los valores de estabilidad de las mezclas con caucho y sin

caucho cumplen el valor mínimo para carreteras de tráfico alto, para el 0.75% de GCR las propiedades evaluadas no difieren mucho de la mezcla sin caucho.<sup>2</sup>

**Suriano, I (2018).** Su objetivo fue utilizar cenizas volantes de carbón mineral para determinar la viabilidad y el comportamiento de las propiedades en una mezcla asfáltica en caliente. La investigación fue de tipo descriptiva y de enfoque cuantitativo, la población compuesta por todas las briquetas de los diseños de mezclas y muestra de 16 briquetas. Como resultados se obtuvo que con la adición de 3.0% de cenizas aumenta su densidad en un valor de 30kg/m<sup>3</sup> con respecto a la mezcla convencional, mejoro la estabilidad en un valor de 1128 lbf con respecto a la mezcla convencional, la fluencia conserva los valores similares. Y los valores de porcentajes de vacíos no difieren mucho con respecto a la mezcla patrón. concluyo que al utilizar cenizas volantes mejoras las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica y se puede afirmar que posee propiedades puzolánicas y concurre a adherirse y homogeneizarse entre las cenizas volantes y las partículas, según a los resultados obtenidos y comparados.<sup>3</sup>

**Adauto, R (2019).** En su investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente (MAC) añadiendo la ceniza de caña de maíz para mejorar las propiedades como la resistencia del pavimento, durabilidad de mezcla asfáltica, resistencia al daño por humedad y la deformación permanente. se realizó una experimentación por este motivo la investigación fue cuantitativo, de acuerdo al nivel el proyecto de investigación fue explicativa, de tipo correlacional, la población de estudio compuestas por todas las briquetas provenientes del Rio Mantaro, la muestra para este estudio fue de 80 briquetas compuesta de 25 briquetas sin ceniza de caña de maíz y 55 briquetas con la adición de esta ceniza. Los Resultados revelaron aumento en el comportamiento mecánico con la agregación de 1.0% de ceniza teniendo un valor de 1294kg, con la adición de 0.5% incrementa la resistencia al daño por humedad en un 86%, en cuanto al flujo a mayor porcentaje de ceniza mayor flujo. Se concluye que mejora las propiedades mecánicas de la MAC con la adición de 0.5% de ceniza, afirmando que la ceniza posee propiedades puzolánicas, pero reduce la resistencia a la deformación permanente en comparación a la mezcla estándar, recomendando hacer futuras investigaciones de su composición química.<sup>4</sup>

**Matos, L (2018).** Su objetivo principal fue Determinación del efecto de la adición de ceniza orgánica como relleno sobre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente en la ciudad de Huancayo. La metodología fue del tipo aplicada, la población para la presente investigación fueron todas las briquetas resultantes de cada diseño de mezcla; la muestra fue un total de 54 especímenes de 19 grupos de 3 briquetas cada grupo ensayadas en el laboratorio; el muestreo fue no probabilístico. Obteniéndose resultados en el asfalto patrón en la estabilidad 1092.63 kg con la adición de 0.5% (1166.6kg), con 1.0% (1201.46kg), con 1.5% (1238kg), con 2.0% (1230.8kg), con 3.0% (1242.1kg), con 4.0% (1190.23kg), en la fluencia en la mezcla patrón se obtuvo 2.49mm, con 0.5% (2.57mm), con 1.0% (2.76mm), con 1.5% (2.68mm), con 2.0% (2.89mm), con 3.0% (2.64mm), con 4.0% (2.59mm).en el porcentaje de vacíos para la mezcla patrón se obtuvo 3.861%, reemplazado ceniza con 0.5% (3.782%), con 1.0% (3.699%), con 1.5% (3.776%), con 2.0% (3.714%), con 3.0% (3.544%) y con 4.0% (3.506%). La conclusión La ceniza orgánica mejora la estabilidad y la fluencia al agregar 2.00% como aditivo de cemento asfáltico y se recomienda para el diseño de mezclas asfálticas por ser más duradero y menos propenso a fallar debido a la fatiga.<sup>5</sup>

**Matta, J y Pérez, J (2019).** Teniendo como objetivo principal Analizar las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente, incorporando cenizas de algas marinas que estaban en estado de proliferación en la ciudad de Chimbote – Ancash. La metodología fue del tipo aplicada según el autor, la población fueron todas las briquetas de las combinaciones asfálticas, la muestra fueron 36 briquetas, 9 para mezcla asfáltica normal y 27 para mezcla asfáltica con ceniza; el muestreo fue no probabilístico. Obteniéndose como resultados de estabilidad en la mezcla patrón de 1880kg, añadiendo la ceniza en 5% (1890kg), con 10% (1998kg) y con 15% (879kg), para la fluencia en la mezcla patrón se obtuvo 3.8mm, añadiendo la ceniza en 5% (3.7mm), con 10% (3mm) y con 15% (6.7mm), para la densidad en la mezcla patrón se obtuvo 2.339kg/m<sup>3</sup>, añadiendo la ceniza en 5% (2.342 kg/m<sup>3</sup>) añadiendo la ceniza en 10% (2.359 kg/m<sup>3</sup>) y con 10% (2.300 kg/m<sup>3</sup>) y finalmente para el porcentaje de vacíos en la mezcla patrón se obtuvo 5.17%, añadiendo 5% (5.13%), con 10% (4.22%) y con 10% (4.95%).

La conclusión es que las mezclas modificadas con 5% y 10% de ceniza muestran el mejor comportamiento en cuanto a propiedades físicas y mecánicas.<sup>6</sup>

**Moura, L (2017).** Su objetivo fue evaluar la incorporación de ceniza de algarroba, generada en la confección APL Pernambuco, como relleno en hormigón bituminoso en caliente, para evaluar las propiedades mecánicas de mezclas bituminosas a través de pruebas de Marshall, con adición de 3.0%, 3.5% y 4.5% de ceniza. El tipo de estudio fue aplicado; la población fueron los diseños de mezclas convencionales y modificadas, la muestra fueron 72 especímenes, el muestreo fue no probabilístico. Los resultados la ceniza de Algarroba fue eficiente para contribuir con la compacidad del sistema, se indicó que la incorporación de 3,5 a 4,0% de ceniza en el HMA según la composición granulométrica "C" (rango de DNIT) mostró mejoras en las propiedades mecánicas. Se mejoró la resistencia a la tracción, el módulo de resiliencia, la durabilidad a la fatiga y al daño por agua, siendo técnicamente factible su aplicación como forma de destino de este residuo. Se concluye que la ceniza de Algarroba está compuesta por carbonato de calcio y presentó características granulométricas y físicas compatibles con su uso como relleno alternativo en materiales asfálticos.<sup>7</sup>

**Polcaro, D (2006).** Evaluó el desarrollo de las propiedades de la mezcla por modificación con polímeros del tipo RET (Reactive Elastomeric Terpolymer) y la actividad de los concentrados maquinados con estas mezclas modificadas, utilizando el tipo de esta mezcla modificada y un estudio que incluyó la modificación del ligante tipo CAP20 y CAP40 con 1,0%, polímeros RET 1,5%, con dosificaciones posteriores de la mezcla en la gama DERSA III en las mordazas. Los ensayos de módulo de elasticidad, resistencia a la tracción a compresión diámetro y resistencia a la deformación permanente se realizaron en un simulador del tipo LPC, considerado el más adecuado. dónde termina En las dos mezclas estudiadas, cuanto mayor sea el contenido de polímero agregado, mayor será el punto de reblandecimiento encontrado en este parámetro, que está directamente relacionado con la resistencia de la mezcla a la deformación permanente. es decir, cuanto mayor sea el punto de reblandecimiento, mayor será la resistencia a la deformación permanente.<sup>8</sup>

**Bittencourt, K (2019).** Su objetivo fue evaluar la factibilidad de incorporar fibras de coco en mezclas asfálticas convencionales para verificar el desempeño y su

comportamiento mecánico en el estado de rio grande, Brasil a través de la prueba Marshall adicionando 0.3% FC, 0.5% FC, 1.0% FCG y 1.0% FCP. El tipo de investigación es básica de investigación experimental. La población fueron 4 diseños de mezclas asfálticas; la muestra se moldearon 47 especímenes, el muestreo es no probabilístico. Los resultados de estabilidad tuvieron sus valores de acuerdo a la especificación recomendada; el análisis de la fluencia de la mezcla de 1,0% FGP mostró un valor superior al recomendado por la norma. Además, la relación de estabilidad (fluidez) mostró que solo el contenido de 0,5 % de CF y el 1,0 % de FFS cumplieron con los valores anteriores que se ajustan al estándar. En la prueba RT, la mayoría de los resultados estuvieron en el rango especificado en la literatura analizada, pero la mezcla HR al 0,3% obtuvo el valor de resistencia más alto que los demás datos. Se concluyó que la estabilidad de mezclas realizadas cumplía con las especificaciones y los datos obtenidos no siguen una linealidad, la estabilidad varió repetidamente. Para los resultados de fluidez, los valores estaban cerca, y no hubo crecimiento lineal, la fluidez aumentó y disminuyó repetidamente.<sup>9</sup>

**Jattak, Z, Abdul N y Khairul M (2020).** Su objetivo fue evaluar la tecnología Warm Mix Asphalt (WMA) a través de las propiedades mecánicas básicas de las mezclas asfálticas para la capa de ligante utilizando cenizas de fondo de carbón con aditivos químicos WMA, Cecabase RT y Evotherm 3G, en concentraciones de 0,3, 0,4 y 0,5% del peso del ligante. La metodología fue del tipo aplicada. La población fueron los diseños de mezclas; la muestra todos los especímenes, el muestreo es no probabilístico. Los resultados fueron, las mezclas WMA producido con 0,4% Evotherm 3G a 140 °C demostró una mayor estabilidad que la referencia Mezclas WMA producidas a 140°C, pero significativamente menor estabilidad que la mezcla de control producida en 165 °C. Sin embargo, el Cecabase RT mostró mayores resultados de estabilidad a la temperatura de producción de 140 °C. Se concluye que los aditivos no afectaron significativamente las propiedades del aglomerante, aunque al 0,4% de Evotherm 3G se observó una caída del 17,5% en la penetración. Al reducir la temperatura de producción de 25 °C, WMA y BAWMA al 0,4 %, Evotherm 3G demostró una trabajabilidad comparable a la mezcla asfáltica en caliente (HMA) convencional.<sup>10</sup>

**Mirkovic K, Tosic N y Mladenovic G (2019).** En su investigación tuvo como objetivo analizar el efecto de tipos de ceniza volantes de las centrales termoeléctricas en las propiedades de mezclas de asfalto sustituyendo con 25%, 50%, 75% y 100% del relleno mineral de “Pljevlja” (P), “Gacko” (G) y “Kosovo” (K) en serbia. La metodología fue del tipo aplicada. La población fue de 12 mezclas con sustitución parcial o total del relleno mineral con ceniza, la muestra fue de todas las briquetas empleadas en laboratorio, el muestreo es no probabilístico. Se obtuvo los resultados de este estudio indican que la densidad aparente y los vacíos de la mezcla de asfalto y mineral generalmente dependen del tipo de cenizas volantes y su contenido. La estabilidad y el flujo de las mezclas con cenizas volantes son favorables en comparación con la mezcla de control. Se concluye La adición de cenizas volantes mejora la estabilidad del asfalto mezclas hasta un 16% y disminuye el caudal hasta 40%. Mayor estabilidad y menor flujo de casi todas. Las mezclas con cenizas volantes son el resultado de una fuerte adherencia, recomienda el uso de cenizas volantes como relleno en mezclas asfálticas en climas cálidos.<sup>11</sup>

**Fayissa B, Gudina O y Yigezu B (2020).** En su investigación tuvo como objetivo analizar las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando la ceniza de aserrín como material de relleno en la producción de un hormigón asfáltico aprovechando el residuo producido en las diversas empresas de áreas agrícolas, reemplazo al polvo basáltico en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12 %. El tipo de estudio fue aplicada, la población de estudio fueron los diseños de mezcla en cada porcentaje reemplazado muestra de todos los especímenes y muestreo no probabilístico; los principales resultados obtenidos fueron para la estabilidad patrón un valor de 11.27kN, reemplazado SDA en 3% (10.99kN), en 6% (10.70kN) en 9% (10.51kN), en 12% (10.36kN) y en 15% (10.22kN); para valores de fluencia, el valor patrón fue 3.63mm, 3.49mm, 3.35mm, 3.21mm, 3.07mm, 2.68mm respectivamente; para valores de vacíos de aire, el valor patrón fue 4.26%, 4.53%, 4.72%, 4.89%, 5.12% y 6.26% respectivamente; para valores de peso unitario, el valor patrón fue 2.31kg/cm<sup>3</sup>, 2.27kg/cm<sup>3</sup>, 2.25kg/cm<sup>3</sup>, 2.22kg/cm<sup>3</sup>, 2.21kg/cm<sup>3</sup> y 2.18kg/cm<sup>3</sup> respectivamente. Se concluyó que SDA se puede reemplazar hasta en un 12% en la producción de concreto asfáltico.<sup>12</sup>



## **DEFINICIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA**

Es una combinación de asfalto, agregados pétreos y llenante mineral, sea la capa de rodadura o en capas inferiores, tienen la función de proporcionar una superficie de rodamiento segura, económica y cómoda a los usuarios de las vías de comunicación, creando condiciones favorables para el transporte y manejo de los vehículos, además de transmitir suficientemente las cargas a causa del tráfico a la explanada para ser soportada por el mismo.<sup>13</sup>

### **Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente**

Para un buen desempeño de las estructuras de un pavimento en servicio se han desarrollado protocolos de pruebas en laboratorio para medir las propiedades de la mezcla, estos se utilizan para medir el comportamiento de la MAC. Estos incluyen estabilidad, flujo, durabilidad, impermeabilización, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al deslizamiento.<sup>14</sup>

**Durabilidad:** Los factores ambientales como la temperatura y la humedad pueden tener un efecto profundo en la durabilidad de los pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cuando las condiciones ambientales críticas se combinan con materiales y tráfico deficientes, se puede producir una falla prematura como resultado de la separación del ligante asfáltico de las partículas de agregado.<sup>15</sup>

**Estabilidad:** Se puede describir simplemente como la capacidad de la mezcla bituminosa para resistir una deformación permanente excesiva.<sup>16</sup> La estabilidad depende de su fricción y cohesión interna. La fricción interna está relacionada con las particularidades de los agregados como su textura superficial y forma. La adhesión es la capacidad de los aglutinantes bituminosos, esta propiedad varía inversamente con la temperatura y aumenta con el contenido de asfalto hasta llegar a un óptimo, luego hace un efecto lubricador; La pérdida de estabilidad en un pavimento por mala dosificación de asfalto y agregados redondeados (insuficiencia de caras fracturadas) se traduce en ahuellamientos y ondulaciones.<sup>17</sup>

**Flujo:** Está representada por la deformación máxima de la mezcla asfáltica antes de fallar, si se obtienen valores altos la fluencia es considerado plásticas y tiende a deformarse bajo a cargas de tránsito, su indicador está en milímetros.<sup>18</sup>

**Porcentaje de vacíos:** Son pequeñas espacios de aire atrapadas entre las partículas de los agregados y el revestimiento de asfalto, calculada a partir del peso específico total.<sup>19</sup>

**Resistencia al daño por humedad:** El daño por humedad está estrechamente relacionado con enlace por cohesión, que está relacionada con la adherencia del asfalto, y la cohesión está más relacionada con la fuerza de interacción entre el agregado y el asfalto.<sup>20</sup>

**Trabajabilidad:** Definida como la destreza de una mezcla asfáltica puede ser colocada y a su vez compactada, esta varia cuando se modifica las medidas del diseño de la mezcla mediante su granulometría.<sup>21</sup>

### Componentes de una mezcla asfáltica

#### Asfalto

Ligante bituminoso se define como una mezcla compleja de hidrocarburos de petróleo y tiene propiedades viscoelásticas y termoplásticas, dependiendo de la temperatura de servicio, el tiempo de operación de la carga y la resistencia de la carga. Aunque el material no es impermeable y no reacciona fuertemente, estas propiedades no lo protegen del envejecimiento debido a la oxidación lenta causada por la exposición al aire y al agua.<sup>22</sup>

**Tabla 1:** Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura media anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 – 50	60 - 70	85 - 100	Asfalto Modificado
60 – 70		120 - 150	
modificado			

Fuente: EG (2013)

#### Agregados

El agregado mineral, al constituir la mayoría de las estructuras del concreto asfáltico, debe soportar las cargas a las que estará expuesto, siendo importante la resistencia al corte; como ejemplo, consideramos dos tipos de materiales, el primero es material de roca de río que es principalmente un material redondo y el segundo es material 100% triturado, entonces la mejor condición del material triturado se puede ver de inmediato, debido a su ángulo, ya que en el conglomerado bituminoso se agrega este parámetro Otros como la forma

permitirán un mejor enclavamiento entre ellos dando como resultado un mejor rendimiento.<sup>23</sup>

### **Granulometría de agregados**

La distribución acumulada del tamaño de partículas está directamente relacionada con el desempeño de las capas de pavimentación. En general, las distribuciones con dimensiones complejas se clasifican como homogéneas, bien clasificadas, heterogéneas o abiertas. Estas distribuciones se muestran en una escala semilogarítmica. Los tamices comúnmente usados para determinar el grado son 2", 1 ½", 1" ¾", ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 Y N°200.<sup>24</sup>

### **Relleno mineral**

De acuerdo con la norma ASTM (American Society of Testing and Materials), el estándar D-242, el 70% o más de las partículas del relleno mineral exceden la malla N° 200 (75 micras). El relleno utilizado en la mezcla asfáltica es una sustancia finamente molida o en polvo, cuyo volumen pasa a través de un tamiz N° 200 (0,075 mm) operando como llenador de vacíos.<sup>25</sup>

### **ÁRBOL DE EUCALIPTO**

Eucalipto "Eucalyptus Globulus": es un árbol de la familia de plantas Myrtaceae. pudiendo llegar a medir 70 metros de altura. Sus tallos son rectos y la corteza que los cubre se desgarran y se separa del tronco. El color de la corteza suele ser café gris. La raíz de eucalipto puede ser muy fuerte y agresiva.<sup>26</sup>

### **Tronco de eucalipto como leña**

La leña recién cortada contiene hasta un 50% de agua, en cuyo caso no se quemará en el horno. La leña antes de usarla debe secarse (esperar a que se seque) para permitir que escape la humedad. Cuanto más seca está la madera, más calor genera. Cuando el contenido de humedad está por debajo del 20%, la madera está lista para quemarse.<sup>27</sup>

### **Cenizas con propiedades puzolánicas**

La puzolánica es esencialmente un material silíceo que no es hidráulico cuando está finamente dividido, pero tiene un componente (sílice-aluminio) capaz de fijar el hidróxido de calcio para formar un compuesto estable con propiedades hidráulicas a temperatura ambiente. La ceniza volcánica se puede clasificar:<sup>28</sup>

Puzolanas naturales:

- Materias sedimentarias de origen animal o vegetal.

- Materias de origen volcánico

Puzolanas artificiales:

- Materias tratadas (alteración térmica 600 y 900°C.)
- Cenizas volantes
- Humo de sílice

### **Cenizas Pesadas**

La ceniza pesada es el residuo que se produce cuando se quema carbón fósil para generar energía en centrales térmicas. Los volúmenes resultantes a menudo se vierten en vertederos, lo que crea pasivos ambientales significativos que aún no se han beneficiado de políticas de gestión eficaces, generalmente usado en la estabilización de suelos y de mezclas asfálticas.<sup>29</sup>

### **Cenizas Orgánicas**

La ceniza orgánica (como se define en la norma ASTM) y ceniza combinada; es el residuo en el fondo del horno con un tamaño de partícula superior a 0,075 mm (remanente de malla 200) y característico del carbón sin quemar. Este residuo se utiliza a menudo en la investigación como material de relleno, debido al alto potencial de cenizas volcánicas; La ceniza volante es su residuo. Atrapado en filtro de horno con diámetro inferior a 0,075 mm (pasos sin malla 200); Se ha demostrado que esto se puede lograr sintetizando aluminosilicatos alcalinos con soluciones activadas de hidróxidos alcalinos y silicatos alcalinos.<sup>30</sup>

### **Propiedades físicas de cenizas orgánicas**

La forma, fragmentación, distribución, densidad y composición de las partículas de cenizas orgánicas afectan las propiedades del producto de uso final. en la tabla 2 se muestra las principales propiedades físicas de la ceniza orgánica.

**Tabla 2:** Propiedades físicas de las cenizas orgánicas

<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	<b>RANGO DE VALORES</b>
Aspecto Externo	polvo fino grisáceo
Tamaño de partícula	1 - 200 µm
Superficie específica	0.2 - 25 m <sup>2</sup> /g
Densidad	0.5 - 0.8 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico	1.9 - 2.8 g/cm <sup>3</sup>
Fusión	950 - 1550 °C
Absorción de líquido	20 - 30 % de agua

Fuente: Adaptado de Roa Parra (2016)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

En una investigación planteada, se da una secuencia de actividades que siguen un orden lógico, que conducen desde el planteamiento del tema a investigar hasta la explicación del mismo. De acuerdo al tipo de investigación que se realice será el modo de redacción del diseño de ella. Dentro del campo de la Ciencia se debe diferenciar que es investigación científica y las actividades relacionadas con ella, para poder ubicar el problema en relación a los fines que se persiguen.<sup>31</sup>

Consiguientemente, el presente proyecto de investigación será del tipo aplicada, debido a que se basa en recopilar, sintetizar información previa en el diseño de mezcla, al uso de reemplazo del relleno mineral con ceniza del tronco de eucalipto (CTE) en asfalto, también se basará en la recopilación de tesis anteriores, artículos científicos como antecedentes para así tener mejoras en una mezcla asfáltica modificada con una proporción en peso de la ceniza del tronco de eucalipto, según a los resultados de laboratorio, la normativa vigente en base a los indicadores propuestos de porcentaje de vacíos (%), flujo (mm) y estabilidad (kg).

#### **Diseño de investigación:**

Es la propuesta y descripción escrita de las bases temáticas, herramientas y teorías que permiten adquirir nuevos conocimientos, considerando las sucesivas etapas en una secuencia lógica de cualquier investigación. En todo caso, el proyecto de investigación debe contener elementos que aporten los datos necesarios para que quien lo lea, se forme una opinión sobre el proyecto y su autor.<sup>32</sup>

Para este proyecto de investigación, se considerará un diseño cuasi – experimental, puesto que se manipulan premeditadamente las cantidades de la ceniza del tronco de eucalipto (CTE) (1.0%, 2.0% y 3.0%) incorporándose al relleno mineral o filler en diseño de asfalto y con una dosificación de agregados con la finalidad de analizar los parámetros de estabilidad, flujo, resistencia a la fatiga, porcentaje de vacíos de acuerdo con diversos estudios previos de diferentes autores, considerándose 05 diseños de mezclas para encontrar el diseño óptimo y luego a ese asfalto, reemplazarle la ceniza del tronco de eucalipto

como filler en 1.0%,2.0% y 3.0%, dosificaciones que fueron designadas en base a investigaciones realizadas con anterioridad.

### **3.2. Variable y Operacionalización.**

**Variable Independiente:** ceniza del tronco de eucalipto (CTE)

La ceniza del tronco de eucalipto consiste principalmente en la incineración del tronco del árbol eucalipto (natural), de materia orgánica, la cual se logra por la calcinación a una temperatura promedio de 450°C por un tiempo de 2 a 2.5 horas; por lo general estas plantaciones llegan a medir unos 70 metros, esta ceniza del tronco de eucalipto poseen aglomerantes puzolánicos y que son desperdiciados de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y descuidando sus múltiples usos, lo que nos llevó a analizar un gran número de posibles alternativas en cuanto a cómo aprovechar esta materia prima.<sup>33</sup>

**Definición operacional:** Las dosificaciones de ceniza del tronco de eucalipto (CTE) en 1.0%, 2.0% y 3.0% respecto al relleno mineral o filler, Estos serán cuantificados en los próximos tres diseños asfálticos, con el fin de aumentar la estabilidad, fluidez y disminuir la relación de poros en la mezcla asfáltica, y así determinar la mejora de las propiedades físicas y mecánicas.

Variable Independiente 1 VI 1: ceniza del tronco de eucalipto.

**Variable Dependiente:** propiedades de la mezcla asfáltica

Cada mezcla de asfalto es el resultado de combinar y distribuir un material asfáltico con otros materiales pétreos. Por tanto, la elección y la buena calidad de los áridos es otro aspecto importante de las mezclas asfálticas y altas temperaturas son necesarias para asegurar el secado completo del agregado y la unión posterior con el aglutinante para una adecuada manipulación y compactación. Las cuales contribuyen a un óptimo desempeño en términos de durabilidad y resistencia a la deformación permanente y al agrietamiento, Por lo tanto, debe realizarse de acuerdo con estándares y metodologías específicas.<sup>34</sup>

**Definición operacional:** La mezcla asfáltica en estado endurecido tiene propiedades que resaltan su calidad. Para corroborar nuestra hipótesis se deberá realizar un óptimo diseño de mezclas asfálticas y realizar todos los ensayos previos de granulometría y ensayos de calidad de agregados, el primero es el

ensayo a la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos mediante el método de diseño Marshall para el conjunto de diseños pre establecidos (N, 1.0%, 2.0% y 3.0%) y definir las variaciones mecánicas por medio de gráficos que se obtendrán de los resultados del ensayo.

Variable Dependiente VD1: propiedades de la mezcla asfáltica.

### **3.3. Población, Muestra y muestreo**

#### **Población**

Todos los elementos de una colección o conjunto de valores bien definido que cumplen los criterios para su inclusión en un estudio atribuido por características común a todos ellos.<sup>35</sup>

La población estará compuesta por dos: mezcla asfáltica patrón o convencional y la mezcla asfáltica modificada mediante el reemplazo de ceniza del tronco de eucalipto como llenante mineral en distintos porcentajes, donde se mantendrá la granulometría de los agregados y el tipo de asfalto, resultante de los ensayos de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos, las cuales se aplicarán en 3 diseños de mezcla adicionales.

#### **Muestra**

Depende del tamaño de la población, su homogeneidad, los medios de muestreo y su costo de uso, y el grado de precisión requerido, los especímenes seleccionados para participar en la muestra deben ser seleccionados al azar.<sup>36</sup>

En la presente investigación la muestra está conformada por el número de especímenes (de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro según la norma MTC E 504) para realizar los ensayos de laboratorio es por ello que se tomó un muestreo referencial acorde a la investigación y a las especificaciones de los ensayos y normativa, el cual se incorporara la ceniza del tronco de eucalipto en 1%, 2% y 3%.

Los porcentajes a emplear para la dosificación de la mezcla asfáltica modificada en referencia al estudio de Rosario Evelyn Adauto Orellana (2019), donde planteo dosificar la mezcla asfáltica en 0.2%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0% y Luis Poulsen Matos Neyra (2018), donde planteo dosificar la mezcla asfáltica al 2%, 3% y 4%.

En tal sentido, la norma por cada adición de CTE se elaborarán 3 testigos como mínimo según el (MEM E-504, 2016, p.590); para el análisis de mezclas convencionales se realizará 15 testigos por el método de Marshall y por el análisis de mezclas con la incorporación de ceniza del tronco de eucalipto se realizará 12 testigos por el método de Marshall.

**Tabla 3: Muestra de la investigación**

DESCRIPCIÓN	ESTABILIDAD	FLUJO	% DE VACIOS
Espécimen sin adición de aditivos (mezcla asfáltica convencional) = N	3	3	3
Espécimen con mezcla asfáltica modifica con ceniza del tronco de eucalipto (CTE) 1%	3	3	3
Espécimen con mezcla asfáltica modifica con ceniza del tronco de eucalipto (CTE) 2%	3	3	3
Espécimen con mezcla asfáltica modifica con ceniza del tronco de eucalipto (CTE) 3%	3	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Fuente: elaboración propia

### Muestreo

Las muestras se seleccionaron únicamente sobre la base del conocimiento y la reputación del investigador. En otras palabras, el investigador selecciona solo a las personas que consideran apropiadas (atribuidas y representativas de una población) para participar en un estudio.<sup>37</sup>

La elección de elementos tendrá una causa relacionada a ciertas características de la presente investigación que se establecerá en cada muestra basado en un juicio y por su representatividad de elementos. será un muestreo no probabilístico por tener una posibilidad conocida de ser seleccionado.



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

#### **Técnica de recolección de datos**

Una buena herramienta determina en gran medida la calidad de la información y es la base para los siguientes pasos y resultados. Desde el comienzo de la investigación, es necesario determinar qué enfoque se debe utilizar, lo que determina las características de todo el estudio. La metodología utilizada para recolectar los datos debe ser consistente con el enfoque conceptual-teórico desarrollado en el resto del estudio.<sup>38</sup>

Por ello, para la recogida de datos se utiliza la técnica de observación, que se realizará durante un período de estudio y para cada mezcla asfáltica, serán realizados en un laboratorio de pavimentos y se contrastara que cada uno de los materiales cumplan con los parámetros que establece la norma.

Teniendo en cuenta las normativas establecidas por la sociedad americana para pruebas y materiales: ASTM D 1559, MTC E 504 (estabilidad, flujo Marshall y porcentaje de vacíos)

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

Mecanismo que usa el investigador para recolectar y registrar la información: formularios, pruebas, test, escalas de opinión y listas de chequeo.<sup>39</sup> El instrumento a emplear será una ficha o guía de observación con indicadores en donde se anotaran detalladamente los datos obtenidos en el análisis de estudio.

De tal manera que para este proyecto de investigación se realizarán ensayos para la obtención de los resultados, por lo cual se menciona lo siguiente:

- Observación
- Fichas de Recolección de Datos (Indicadores de la V. Independiente)
- Fichas de Resultados de Laboratorio (Ensayos)
- Ensayos

**Tabla 4:** *Ensayos de Laboratorio*

	<b>Ensayos</b>	<b>Instrumentos</b>
Ensayos	Análisis Granulométrico por Tamizado	Fichas Resultados de Laboratorio, según la NTP 339.128 y ASTM D422.
	Limite Plástico y Limite líquido	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 339.129 y ASTM D – 4318
	Peso específico máximo rice	Fichas de Resultados de Laboratorio según ASTM D 2041
	Equivalente de arena	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 339.146 y ASTM D – 2419
	Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 400.021 y ASTM C – 127
	Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 400.022 y ASTM C – 128
	Abrasión de los Ángeles al desgaste de los Agregados	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 400.019 y ASTM C – 131
	Partículas chatas y alargadas	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 400.040 y ASTM D – 4791
	Durabilidad	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC – E 209
	Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando El Aparato MARSHALL	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC – E504 y ASTM D1559

Fuente: Elaboración propia

### **Confiabilidad**

La confiabilidad se refiere a la utilidad, robustez y confiabilidad de los resultados obtenidos al aplicar una herramienta, es decir, si se recopilan nuevamente, de la misma manera y utilizando la herramienta, en realidad conducirán al mismo resultado.<sup>40</sup>

- Insumos de laboratorio.
- Fichas técnicas de granulometría.
- Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos.
- Información sobre el costo real de materiales, mano de obra y equipo.

## **Validez**

La validez se refiere a la capacidad de un instrumento para definir de manera adecuada y con propósito el atributo para el cual está diseñado para ser medido. Es decir, mide la característica (o evento) para el que fue diseñado y no otro similar. Grado en el que un instrumento en verdad mide la variable que se busca medir.<sup>41</sup>

La validez del instrumento será verificada por la terna de jurados especialistas los cuales darán su dictamen respecto a los resultados de la guía de observación y de la ficha de resultado de laboratorio, basados en la confiabilidad de los indicadores.

### **3.5. Procedimientos**

Para la elaboración de la investigación se realizó mediante etapas:

Etapa 1: Mediante la búsqueda y recopilación de antecedentes; se encuentra la ceniza del tronco de eucalipto, ubicadas en los fondos de los hornos artesanales con propiedades puzolánicas a partir de aluminosilicatos alcalinos con soluciones activadas de hidróxidos alcalinos y silicatos alcalinos, los productos se denominan geopolímeros.

Etapa 2: Acopio de materiales pétreos será obtenidos mediante la trituración de diversas rocas de cantera, cuyas propiedades físicas: forma, densidad, porosidad permeabilidad, dureza superficial, dilatación, etc., para su buen desempeño en las mezclas asfálticas.

Etapa 3: Incineración del tronco de eucalipto este proceso es la quema a temperaturas mayores a 450°C por un tiempo mayor de 2.5 horas, la cual se obtiene un material fino, pero con apariencia de vacíos micrométricos.

Etapa 4: Caracterización y ensayos de granulometría de agregados, se realizará ensayos previos tanto a agregados gruesos (partículas retenidas del tamiz No 4) con el fin de obtener la granulometría, rozamiento interno, angulosidad, forma, resistencia a la fragmentación; y agregados finos (partículas pasantes del tamiz No 4) con el fin de obtener la limpieza, resistencia a la fragmentación y adhesividad.

Etapa 5: Diseño de mezcla asfáltica patrón para esta parte se determinará el contenido y tipo de cemento asfáltico a emplear, según las especificaciones de la norma peruana MTC E-504, para ello se emplearán moldes o briquetas que tienen un diámetro de 102 mm de diámetro y 64mm de altura, se realizaran diseños que incrementen en 0.5% el contenido de asfalto y para cada diseño se requieren realizar 3 especímenes como mínimo.

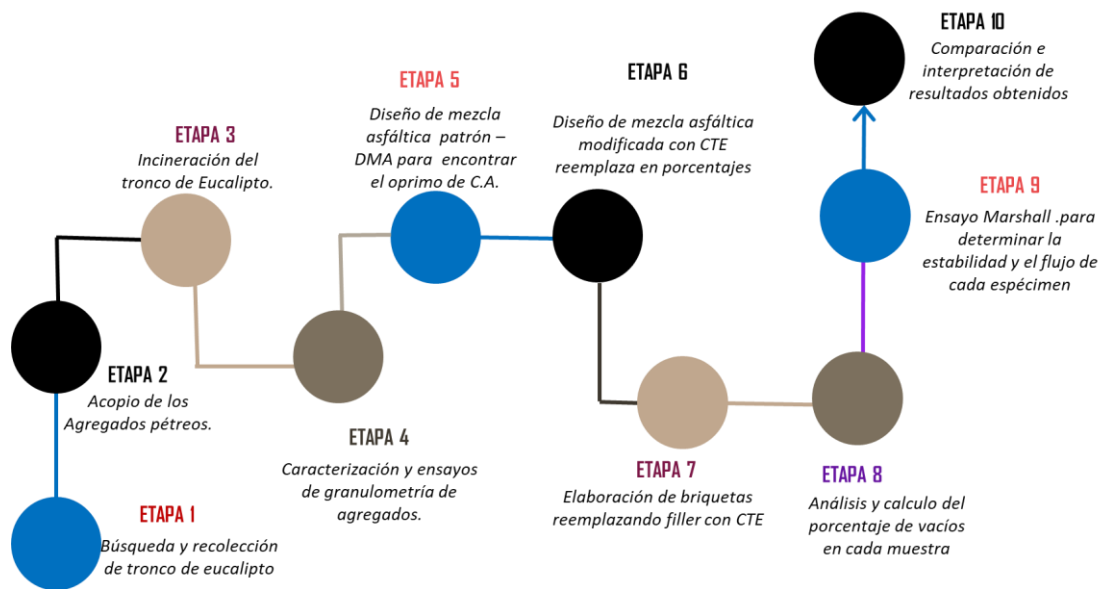
Etapa 6: Diseño de mezcla asfáltica modificada con CTE se inducirá como reemplazo del relleno mineral o filler (% según al DMA patrón) de acuerdo a los propuestos en la ficha de recolección de datos y expresada en gramos, debiendo cuidar que el peso de cada muestra no supere lo estipulado.

Etapa 7: Elaboración de briquetas incorporando el 1.0%, 2.0% y 3.0% de CTE mediante especificaciones de la norma peruana MTC E-504. Para cada diseño se realizarán 3 muestras.

Etapa 8: Una vez realizada la muestra tiene que pasar 24 horas o estar a temperatura ambiente para poder realizar los cálculos de porcentaje de vacíos que es una propiedad física del asfalto.

Etapa 9: Ensayo Marshall para determinar la estabilidad y el flujo en cada espécimen para ello se aplicará una carga en la dirección perpendicular al eje vertical cilíndrico utilizando el aparato Marshall.

Etapa 10: De resultados y conclusiones; se hará una comparación mediante la ficha de resultados obtenidos para ver la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto (CTE) en las propiedades de la mezcla asfáltica.



**Figura 1:** Procedimientos para elaboración de la investigación  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Método de Análisis de datos

La recopilación de datos y algunos análisis preliminares pueden revelar problemas y dificultades que interrumpirían el plan original de análisis de datos. Sin embargo, es importante planificar los principales aspectos del plan de análisis de acuerdo con la verificación de cada hipótesis formulada, ya que estas definiciones facilitarán la fase de recolección de datos.<sup>42</sup>

Los datos recolectados, serán analizados mediante la observación directa, donde se emplearán gráficos del análisis de resultado y tablas, para realizar una verificación acerca de la influencia incorporando la ceniza del tronco de eucalipto en las propiedades de la mezcla asfáltica modificada, las cuales tendrán que cumplir las exigencias de la norma vigente, para después corroborar la hipótesis.

### 3.7. Aspectos éticos

El investigador se compromete a que todos los datos registrados en el proyecto de investigación obtenidos en laboratorio por medio de fichas de recolección de datos, serán desarrollados con valores éticos, respetando la propiedad intelectual, la confidencialidad y otorgar el crédito apropiado por la contribución de otros investigadores y de esta manera fomentar la reflexión ética en el diseño y ejecución de investigación y pretender contribuir a la mejora de las actividades investigativas, teniendo como detector de plagio la herramienta web Turnitin.

## IV. RESULTADOS

### Nombre de la tesis:

Influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022

### UBICACIÓN

Departamento : Puno  
Provincia : Puno  
Distrito : Puno  
Ubicación : Jr. Tacna



**Figura 2:** Mapa del Perú  
Fuente: Google Search.



**Figura 3:** Mapa Región Puno  
Fuente: Google Search

### Localización:



**Figura 4:** Jr. Tacna de la ciudad de Puno.  
Fuente: Google Maps.



## Plan Experimental

Se procedió a extraer los agregados, que fueron provenientes de la cantera de Cabanillas perteneciente a la provincia de San Román – Puno, que se encuentra a una hora y media de la ciudad de Puno. Para después ver el comportamiento de la mezcla asfáltica mediante el ensayo Marshall que se realizaron en el laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L. ubicado en la provincia de San Román – Juliaca. En total se realizaron 27 briquetas, 15 briquetas para encontrar el contenido óptimo de C.A. desde 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% y 8.0% aumentando valores cada 0.5% de C.A. y 12 briquetas para el reemplazo del relleno mineral con la CTE en 1.0%, 2.0% y 3.0%, se van a evaluar los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos, flujo y la estabilidad.



**Figura 5:** Extracción agregado grueso  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6:** Extracción agregado fino  
Fuente: Elaboración propia.

Los agregados pétreos para la presente investigación, son producidos mediante la trituración mediante una maquina chancadora, los diámetros utilizados son de piedra chancada 1/2", arena chancada 1/4", arena natural 3/8", se recogió un total de 45 kg por cada material y cemento puzolánico tipo IP.

**Especificaciones normativas para los agregados:** Considerándose la zona de aplicación es la ciudad de Puno, que tiene una altitud mayor a 3000 m.s.n.m. para los agregados gruesos y agregados finos se realizó el ensayo de granulometría para que cumplan con los requerimientos siguientes:

**Tabla 5: Requerimientos para los agregados gruesos.**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤3000	>3000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013.

**Tabla 6: Requerimientos para los agregados fino.**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤3000	>3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013.

El relleno mineral o Filler deberá cumplir los siguientes requerimientos, según a la norma AASHTO M-303

**Tabla 7: Requerimiento relleno mineral**

Malla	% Que pasa
N° 30	100%
N° 50	95 - 100%
N° 200	80 - 100%

Fuente: Rosales Lecca (2019)



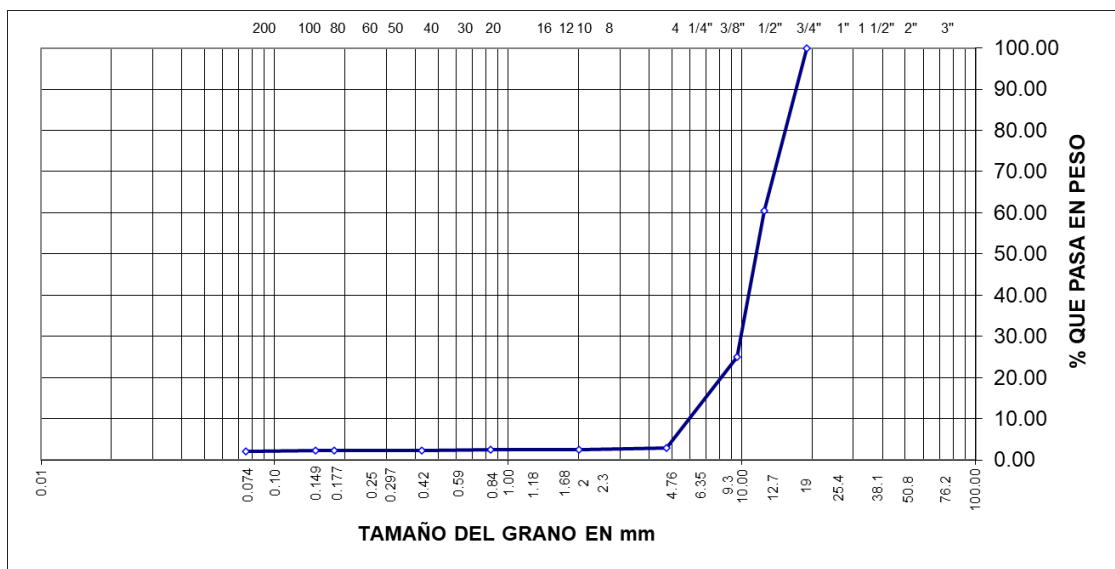
## Trabajos y resultados de laboratorio

Análisis granulométrico agregado grueso, se ensayó para determinar la granulométrica según la norma MTC E 204.

**Tabla 8:** Análisis granulométrico por tamizado A. grueso de 1/2".

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000				100.00
2 1/2"	63.000				100.00
2"	50.000				100.00
1 1/2"	37.500				100.00
1"	25.000				100.00
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500	1,467.00	39.50	39.50	60.50
3/8"	9.500	1,316.00	35.50	75.00	25.00
No.04	4.750	819.00	22.10	97.10	2.90
No.10	2.000	11.00	0.30	97.40	2.60
No.20	0.840	4.00	0.10	97.50	2.50
No.40	0.425	3.00	0.10	97.60	2.40
No.80	0.180	6.00	0.20	97.80	2.20
No.100	0.150	1.00	0.00	97.80	2.20
No.200	0.075	5.00	0.10	97.90	2.10
<No.200		78.00	2.10	100.00	

Fuente: elaboración propia



**Figura 7:** Curva granulométrica agregado grueso 1/2"

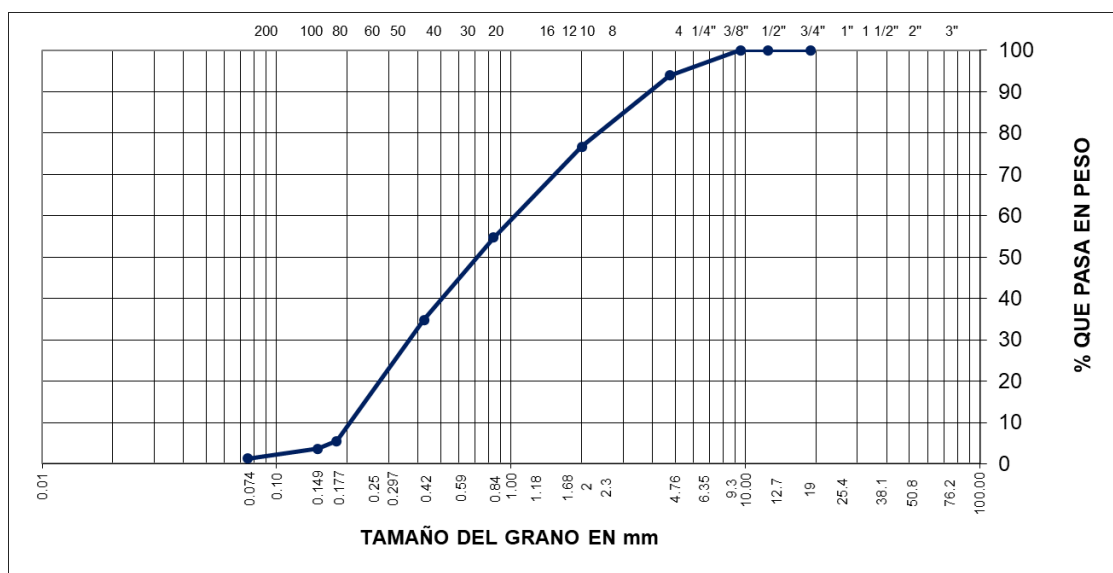
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se determina que el 97.10% está conformado por agregado grueso, el 2.90% por agregado fino de una muestra con peso inicial de 3710gr.

**Tabla 9:** Resultado análisis granulométrico arena chancada de 1/4".

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000				100.00
2 1/2"	63.000				100.00
2"	50.000				100.00
1 1/2"	37.500				100.00
1"	25.000				100.00
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No.04	4.750	155.00	6.00	6.00	94.00
No.10	2.000	445.00	17.30	23.30	76.70
No.20	0.840	566.00	22.00	45.30	54.70
No.40	0.425	512.00	19.90	65.20	34.80
No.80	0.180	756.00	29.30	94.50	5.50
No.100	0.150	46.00	1.80	96.30	3.70
No.200	0.075	63.00	2.40	98.70	1.30
<No.200		33.00	1.30	100.00	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8:** Curva granulométrica arena chancada 1/4"

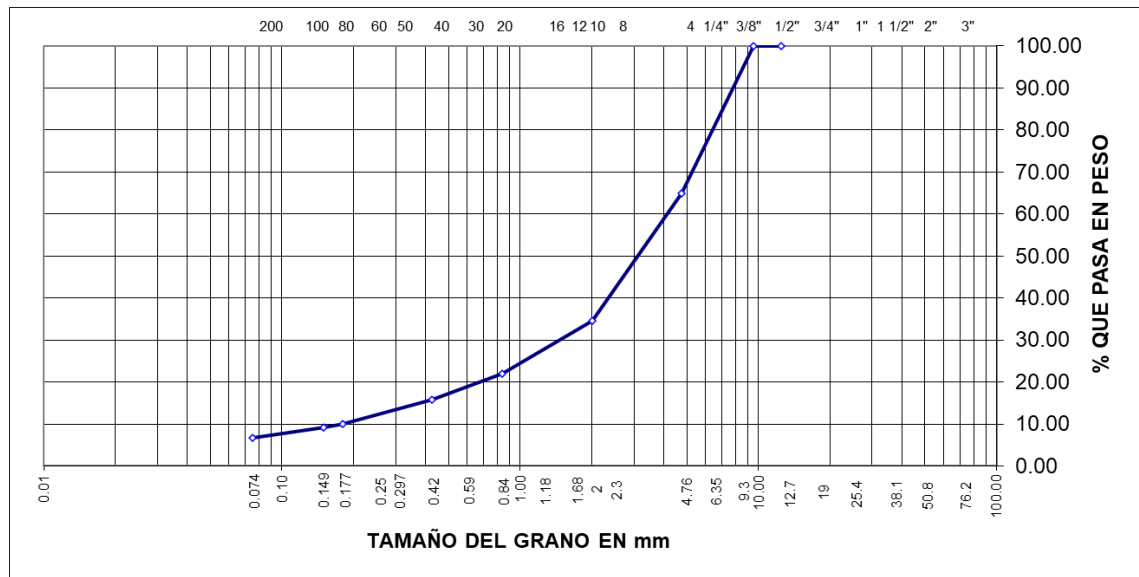
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se encontró según la granulometría un 6.00 % de grava, 94.00 % de arena, de una muestra con peso inicial de 2,576 gr.

**Tabla 10:** Resultado análisis granulométrico arena natural de 3/8".

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000				100.00
2 1/2"	63.000				100.00
2"	50.000				100.00
1 1/2"	37.500				100.00
1"	25.000				100.00
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	2.00	0.10	0.10	99.90
No.04	4.750	878.00	34.90	35.00	65.00
No.10	2.000	768.00	30.50	65.50	34.50
No.20	0.840	315.00	12.50	78.00	22.00
No.40	0.425	159.00	6.30	84.30	15.70
No.80	0.180	142.00	5.60	89.90	10.10
No.100	0.150	25.00	1.00	90.90	9.10
No.200	0.075	64.00	2.50	93.40	6.60
<No.200		166.00	6.60	100.00	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9:** Curva granulométrica arena natural de 3/8"

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se encontró según la granulometría un 35.00 % de grava, 65.00% de arena, teniéndose la muestra con un peso de 2519gr.

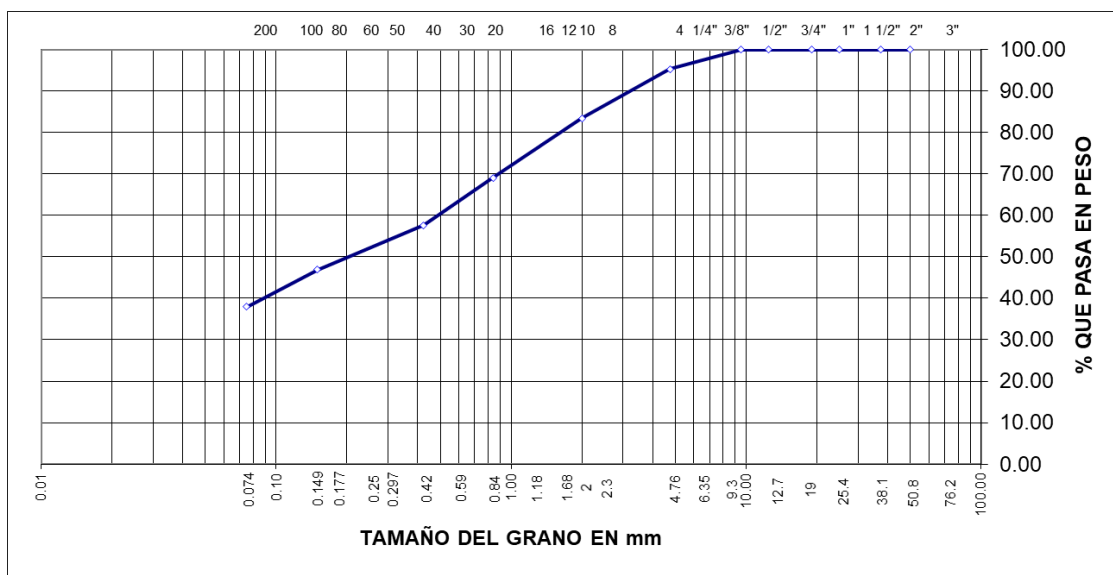


Análisis granulométrico ceniza del tronco de eucalipto (CTE): la muestra se realizó con un peso de 1421 gr.

**Tabla 12:** Resultado análisis granulométrico ceniza del tronco de eucalipto CTE.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No.04	4.750	67.00	4.71	4.71	95.29
No.10	2.000	169.00	11.89	16.60	83.40
No.20	0.840	204.00	14.36	30.96	69.04
No.40	0.425	163.00	11.47	42.43	57.57
No.100	0.150	151.00	10.63	53.06	46.94
No.200	0.075	128.00	9.01	62.07	37.93
<No.200		539.00	37.93	100.00	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11:** Curva granulométrica de ceniza del tronco de eucalipto

Fuente: Elaboración propia

Se encontró según el análisis granulométrico de la ceniza del tronco de eucalipto un 37.93% pasante por el tamiz N° 200.

## GRADACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)

Tabla 13: Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

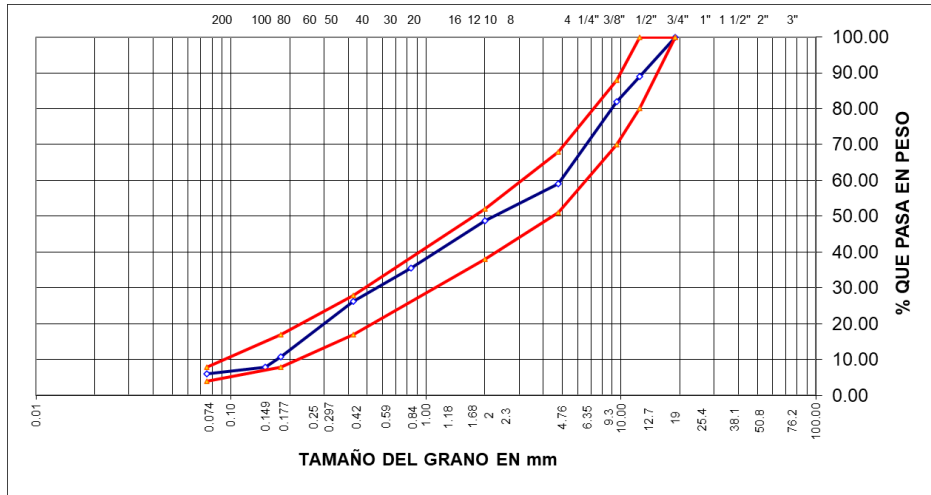
Fuente: gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)

**Combinación de Agregados:** Para encontrar y cuantificar la granulometría de los agregados, debe cumplir con el huso granulométrico para la MAC-2, la cual está diseñado para un alto tráfico<sup>43</sup>, las que son comunes en las vías urbanas de la ciudad de Puno.

Tabla 14: Resultados de análisis granulométrico mezcla de agregados.

Tamices ASTM	Abertura mm	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa
3"	75.000	PIEDRA	ARENA	ARENA		MEZCLA
2 1/2"	63.000	CHANC.	CHANC.	NATURAL	FILLER	TOTAL
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.500	60.50	100.00	100.00	100.00	88.94
3/8"	9.500	25.00	100.00	99.90	100.00	81.97
No.04	4.750	2.90	94.00	65.00	100.00	59.10
No.10	2.000	2.60	76.70	34.50	100.00	48.73
No.20	0.840	2.50	54.70	22.00	99.60	35.64
No.40	0.425	2.40	34.80	15.70	99.00	26.35
No.80	0.180	2.20	5.50	10.10	98.20	10.88
No.100	0.150	2.20	3.70	9.10	97.00	7.86
No.200	0.075	2.10	1.30	6.60	95.30	6.09
<No.200						

Fuente: Elaboración propia



**Figura 12:** Curva granulométrica de mezcla de agregados para (MAC-2)  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15:** Resumen de mezcla de agregados

MEZCLA DE AGREGADOS	PORCENTAJE
Agregado Grueso TMN=1/2"	28%
Arena Chancada TMN=1/4"	36%
Arena zarandeada Natural TMN=3/8"	33%
Cemento Pozolánico	3%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Mediante los datos obtenidos de la granulometría de cada dimensión de agregado y según a la tabla de gradación para mezclas asfálticas en caliente (tabla 13) se optó por usar una graduación de agregados MAC-2, establecidas en el ministerio de transportes y comunicaciones. El relleno mineral o filler empleado en la mezcla convencional fue el cemento puzolánico, la cual pasa por la malla N° 200.



**Figura 13:** Cuarteo de agregado  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 14:** Secado de agregado  
Fuente: Elaboración propia.

## Ensayos de calidad de agregados

Partículas chatas y alargadas (MTC E 221, ASTM D 4791): se determinó los índices de alargamiento y de aplanamiento, de los agregados que se van a emplear.

**Tabla 16:** Resultado de partículas chatas y alargadas

Tamaño de mallas		Peso retenido	Porcentaje retenido	Peso partículas chatas y alargadas	% de partículas chatas y alargadas
PASA	RETIENE	Pr (Gr)	Ri (%)	Pa	Li
19.0mm (3/4")	12.7mm (1/2")	707	50.5	62	8.77
12.7mm (1/2")	9.5mm (3/8")	693	49.5	56	8.08

Fuente: elaboración propia

$$\text{porcentaje de partículas chatas y alargadas promedio} = \frac{\sum(LixRi)}{\sum Ri}$$

$$\text{porcentaje de partículas chatas y alargadas promedio} = \frac{842.86}{100} = 8.43\%$$

**Caras Fracturadas:** Mediante este ensayo se determinó el porcentaje en peso del agregado que presenta una o más caras fracturadas del agregado pétreo que reúnen requerimientos especificados<sup>44</sup>, formados por la trituración, para maximizar la resistencia del asfalto. Para la presente investigación se realizó de acuerdo a MTC E210.

**Tabla 17:** Determinación de partículas 01 cara fracturada

Tamaño de mallas		Peso retenido	Porcentaje retenido	Peso partículas 1 cara frac.	% de partículas 1 cara frac.
PASA	RETIENE	Pr (Gr)	Ri (%)	Pa	Li
19.0mm (3/4")	12.7mm (1/2")	707	50.5	624	88.26
12.7mm (1/2")	9.5mm (3/8")	693	49.5	610	88.02

Fuente: Elaboración propia



$$\text{porcentaje de partículas 01 cara fracturada promedio} = \frac{\sum(LixRi)}{\sum Ri}$$

$$\text{porcentaje de partículas 01 cara fracturada promedio} = \frac{8,814.29}{100} = 88.14\%$$

**Tabla 18:** Determinación de partículas de más de 02 caras fracturadas

Tamaño de mallas		Peso retenido	Porcentaje retenido	Peso partículas 2 caras frac.	% de partículas 2 caras frac.
PASA	RETIENE	Pr (Gr)	Ri (%)	Pa	Li
19.0mm (3/4")	12.7mm (1/2")	707	50.5	561	79.35
12.7mm (1/2")	9.5mm (3/8")	693	49.5	547	78.93

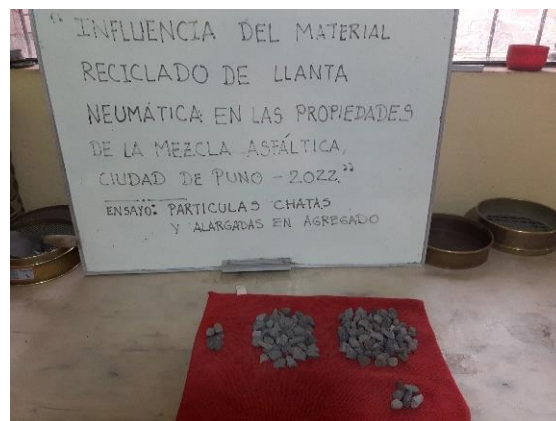
Fuente: Elaboración propia

$$\text{porcentaje de partículas 02 cara fracturada promedio} = \frac{\sum(LixRi)}{\sum Ri}$$

$$\text{porcentaje de partículas 02 caras fracturada promedio} = \frac{7,914.29}{100} = 79.14$$



**Figura 15:** Partículas Chatas, alargadas  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 16:** Agregado caras fracturadas  
Fuente: Elaboración propia.

**Gravedad Específica Y Absorción (ASTM C-128):** Se determinó la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción después de 24 horas sumergidas en agua, los cuales según a la NTP 400.021, se lograron obtener los siguientes resultados:

**Tabla 19:** *Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Grueso*

DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado seca (en el aire)	g	912.0	936.0	818.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	561.0	576.0	503
C. Volumen de masa + volumen de vacíos	cm <sup>3</sup>	351.0	360.0	315.0
D. Peso material seco	g	893.0	917.0	802.0
E. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	332.0	341.0	299.0
F. Peso Específico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.544	2.547	2.546
G. Peso Específico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.598	2.6	2.597
H. Peso Específico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.69	2.689	2.682
I. Absorción	%	2.13	2.07	2.00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20:** *Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Fino Chancado*

DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado seca (en el aire)	g	499.0	445.5	568.2
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	303.2	269.2	345.5
C. Volumen de masa + volumen de vacíos	cm <sup>3</sup>	195.8	176.3	222.7
D. Peso material seco	g	487.0	435.5	555.2
E. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	183.8	166.3	209.7
F. Peso Específico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.487	2.47	2.493
G. Peso Específico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.549	2.527	2.551
H. Peso Específico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.65	2.619	2.648
I. Absorción	%	2.46	2.30	2.34

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21:** *Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Fino Natural*

DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado seca (en el aire)	g	300.0	300.0	300.0
B. Peso frasco + H <sub>2</sub> O	g	673.0	676.0	674.0
C. Peso frasco + H <sub>2</sub> O + (A)	g	973.0	967.0	970.0
D. Peso material + H <sub>2</sub> O en el frasco	g	857	851	854
E. Volumen de masa + volumen de vacíos	cm <sup>3</sup>	116.0	116.0	116.0
F. Peso material seco	g	294.0	293.4	293.6
G. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	110.0	105.0	109.6
H. Peso Específico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.534	2.529	2.531
I. Peso Específico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.586	2.586	2.586
J. Peso Específico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.673	2.794	2.679
K. Absorción	%	2.04	2.25	2.18

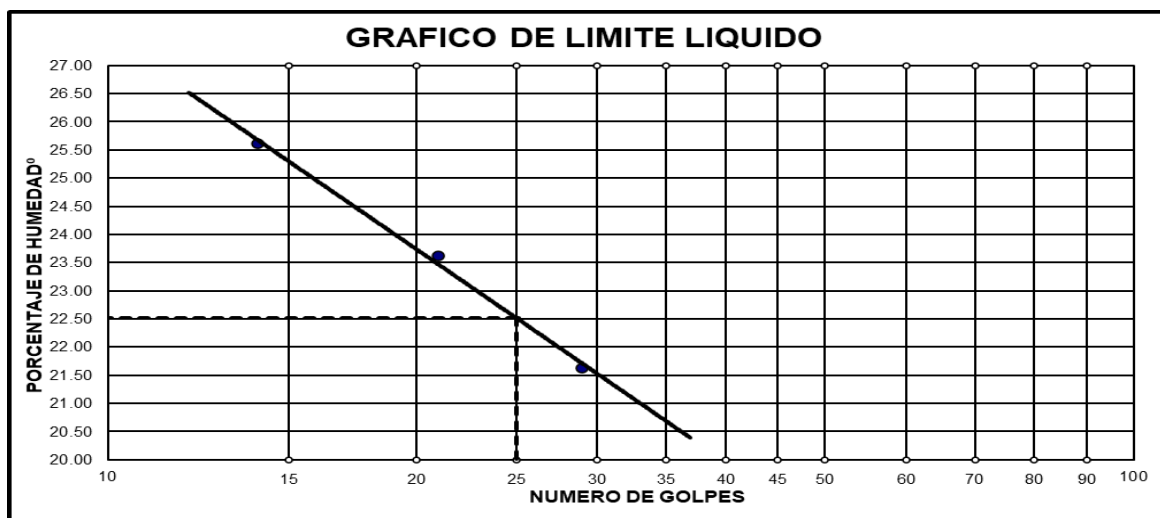
## Límites de Consistencia

Limite liquido (LL): se determinó el contenido de agua humedad, hallado en porcentaje del material dado, el cual se basa de acuerdo a la norma ASTM D-424, NTP 339.129 y AASHTO T-89.

**Tabla 22:** Límites de consistencia de agregado fino

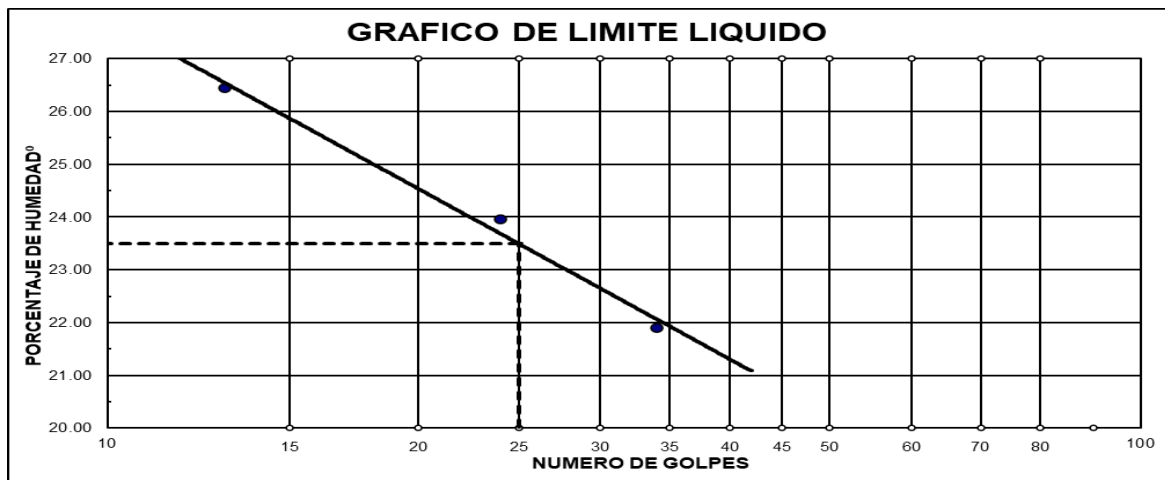
MUESTRA	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Arena chancada	22.55	NP	NP
Arena zarandeada natural	23.5	NP	NP

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17:** Grafico de limite liquido de arena chancada

Fuente: Elaboración propia



**Figura 18:** Grafico de limite liquido de arena zarandeada natural.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 19:** Aparato cuchara casa grande  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 20:** Límites de Atterberg  
Fuente: Elaboración propia.

**Equivalente de Arena:** Se determinó el porcentaje de altura sedimentada en las probetas de laboratorio con respecto de la altura total de los finos floculados, de acuerdo al MTC E114, NTP 339.146 y ASTM D-2419, estos pueden afectar negativamente en cuanto a la durabilidad del asfalto.

**Tabla 23:** Resultados de equivalente de Arena Natural

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	14:10	14:12	14:14
Hora de salida	14:20	14:22	14:24
Hora de entrada	14:21	14:23	14:25
Hora de salida	14:41	14:43	14:45
Altura de nivel material fino	4.70	4.80	4.80
Altura de nivel de arena	4.10	4.10	4.20
Equivalente de Arena	87.20	85.40	87.50
<b>Equivalente de Arena Promedio:</b>		<b>86.7</b>	<b>%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 21:** Equivalente de arena  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 22:** Peso de la probeta  
Fuente: Elaboración propia.

**Abrasión los Ángeles (ASTM C 131):** Se determinó la resistencia al desgaste de los agregados gruesos, empleando una maquina con carga abrasiva, donde se añade carga de bolas de acero aplicadas mediante un numero de revoluciones el choque entre las bolas y el agregado da como resultado la abrasión, la cual se midió por la diferencia de masa inicial y la masa del material desgastado.

Para la presente investigación se realizó con agregado grueso, de acuerdo a MTC E207 y NTP 400.019 los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 24:** Resultados de abrasión los ángeles

Tamaño de mallas		Masa Original (gr)	Masa Final (gr)	Masa perdida Después de 500 Revueltas	% de desgaste Por Abrasión
Pasa	Retiene				
38.1mm	25.4mm	2,500.0	----	----	----
25.4mm	19.0mm		----	----	----
19.0mm	12.7mm		----	----	----
12.7mm	9.5mm		2,500.0	----	----
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		5,000.0	3,932.00	1,068.00	<b>21.36%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 23:** Abrasión los Ángeles  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 24:** Bolas de acero de 420 gr.  
Fuente: Elaboración propia.

**Cemento asfáltico:** Se utilizó PEN 120/150 según la tabla 1, para zonas con una altitud mayor a 3,500 msnm y condiciones climáticas en la zona de estudio. Esto perturba a la capa asfáltica, provocando un aumento significativo en el módulo de rigidez, provocando que toda la estructura del pavimento se flexione, pudiendo llegar incluso a la fractura. Las características del cemento asfáltico PEN 120/150 a utilizar se adjunta en el anexo 6.



## DISEÑO PATRÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA – MÉTODO MARSHALL

**Tabla 25:** *Diseño patrón de mezcla de agregados*

MEZCLA DE AGREGADOS	PORCENTAJE
Agregado Grueso TMN=1/2"	28%
Arena Chancada TMN=1/4"	36%
Arena zarandeada Natural TMN=3/8"	33%
Cemento Pozolánico	3%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Peso específico unitario de la muestra:** Determinamos el peso específico de las probetas para nuestro diseño patrón. Determinado primero el peso en el aire y después bajo el agua:

$$PU = \frac{W_s}{W_s - W_a}$$

$PU$  = Peso unitario de la mezcla asfáltica compactada

$W_s$  = Peso seco de la probeta en el aire

$W_a$  = Peso debajo del agua, de la probeta

**Tabla 26:** *Peso Unitario de cada muestra - patrón*

CEMENTO ASFÁLTICO	PESO UNITARIO DE CADA ESPÉCIMEN (gr/cm <sup>3</sup> ) - PATRÓN			
	M1	M2	M3	PROMEDIO
6.00%	2.259	2.251	2.273	2.261
6.50%	2.291	2.287	2.288	2.288
7.00%	2.305	2.300	2.301	2.302
7.50%	2.285	2.283	2.282	2.283
8.00%	2.269	2.261	2.263	2.264

Fuente: Elaboración propia

**Peso Específico Bulk de los agregados:** El peso específico neto de los agregados se calculó mediante las diferentes fracciones de agregados, grueso, fino y relleno mineral, mediante la siguiente fórmula:

$$PE_{bulk} = \frac{\%A_1 + \%A_2 + \dots + \%A_n}{\frac{\%A_1}{PE_{A1}} + \frac{\%A_2}{PE_{A2}} + \dots + \frac{\%A_n}{PE_{An}}}$$

$PE_{bulk}$  = peso específico neto del agregado total

$A_1, A_2, A_n$  = porcentaje de cada agregado en la mezcla

$PE_{A1}, PE_{A2}, PE_{An}$  = peso específico del agregado individual

**Tabla 27:** *Peso Específico Bulk de los agregados*

CEMENTO ASFALTICO	PESO ESPECIFICO BULK DE LOS AGREGADOS (GR/CM3) - PATRON		
	M1	M2	M3
6.00%	2.507	2.507	2.507
6.50%	2.507	2.507	2.507
7.00%	2.507	2.507	2.507
7.50%	2.507	2.507	2.507
8.00%	2.507	2.507	2.507

Fuente: Elaboración propia

**Peso Específico efectivo de agregados:** El valor del peso específico efectivo, debe estar entre el peso específico real y el peso específico aparente según ASSHTO T 209 / ASTM D 2041, el cual se calculó con la siguiente formula:

$$PEE_A = \frac{P_{mm} - P_{CA}}{\frac{P_{mm}}{PE_{mm}} - \frac{P_{CA}}{PE_{CA}}}$$

$PEE_A$  = peso específico efectivo de agregados

$P_{mm}$  = porcentaje de masa total de mezcla suelta = 100

$P_{CA}$  = porcentaje de cemento asfáltico para cada diseño y muestra

$PE_{mm}$  = peso específico máximo de la mezcla (sin vacíos)

$PE_{CA}$  = peso específico del cemento asfáltico

**Tabla 28:** *Peso Efectivo de agregados*

Cemento asfáltico	PESO EFECTIVO DE LOS AGREGADOS (gr/cm3)		
	M1	M2	M3
6.00%	2.620	2.620	2.620
6.50%	2.619	2.619	2.619
7.00%	2.639	2.639	2.639
7.50%	2.688	2.688	2.688
8.00%	2.741	2.741	2.741

Fuente: Elaboración propia

**Porcentaje absorbido de asfalto:** Se calculó la absorción expresada como porcentaje de la masa del agregado del total de la masa de la mezcla. Mediante la siguiente expresión:

$$P_{AA} = 100 * \frac{PEE_A - PE_{bulk}}{PEE_A * PE_{bulk}} * PE_{CA}$$

$P_{AA}$  = asfalto absorbido en porcentaje de la masa del agregado

$PEE_A$  = peso específico efectivo de los agregados

$PE_{bulk}$  = peso específico bulk

$PE_{CA}$  = peso específico del cemento asfáltico

**Tabla 29:** *Porcentaje absorbido de asfalto*

CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE ASFALTO ABSORBIDO (%) - PATRON		
	M1	M2	M3
6.00%	1.755	1.755	1.755
6.50%	1.740	1.740	1.740
7.00%	2.035	2.035	2.035
7.50%	2.740	2.740	2.740
8.00%	3.473	3.473	3.473

Fuente: Elaboración propia

**Contenido asfalto efectivo:** Se calculó el volumen total de asfalto menos la cantidad de asfalto absorbido que se perdió en la mezcla. Es la fracción del contenido total de asfalto que queda fuera de las partículas de agregado como una capa, y es el contenido de asfalto el que controla las propiedades de la mezcla asfáltica.

$$P_{AE} = P_{CA} - \frac{P_{AA} * P_{Tm}}{100}$$

$P_{CA}$  = porcentaje de cemento asfáltico para cada diseño y muestra

$P_{AA}$  = asfalto absorbido en porcentaje de la masa del agregado

$P_{Tm}$  = porcentaje del contenido de la masa total de la mezcla



**Tabla 30: Contenido de asfalto efectivo**

CEMENTO ASFALTICO	CONTENIDO ASFALTO EFECTIVO (%) - PATRON		
	M1	M2	M3
6.00%	4.350	4.350	4.350
6.50%	4.873	4.873	4.873
7.00%	5.107	5.107	5.107
7.50%	4.966	4.966	4.966
8.00%	4.805	4.805	4.805

Fuente: Elaboración propia

**Porcentaje de VMA en la mezcla compactada:** Se calculó el VMA, representado como el vacío granular entre partículas del agregado de cada espécimen compactado, expresado como una parte del volumen total, determinado de la siguiente forma:

$$VMA = 100 - \frac{PU * P_{Tm}}{PE_{bulk}}$$

$VMA$  = vacíos en el agregado mineral

$PU$  = peso unitario de la mezcla asfáltica compactada (gr/cm<sup>3</sup>)

$P_{Tm}$  = porcentaje del contenido de la masa total de la mezcla

$PE_{bulk}$  = peso específico neto del agregado total

**Tabla 31: Porcentaje de VMA en la mezcla compactada**

CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE VMA EN LA MEZCLA (%) - PATRÓN		
	M1	M2	M3
6.00%	15.281	15.589	14.765
6.50%	14.567	14.722	14.671
7.00%	14.489	14.693	14.643
7.50%	15.695	15.778	15.818
8.00%	16.731	17.029	16.945

Fuente: Elaboración propia

**Porcentaje de vacíos de aire:** Se determinó los espacios de aire entre las partículas recubiertas con asfalto, teniendo como referencia la norma AASHTO T 209. El porcentaje de vacíos en una mezcla sólida se puede determinar según AASHTO T209 o mediante el siguiente método:

$$V_a = 100 * \frac{PE_{mm} - PU}{PE_{mm}}$$

$PE_{mm}$  = peso específico máximo de la mezcla (sin vacíos)

PU= peso unitario de la mezcla asfáltica compactada (gr/cm3)

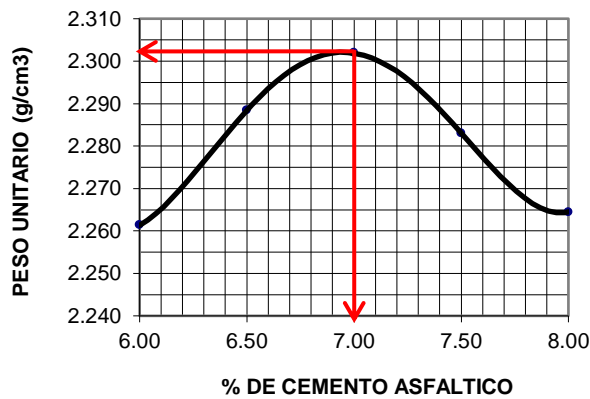
**Tabla 32:** Porcentajes de vacíos de aire en la mezcla asfáltica

CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN LA MEZCLA COMPACTADA (%) - PATRON		
	M1	M2	M3
6.00%	5.60	6.00	5.10
6.50%	3.60	3.80	3.80
7.00%	3.00	3.20	3.10
7.50%	4.60	4.70	4.70
8.00%	6.00	6.40	6.30

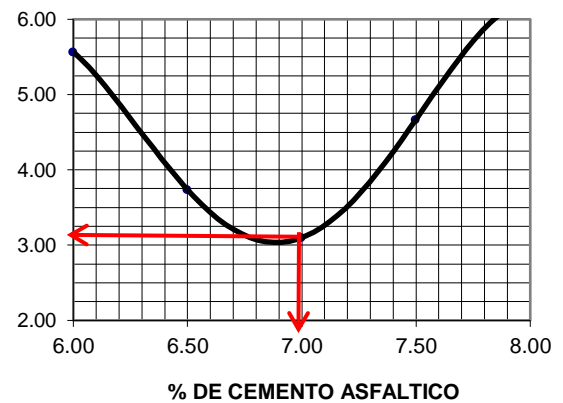
Fuente: Elaboración propia

### Gráficos de Ensayo Marshall de DMA patrón

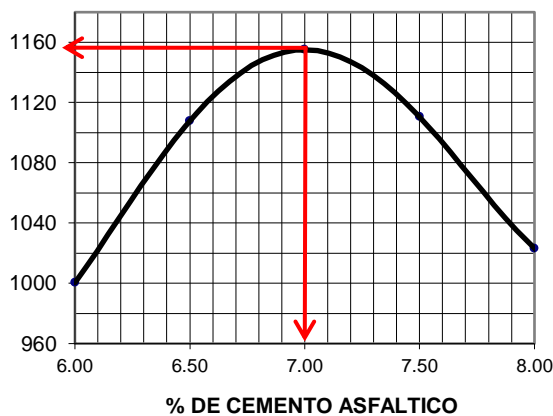
#### PESO UNITARIO



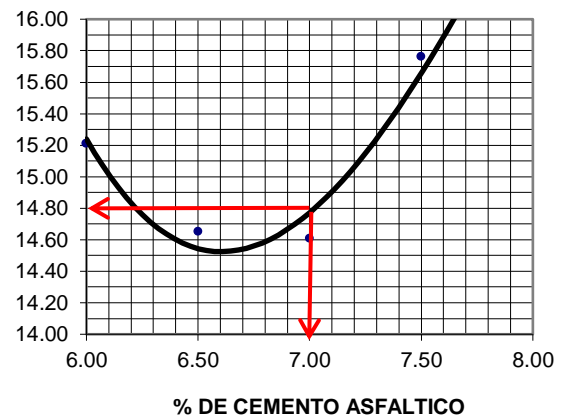
#### % DE VACIOS

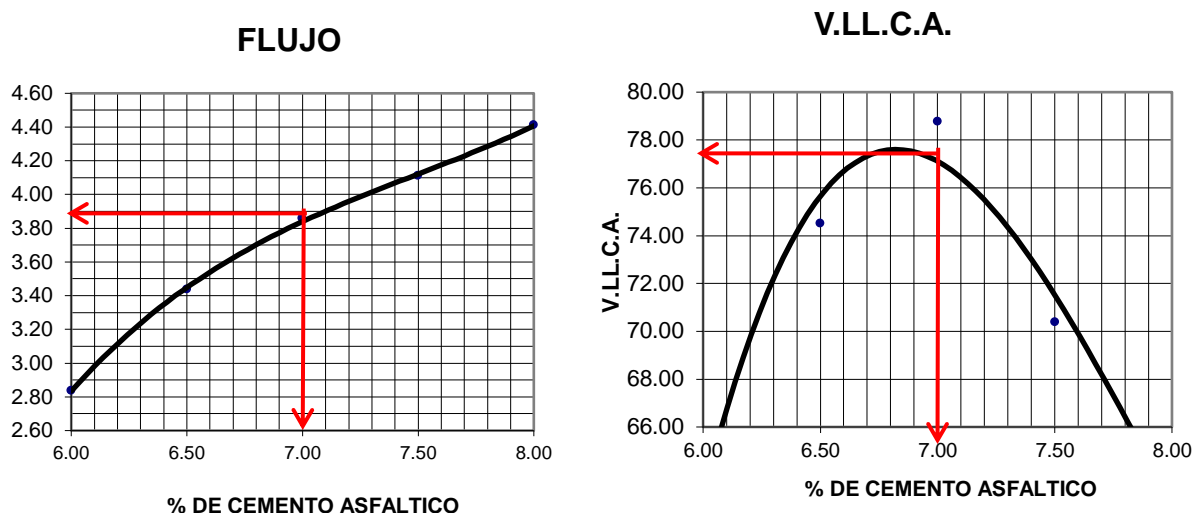


#### ESTABILIDAD



#### V.M.A.





**Figura 25:** Graficas de ensayo Marshall de mezcla asfáltica patrón

**Tabla 33:** Resultado de propiedades físico mecánicas con diseño óptimo de C.A.

CARACTERISTICAS	% OPTIMO C.A.	ESPECIFICACIONES
% C. Asfáltico.	7.00%	
N° de golpes en cada lado	75	
Estabilidad (Kg)	1179	Min - 815 kgs.
Fluencia (mm)	3.88	2 - 4 mm
% de vacíos de aire	3.233	3 - 5%
% V.M.A.	15	Min. 15
Peso unitario	2.303	
% V. LL. C. A.	77.82	Min. 75%
Estabilidad Flujo kg/cm	3039	1,700 a 4,000
% estabilidad retenida		Min. 80%
% Índice de Compactibilidad		Min. 5%

Fuente: Elaboración propia

### DISEÑO MODIFICADO DE MEZCLA ASFÁLTICA – MÉTODO MARSHAL

Previamente se determinó el contenido de CA en 7.0%, a partir del diseño patrón de MAC, se pudo reemplazar la ceniza orgánica como filler en distintos porcentajes, con una variación de reemplazo de 1.00%. Según a la norma cada briqueta tiene un peso de 1200 gramos y se tiene que descontar el peso óptimo de asfalto. Se realizó el cálculo de los porcentajes en computadora para las cantidades en porcentajes para la dosificación de agregados. Los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 34:** *Diseño de agregados para muestra convencional*

<b>AGREGADO</b>	<b>DOSIFICACION AGREGADOS (%)</b>	<b>PESO EN GRAMOS (gr)</b>
Piedra Chancada Tmax=1/2"	28%	312.00
Arena Chancada Tmax=1/4"	36%	402.00
Arena Zarandeada Natural Tmax=3/8"	33%	368.00
Cemento Pozolánico	3%	34.00
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1116.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en nuestra mezcla de agregados convencional se reemplazó en los porcentajes mostrados a continuación:

**Tabla 35:** *Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 1% de Ceniza*

<b>AGREGADO</b>	<b>DOSIFICACION AGREGADOS (%)</b>	<b>PESO EN GRAMOS (gr)</b>
Piedra Chancada Tmax=1/2"	28%	312.00
Arena Chancada Tmax=1/4"	36%	402.00
Arena Zarandeada Natural Tmax=3/8"	33%	368.00
Cemento Pozolánico	2%	22.67
Ceniza del tronco de Eucalipto	1%	11.33
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1116.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36:** *Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 2% de Ceniza*

<b>AGREGADO</b>	<b>DOSIFICACION AGREGADOS</b>	<b>PESO EN GRAMOS (gr)</b>
Piedra Chancada Tmax=1/2"	28%	312.00
Arena Chancada Tmax=1/4"	36%	402.00
Arena Zarandeada Natural Tmax=3/8"	33%	368.00
Cemento Pozolánico	1%	11.33
Ceniza del tronco de Eucalipto	2%	22.67
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1116.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37:** *Diseño de Agregados para Muestra Modificada con 3% de Ceniza*

AGREGADO	DOSIFICACION AGREGADOS	PESO EN GRAMOS (gr)
Piedra Chancada Tmax=1/2"	28%	312.00
Arena Chancada Tmax=1/4"	36%	402.00
Arena Zarandeada Natural Tmax=3/8"	33%	368.00
Ceniza del tronco de Eucalipto	3%	34.00
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1116.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Al diseñar este asfalto modificado con el reemplazo de ceniza del tronco de eucalipto (CTE) realizados en laboratorio, se muestran a continuación los principales resultados obtenidos de las propiedades mecánicas; los resultados completos se adjuntan en los anexos.

**Tabla 38:** *Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 1%*

CARACTERISTICAS	M1	M2	M3	ESPECIFICACIONES
% C. Asphaltico.	7.00%	7.00%	7.00%	
N° de golpes en cada lado	75	75	75	
Estabilidad (Kg)	1164.8	1092	1037	Min - 815 kgs.
Fluencia (mm)	3.61	3.82	3.92	2 - 4 mm
% de vacíos de aire	3.5	3.9	4.2	3 - 5%
% V.M.A.	14.833	15.158	15.404	Min. 15
Peso unitario	2.296	2.287	2.280	
% V. LL. C. A.	76.404	74.271	72.734	Min. 75%
Estabilidad Flujo kg/cm	3227	2859	2645	1,700 a 4,000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39:** *Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 2%*

CARACTERISTICAS	M1	M2	M3	ESPECIFICACIONES
% C. Asphaltico.	7.00%	7.00%	7.00%	
N° de golpes en cada lado	75	75	75	
Estabilidad (Kg)	1076	1166	1160	Min - 815 kgs.
Fluencia (mm)	4.00	3.86	3.95	2 - 4 mm
% de vacios de aire	3.50	3.30	3.60	3 - 5%
% V.M.A.	14.83	14.643	14.859	Min. 15
Peso unitario	2.296	2.301	2.295	
% V. LL. C. A.	76.399	77.464	75.772	Min. 75%
Estabilidad Flujo kg/cm	2690	3021	2937	1,700 a 4,000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40:** Resultados incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en 3%

CARACTERISTICAS	M1	M2	M3	ESPECIFICACIONES
% C. Asphaltico.	7.00%	7.00%	7.00%	
N° de golpes en cada lado	75	75	75	
Estabilidad (Kg)	1131	1077	1083	Min - 815 kgs.
Fluencia (mm)	4.10	3.92	4.10	2 - 4 mm
% de vacíos de aire	3.50	3.70	3.60	3 - 5%
% V.M.A.	14.803	15.012	14.851	Min. 15
Peso unitario	2.297	2.291	2.295	
% V. LL. C. A.	76.356	75.353	75.759	Min. 75%
Estabilidad Flujo kg/cm	2759	2747	2641	1,700 a 4,000

Fuente: Elaboración propia

**Objetivo específico 1:** Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

### Método de Marshall para el porcentaje de vacíos

Previamente a los ensayos de estabilidad y fluencia, se efectuó el análisis de porcentaje de vacíos en cada una de las probetas compactadas, determinado mediante el peso específico total de cada briqueta compactada y el peso específico teórico de la Mezcla asfáltica (sin vacíos) de acuerdo a la norma AASHTO T209, el PE total de cada probeta se obtuvo pesando el espécimen en aire y sumergido en agua, efectuado sobre cada muestra (patrón, 1.0% de CTE, 2.0% de CTE y 3.0% de CTE).

### Evidencia fotográfica



**Figura 26:** Peso de briqueta saturada  
Fuente: Elaboración propia

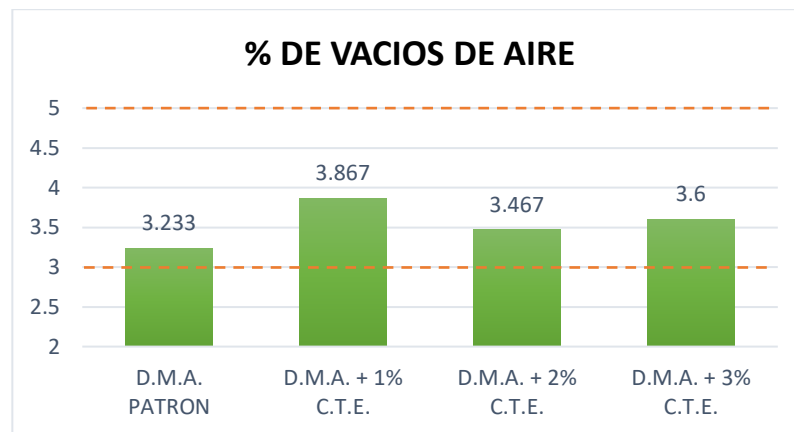


**Figura 27:** Peso al aire de briqueta  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:** Resultados porcentaje de vacíos de aire

D. M. A.	% DE VACIOS DE AIRE
Patrón	3.233
1% C.T.E.	3.867
2% C.T.E.	3.467
3% C.T.E.	3.600

Fuente: Elaboración propia



**Figura 28:** Gráfico de % de aire con ceniza del tronco de eucalipto CTE  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: ejecutado el análisis de vacíos de aire entre las partículas combinadas con el cemento asfáltico de las 12 briquetas compactadas y ensayadas, adicionando la ceniza del tronco de eucalipto en reemplazo del material de relleno mineral o filler inducido en 1.0%, 2.0% y 3.0%; en nuestro DMA patrón se obtuvo: 3.233% de vacíos, para la adición de CTE como filler en 1.0% se obtuvo 3.867% de vacíos, para la adición de CTE como filler en 2.0% se obtuvo 3.467% de vacíos y para la adición de CTE como filler en 3.0% se obtuvo 3.600% de vacíos, evidenciando que si existe una mejora en cuanto a este indicador por aproximarse al óptimo porcentaje (4.0%), pero según la EG-2013 especifica los valores dentro de 3.0% a 5.0%, las cuales cumplen favorablemente.

**Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% sobre la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.**

#### **Método de Marshall para la fluencia**

Para hallar la fluencia que mide la deformación producida por una carga que incide en la mezcla asfáltica, esta se realizó por medio del aparato Marshall



mediante 3 probetas para cada porcentaje inducido (patrón, 1.0% de CTE, 2.0% de CTE y 3.0% de CTE) como indica la norma ASTM D-1559, las probetas estuvieron por 30 minutos en un baño de agua a 60°C (140°F) de temperatura, los resultados se muestran en la tabla 42, cabe resaltar que la deformación se mide en centésimas de pulgadas y está dado por la reducción en su diámetro vertical de la probeta o espécimen.

### Evidencia fotográfica



**Figura 29:** Briqueta con 1% CTE  
Fuente: Elaboración propia

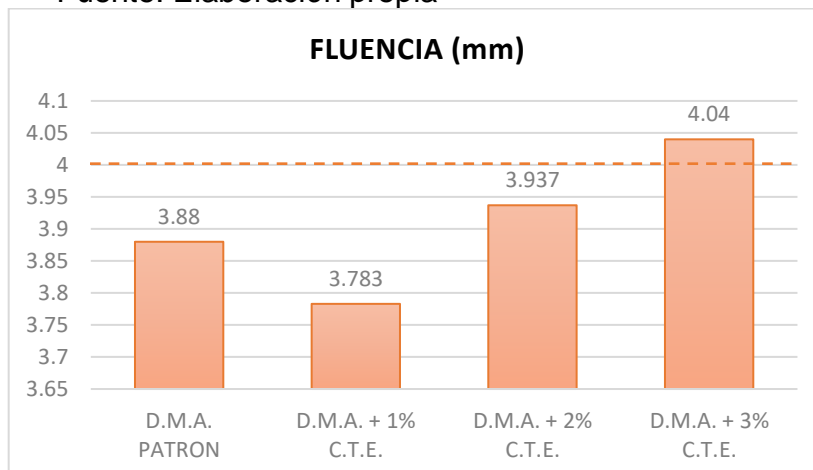


**Figura 30:** Briquetas en baño maría  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42:** Resultados de fluencia

D. M. A.	FLUENCIA (mm)
Patrón	3.880
1% C.T.E.	3.783
2% C.T.E.	3.937
3% C.T.E.	4.040

Fuente: Elaboración propia



**Figura 31:** Gráfico de fluencia con ceniza del tronco de eucalipto CTE  
Fuente: Elaboración propia



Interpretación: ejecutado el ensayo de Marshall para determinar la influencia de la fluencia, adicionando la ceniza del tronco de eucalipto en reemplazo del material de relleno mineral o filler inducido en 1.0%, 2.0% y 3.0%; en nuestro DMA patrón se obtuvo: 3.880mm, para la adición de la CTE como filler en 1.0% se obtuvo 3.783mm, para la adición de CTE como filler en 2.0% se obtuvo 3.937mm y para la adición de CTE como filler en 3.0% se obtuvo 4.040mm; siendo el más óptimo el DMA con 2% CTE y para las 2 muestras (1.0% y 2.0%) se encuentran dentro de los valores especificados según EG-2013, analizando que una fluencia baja se traduce en un pavimento rígido y frágil y a valores muy altos son muy plásticas.

**Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% sobre la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.**

### Método de Marshall para la estabilidad

Para hallar la estabilidad en el ensayo Marshall, se realizó 3 especímenes de muestra para los distintos diseños (patrón, 1.0% de CTE, 2.0% de CTE y 3.0% de CTE), donde se realizó 12 probetas, 03 por cada diseño de mezcla asfáltica. Donde se aplicó en sentido normal al eje una carga constante sobre una probeta para determinar si la adición de la ceniza del tronco de eucalipto en la probeta favorece a las propiedades de la mezcla asfáltica respecto a la estabilidad. Cabe resaltar que la estabilidad analiza la resistencia mecánica evaluada en el punto de falla.

### Evidencia fotográfica



**Figura 32:** Briqueta con % de CTE  
Fuente: Elaboración propia

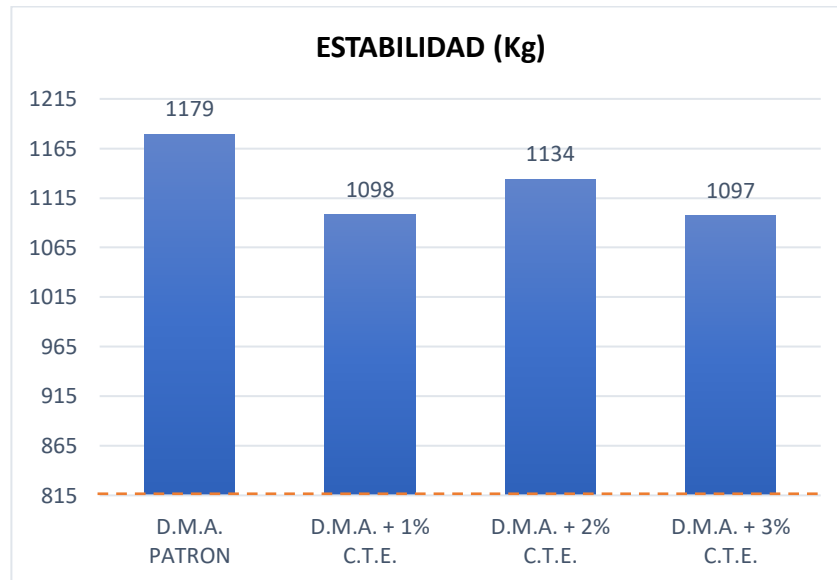


**Figura 33:** Rotura de briquetas con CTE  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43:** Resultados de estabilidad

D. M. A.	ESTABILIDAD (Kg)
Patrón	1179
1% C.T.E.	1098
2% C.T.E.	1134
3% C.T.E.	1097

Fuente: Elaboración propia



**Figura 34:** Gráfico de estabilidad con ceniza del tronco de eucalipto  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: ya realizado el ensayo de Marshall para determinar la influencia en la estabilidad de acuerdo a la norma ASTM D-1559, adicionando la ceniza del tronco de eucalipto inducido en 1.0%, 2.0% y 3.0%; en nuestro DMA patrón se obtuvo 1179 kg mientras que al incorporar en 1.0% CTE a nuestro DMA patrón respecto al filler se obtuvo 1098 kg, con adición de 2.0% CTE a nuestro DMA patrón respecto al filler se obtuvo 1134 kg y finalmente con adición de 3.0% CTE a nuestro DMA patrón respecto al filler resulto con 1097kg, siendo inferior al valor del DMA patrón, pero cumpliendo con los parámetros mínimos según EG-2013 que especifica que el valor mínimo para la estabilidad es de 815 kg.

**Tabla 44:** Comparación de DMA vs DMA con CTE.

CARACTERISTICAS	D. M. A.				ESPECIFICACIONES
	PATRÓN	1% C.T.E.	2% C.T.E.	3% C.T.E.	
% Cemento Asfáltico.	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	
N° de golpes en cada lado	75	75	75	75	
Estabilidad (Kg)	1179	1098	1134	1097	Min - 815 kg.
Fluencia (mm)	3.880	3.783	3.937	4.040	2 - 4 mm
% de vacíos de aire	3.233	3.867	3.467	3.600	3 - 5%
% V.M.A.	15	15	15	15	Min. 15
Peso unitario	2.303	2.288	2.297	2.294	
% V. LL. C. A.	77.821	74.47	76.545	75.823	Min. 75%
Estabilidad Flujo kg/cm	3038.9	2910.2	2882.5	2715.8	1,700 a 4,000

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Objetivo específico 1: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

Antecedente: Moura, L (2017) en su investigación reemplazo la ceniza de mezquite o algarroba, utilizado como relleno alternativo en 3.5% 4.0 % y 4.5%, donde encontró el aumento de porcentajes de vacíos desde 3.17% (3.5%) hasta 4.70% (4.5%).

Resultados: El porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica realizada en laboratorio por medio de las briquetas para el DMA patrón tuvo un resultado de 3.233% con el reemplazo de CTE en 1.0% (3.867%), 2.0% (3.467%) y 3.0% (3.60%), se puede apreciar que hay un incremento con el 1%, pero a medida que aumenta en 2% la CTE disminuye el porcentaje de vacíos; para los 3 porcentajes reemplazados por la llenante mineral se encuentran dentro de las especificaciones del MTC, entre un rango de 3% a 5%.

Comparación: Según el antecedente, reemplazando ceniza de mezquite o algarroba se encuentran dentro de las especificaciones antes mencionadas, pero no redujo el porcentaje de vacíos, el efecto en la presente investigación con el reemplazo de CTE respecto al filler no redujo el porcentaje de vacíos, pero si lo mantuvo en valores similares.

Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% sobre la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

Antecedentes: Matos, L (2018) en su investigación incorporo porcentajes de ceniza orgánica como relleno mineral en 2.0%, 3.0% y 4.0% obteniendo el incremento de la fluencia al aumentar de 2.49mm a 2.89mm (2.0%).

Resultado: El flujo de la mezcla asfáltica medida en milímetros por medio del aparato Marshall para el DMA patrón tuvo un resultado de 3.880mm con la adición de CTE desde 1.0% (3.783mm), 2.0% (3.937mm) y 3.0% (4.040mm), para los porcentajes primeros (1.0% y 2.0%) se encuentran dentro de las especificaciones del MTC, nos da un rango de 3 a 4mm. La fluencia está vinculada con la

estabilidad puesto que si su valor de la MAC el flujo es bajo y su valor de estabilidad es alto entonces es considerado una mezcla rígida; pero si una mezcla su flujo es alto y su estabilidad es bajo entonces es una MAC flexible (plasticidad) esto tiende a deformarse bajo efecto de cargas en el pavimento.

Comparación: Según el antecedente, incorporando las cenizas orgánicas se encuentran dentro de las especificaciones antes mencionadas obteniendo resultados deseados, el efecto en la presente investigación con el reemplazo de CTE respecto al filler aumenta la fluencia y también cumple con la normativa vigente, adicionalmente podemos decir que incorporando el 2.0% de CTE es la mejor opción para esta propiedad.

Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto adicionando 1.0%, 2.0% y 3.0% sobre la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.

Antecedente: Aduato, R (2019) en su investigación añadió ceniza de caña de maíz en porcentajes de 0.2%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0%, con un C.A. de 6.0%. obteniendo como resultado una pérdida de estabilidad en la MAC patrón de 1444kg a 1294kg (0.2%), conservándose dentro de los parámetros según EG-2013 hasta el 2.0%; El 3.0% y 4.0% está por debajo de 815kg.

Resultados: La estabilidad en la mezcla asfáltica medida kilogramos mediante el aparato Marshall para el DMA patrón, tuvo un resultado de 1179kg, con la adición de CTE desde 1.0% (1098kg), 2.0% (1134kg) y 3.0% (1097kg), estos valores se encuentran dentro de los parámetros según la norma del MTC (EG-2013) que indica la estabilidad mínima es  $> 815\text{kg}$ , se puede deducir que cuanto más se incremente la CTE tendrá una pérdida de estabilidad, se puede resaltar que las probetas con el 2.0% de CTE presentaron una mayor estabilidad con respecto a las demás probetas con CTE.

Comparación: Según el antecedente usando ceniza de caña de maíz decreció los valores de la estabilidad, pero favorables según norma hasta en un 2%, el efecto en la presente investigación no se alcanzó afirmar la hipótesis, puesto que los valores decrecieron, pero no en mayor escala, puesto que los resultados se encuentran dentro de los parámetros exigidos.

## **VI. CONCLUSIONES**

Como conclusión general, de acuerdo a los ensayos realizados y analizados el reemplazo de la ceniza del tronco de eucalipto en la mezcla asfáltica, es técnicamente eficiente en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente realizado en laboratorio mediante el ensayo Marshall para la ciudad de Puno, sin pérdida de rendimiento de su funcionalidad, para la aplicación de una carpeta asfáltica utilizado como relleno mineral o filler al mantener el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica, aumentar la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica, mantener la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica.

Objetivo específico 1. Para el ensayo Marshall, el reemplazo de la llenante mineral reemplazado con la CTE, no influyo en una posible reducción de los porcentajes de vacíos, pero se mantuvo en valores similar, aumentando ligeramente en 0.23% al reemplazar un 2.0%; el cual está dentro de los requisitos de la EG-2013 que especifica los valores entre 3 y 5%, para nuestro clima de la zona se requiere un porcentaje de vacíos de 3.5% lo cual estaría favoreciendo a sus propiedades de la mezcla, lo que estaría contribuyendo en la compacidad del sistema; entonces el reemplazo de CTE óptimo para este indicador es el de 2.0%.

Objetivo específico 2. Para el ensayo Marshall, el reemplazo de la llenante mineral o filler con la ceniza del tronco de eucalipto, influyo positivamente aumentando la fluencia de 3.88mm del diseño patrón a 3.783mm con reemplazo de 2.0% de CTE, entonces esto mejora la elasticidad y flexibilidad ante los cambios de temperatura que se produce en nuestra zona con una altitud superior a los 3,820 msnm. Un valor por encima de los 4mm de fluencia podría causar ahuellamientos en la carpeta asfáltica.

Objetivo específico 3. El reemplazo de la llenante mineral reemplazado con la CTE reemplazadas en 1%, 2% y 3%, no influyo en un posible aumento a la estabilidad, disminuyendo ligeramente en 45kg con respecto al diseño patrón, pero por encima de los 815kg de acuerdo a los parámetros establecidos satisface las especificaciones estándar de la EG-2013, de esta manera se mantienen valores conservadores, concluyendo que la CTE tiene propiedades puzolánicas y se puede adicionar hasta en un 2%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda usar el reemplazo de la llenante mineral o filler hasta en un 2.0% por obtenerse valores similares a los de la mezcla patrón, en el comportamiento de las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, para nuestra zona de investigación.

Objetivo específico 1. En el presente proyecto de investigación al reemplazar porcentajes de ceniza del tronco de eucalipto en 1.0% y 3.0% aumentaron el contenido de aire, pero para 2% aumento ligeramente, conservándose de forma similar con el valor patrón; para continuar la investigación se recomienda realizar los ensayos con variaciones mínimas de adición de CTE y mayor número de briquetas o por encima de los mínimos permitidos, para así tener un valor más óptimo de compacidad en la mezcla compactada.

Objetivo específico 2. En el presente proyecto de investigación de acuerdo a los valores obtenidos al parámetro de fluencia, siendo favorables hasta en un 2.0%, se recomienda usar este material en tramos de prueba para analizar la magnitud de su desempeño en la ejecución de proyectos viales y realizar estudios acerca de su composición química para demostrar con exactitud el porcentaje de componente puzolánico que contiene.

Objetivo específico 3. En el presente proyecto de investigación de acuerdo a los valores obtenidos al parámetro de estabilidad, se recomienda realizar el diseño mediante el método Superpave, tecnologías WMA y realizar el estudio de otros tipos de cenizas que se generan en la región para que mediante una metodología pueda ser aplicada y comparada y de esta manera promover materiales alternativos pero que cumplan con la norma vigente.

## REFERENCIAS

1. LIZCANO, O y RAMOS, D. Estudio del comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas modificadas con llenante mineral de ceniza de la cascarilla resultante de la molienda del arroz. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2020. [Consultado 5 de enero 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/24575>
2. AYALA, K Y HEREDIA, J. Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13840>
3. SURIANO, I. Mezclas asfálticas en caliente por método Marshall, adicionando cenizas volantes. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 2018. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/8598>
4. ADAUTO, R. Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, 2019. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2505>
5. MATOS, L. Influencia de la adición de ceniza orgánica como filler en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente–Huancayo, Perú, Universidad Continental, 2018. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10092>
6. MATTA, J; PEREZ, J. Propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente al adicionarle cenizas de algas marinas, Chimbote-Ancash-2019. Universidad Cesar Vallejo, 2019. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/38752>
7. MOURA, L. Incorporação de cinzas de algaroba geradas no APL de confecções do agreste pernambucano em concreto betuminoso usinado a quente–CBUQ. Tesis de Maestría. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, Brazil, 2017. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/24925>



8. POLCARO, D. estudios de asfaltos modificados por polímeros do tipo RET para aplicacoes em pavimentos. Sao Paulo, Brasil: Universidade de Sao Paulo, 2006. [Consultado 5 enero 2022] Disponible en: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-09032007-170249/publico/TeseDouglasPolcaroNegrao.pdf>
9. BITTENCOURT, K. Estudo da viabilidade da incorporação de fibra de coco em misturas asfálticas convencionais. Universidad Regional del Noroeste del Estado de Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2019. [Consultado 5 enero 2022] Disponible en: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6817>
10. JATTAK, Z Ali, et al. LABORATORY INVESTIGATION OF COAL BOTTOM ASH MODIFIED WARM MIX ASPHALT. Jurnal Teknologi, 2021, vol. 83, no 4, p. 63-74. Malaysia [Consultado 5 enero 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v83.16432>
11. MIRKOVIĆ, K; TOŠIĆ, N; MLADENOVIĆ, G. Effect of different types of fly ash on properties of asphalt mixtures. Advances in civil engineering, 2019, vol. 2019. Article ID 8107264, 11 pages, 2019 Serbia [Consultado 5 enero 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/8107264>
12. FAYISSA, B; GUDINA, O; YIGEZU, B. Application of Sawdust Ash as Filler Material in Asphaltic Concrete Production. Civil and Environmental Engineering, 2020, vol. 16, no 2, p. 351-359. Ethiopia. [Consultado 5 enero 2022] Disponible en: DOI: 10.2478/cee-2020-0035
13. CARRIZALES, J. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. Pag 30. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1888>
14. XIAO, Y. Evaluation of Engineering Properties of Hot Mix Asphalt Concrete for the Mechanistic Empirical Pavement Design Florida, 2009: Florida State University, 2009. Pag 53. [Consultado 5 enero 2022]. Disponible en: <https://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu:168556/datastream/PDF/view>
15. BROWN, E. R., Kandhal, P. S., y Zhang, J. Performance testing for hot mix asphalt. NCAT report, 1(05). (2001). Pag 4. [Consultado 5 enero 2022].

- Disponible en: <https://www.management-courses.bece.auburn.edu/research/centers/ncat/files/reports/2001/rep01-05.pdf>
16. KOK, B; KULOGLU, N. The effects of different binders on mechanical properties of hot mix asphalt. *International Journal of Science & Technology*, 2007, vol. 2, no 1, Pag 43. [Consultado 6 enero 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/download/49292634/6\\_\\_kok.pdf](https://www.academia.edu/download/49292634/6__kok.pdf)
  17. SALVATIERRA, J. Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta- Ayacucho. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 2014. Pag 66 [Consultado 28 noviembre 2021]. Disponible en: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1042/Tesis%20Q482\\_Sal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1042/Tesis%20Q482_Sal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  18. ROMÁN, C; VALENZUELA, N. Análisis comparativo de la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica en caliente, respecto a una mezcla asfáltica en caliente modificada con vidrio reciclado Cusco 2018. 2019. Pag 30 [Consultado 6 enero 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3997>
  19. GARNICA, P. DELGADO, H. GOMEZ, J. y OTROS. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Sanfandila, Qro: Secretaría de Comunicaciones Y Transportes Instituto Mexicano del Transporte, 2004. Pag 23 [Consultado 12 enero 2022]. ISSN 0188-7297. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt246.pdf>
  20. CHENG, D., et al. Use of surface free energy properties of the asphalt-aggregate system to predict moisture damage potential (with discussion). *Journal of the association of asphalt paving technologists*, 2002, vol. 71. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/698738>
  21. ROLANDO, F. Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido rc-250 y emulsión. Piura, Perú: Universidad de Piura, 2002. Pag 41. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/1334>

22. BERNUCCI et al, L. (2010). Pavimentos asfálticos, formación básica para ingenieros. Conferencia llevada a cabo en Petrobras y Abeda, 3er ed. Rio de Janeiro, Brasil
23. ARIAGA, J. apuntes de pavimentos y terracerías. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
24. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standards compilations. USA. 2005.
25. SANDOVAL, I.; ALVAREZ, F.; ALARCON, I. Estudio del efecto del tipo de filler en las propiedades reológicas del "Mastico". En VII séptimo Congreso Mexicano del asfalto. 2011.
26. PÉREZ, M; BLAS, L. Propagación asexual del eucalipto (*Eucalyptus viminalis*) con enraizador natural (Agua de coco) en la cámara de sub-irrigación en el Centro Experimental de Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia). Facultad de Agronomía., 2016.
27. PEREZ, Y. Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*). 2018. Pag 15 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7975>
28. CALLEJA, J. (1968). Las Puzolanas. Separata de la Revista ION Vols. XXIX y XXX, Madrid.
29. PAVEI E. y VILLENA, J. (2015). Resistencia a la tracción de mezclas asfálticas con adición de ceniza pesada. Conferencia llevada a cabo en el 44° RAPv, reunión anual de pavimentación y 4° Expo pavimentación. Iguazú, Brasil.
30. MORALES ZULUAGA, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. 2015. Tesis de Licenciatura. Universidad de Medellín. Pag 12 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11407/1236>
31. MARTINES, A. Diseño de investigación. principios teórico-metodológicos y prácticos para su concreción. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2013. ISSN 1852 – 6446. Pag 37. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/anuario/article/view/12664>

32. MARTINES, A. Diseño de investigación. principios teórico-metodológicos y prácticos para su concreción. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2013. ISSN 1852 – 6446. Pag 45. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/anuario/article/view/12664>
33. PEREZ, Y. Resistencia del concreto  $f' c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (*Eucaliptus Globulus*). 2018. Pag 37 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7975>
34. NEWCOMB, D., ARAMBULA, E., YIN, F., ZHANG, J., BHASIN, A., Li, W., & Arega, Z. Properties of foamed asphalt for warm mix asphalt applications. 2015. Pag 3 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/22145>
35. ADEKEYE, J y APEH, P. Applicability of sampling techniques in social sciences. Net Journal of Social Sciences. 2019, vol. 7, pp.103. [consultado el 12 enero de 2022]. Disponible en: doi:10.30918/NJSS.74.19.028
36. GLASOW, P. A. Fundamentals of survey research methodology. Retrieved January, 18, 2005. Pag 2-1 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <http://www.uky.edu/~kdbrad2/EPE619/Handouts/SurveyResearchReading.pdf>
37. QUESTION PRO. Muestreo no probabilístico. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/>
38. PEÑA, M. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, 2017. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/30483007-Metodos-tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos.html>
39. RUBIO, S. MARTÍN, S. Aspectos metodológicos de la instrumentalización de la recogida de datos primarios y sus consideraciones éticas en la investigación. 2019, Pag 22. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7103590.pdf>
40. MARTÍNEZ, M; MARCH, T. Caracterización de la validez y confiabilidad en el constructo metodológico de la investigación social. REDHECS, 2015, vol. 20, no 10, p. 116. [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <http://ojs.urbe.edu/index.php/redhecs/article/view/2512/2319>

41. CONTRERAS, M. Validez de los instrumentos. 2015 [Consultado 12 enero 2022]. Disponible en: <https://educapuntos.blogspot.com/2015/03/validez-y-confiabilidad-ejemplos.html>
42. GOOGLE SITES. Técnicas de investigación educativa – métodos estadísticos. [Consultado 13 enero 2022]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/metodos-estadisticos/1-1-analisis-de-datos>
43. RADEVIĆ, A.; ISAILOVIĆ, I.; WISTUBA, M.; ZAKIĆ, D.; OREŠKOVIĆ, M.; MLADENOVIĆ, G. The Impact of Recycled Concrete Aggregate on the Stiffness, Fatigue, and Low-Temperature Performance of Asphalt Mixtures for Road Construction. *Sustainability* 2020, 12, 3949. <https://doi.org/10.3390/su12103949>
44. Polaczyk, P., Shu, X., Gong H. y Huang, B. (2019) Influence of aggregates angularity on the locking point of asphalt mixtures, *Road Materials and Pavement Design*, 20:sup1, S183-S195, DOI: 10.1080/14680629.2019.1588151

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
INDEPENDIENTE		Como ingresa				
CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO	Según Pérez (2018). La CTE consiste en la incineración del tronco del árbol eucalipto (natural), de materia orgánica, mediante calcinación a una temperatura promedio de 450°C por un tiempo de 2 a 2.5 horas, esta ceniza del tronco de eucalipto son desperdiciados de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y descuidando sus múltiples usos.	Las dosificaciones de ceniza del tronco de eucalipto (CTE) en 1.0%, 2.0% y 3.0% respecto al relleno mineral o filler, Estos serán cuantificados en los próximos tres diseños asfálticos, con el fin de aumentar la estabilidad, fluidez y disminuir la relación de poros en la mezcla asfáltica, y así determinar la mejora de las propiedades físicas y mecánicas.	DOSIFICACIÓN Por proporción  en peso	1.0%	RAZON	
				2.0%		
				3.0%		
DEPENDIENTE		Que efecto				
PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	Según Newcomb (2015). Cada mezcla de asfalto es el resultado de combinar y distribuir un material asfáltico con otros materiales pétreos. Por tanto, la elección y la buena calidad de los áridos es otro aspecto importante de las mezclas asfálticas y altas temperaturas son necesarias para asegurar el secado completo del agregado y la unión posterior con el aglutinante para una adecuada manipulación y compactación. Las cuales contribuyen a un óptimo desempeño en términos de durabilidad y resistencia a la deformación permanente y al agrietamiento.	La mezcla asfáltica en estado endurecido tiene propiedades que resaltan su calidad. Para corroborar nuestra hipótesis se deberá realizar un óptimo diseño de mezclas asfálticas y realizar todos los ensayos previos de granulometría y ensayos de calidad de agregados, el primero es el ensayo a la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos mediante el método de diseño Marshall para el conjunto de diseños pre establecidos (N, 1.0%, 2.0% y 3.0%) y definir las variaciones mecánicas por medio de gráficos que se obtendrán de los resultados del ensayo.	PROPIEDADES FÍSICAS	Porcentaje de vacíos (%)	RAZON	<b>Método:</b> Científico <b>Tipo de Investigación:</b> Tipo Aplicada <b>Nivel de Investigación:</b> Explicativa (Causa Efecto) <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental (Cuasi) <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Población:</b> Mezcla asfáltica patrón y mezcla asfáltica modificada <b>Muestra:</b> 15 muestras - MA Patrón 12 muestras - % de vacíos 12 muestras - Flujo 12 muestras - Estabilidad <b>Muestreo:</b> No Probabilístico <b>Técnica:</b> Observación Directa <b>Instrumentos de la investigación:</b> - Ficha Recolección de Datos - Ficha Resultados de Laboratorio Según NTP - ASTM
			PROPIEDADES MECÁNICAS	Flujo (mm)	RAZON	
				Estabilidad (Kg)	RAZON	

## Anexo 2: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>P. General</b>	<b>O. General</b>	<b>H. General</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>			
¿De qué manera influye la ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?	Analizar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022.	La incorporación de ceniza del tronco de eucalipto en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% mejora el comportamiento de propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022	<b>CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO</b>	DOSIFICACIÓN Por proporción en peso	1.0%	<b>Ficha Recolección de Datos Anexo 3</b>
					2.0%	<b>Ficha Recolección de Datos Anexo 3</b>
					3.0%	<b>Ficha Recolección de Datos Anexo 3</b>
<b>P. Especifico</b>	<b>O. Especifico</b>	<b>H. Especifico</b>	<b>DEPENDIENTE</b>			
¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?	Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022	La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto reduce el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022	<b>PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE</b>	PROPIEDADES FÍSICAS	Porcentaje de vacíos (%)	<b>Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D1559 Anexo 4</b>
					Flujo (mm)	<b>Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D1559 Anexo 4</b>
					Estabilidad (kg)	<b>Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D1559 Anexo 4</b>
¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?	Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto sobre la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022	La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto aumenta el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022				
¿Cuánto influye la ceniza del tronco de eucalipto en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022?	Determinar la influencia de la ceniza del tronco de eucalipto sobre la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022	La incorporación de la ceniza del tronco de eucalipto aumenta la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022		PROPIEDADES MECÁNICAS	Estabilidad (kg)	<b>Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D1559 Anexo 4</b>

## Anexo 3: Instrumento de Recolección de Datos



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### Ficha de Recolección de datos: Ceniza del tronco de eucalipto

"Influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022"

#### Parte A: Datos generales

Tesista 01: Pomari Chura Cristian  
Fecha: Lima, 5 enero 2022

#### Parte B: incorporación de ceniza del tronco de eucalipto (CTE)

1.0%	Ok
2.0%	Ok
3.0%	Ok

Tesis: Aduato, R (2019) Dosificación ceniza de caña de maíz: 0.5%, 1.0%, 2.0%

Tesis: Matos, L (2018) Dosificación ceniza orgánica: 2%, 3%, 4%

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: **Lazarinos Apaza**  
Nombres: **Silvio**  
Título: **INGENIERO CIVIL**  
Grado: **Bachiller**  
N° Reg. CIP: **50617**  
Firma:

Apellidos: **Ramos Aliaga**  
Nombres: **Wilber Jesús**  
Título: **INGENIERO CIVIL**  
Grado: **Bachiller**  
N° Reg. CIP: **162742**  
Firma:

Apellidos: **Agramonte**  
Choquehuayta  
Nombres: **Robert Benito**  
Título: **INGENIERO CIVIL**  
Grado: **Bachiller**  
N° Reg. CIP: **128937**  
Firma:



## Anexo 4: Fichas de Resultado de Laboratorio

<b>GEOTECNIA PUNO EIRL &amp; INGENIEROS CONSULTORES</b>	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
<b>PROYECTO :</b> INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.	
<b>CANTERA :</b> CABANILLAS	<b>TESISTA :</b> CRISTIAN POMARI CHURA
<b>MUESTRA :</b> PIEDRA CHANCADA 1/2"	<b>ING. RESPONS. :</b> ALFREDO ALARCON A.
<b>UBICACIÓN :</b> PLANTA DE ASFALTO DE LA OBRA	<b>FECHA :</b> 28/01/2022

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 3710 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	1,467.00	39.50	39.50	60.50		Grava : 97.10 %
3/8"	9.500	1,316.00	35.50	75.00	25.00		Arena : 2.90 %
No.04	4.750	819.00	22.10	97.10	2.90		Fino : 0.00 %
No.10	2.000	11.00	0.30	97.40	2.60		W natural : 0.42 %
No.20	0.840	4.00	0.10	97.50	2.50		
No.40	0.425	3.00	0.10	97.60	2.40		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	6.00	0.20	97.80	2.20		
No.100	0.150	1.00	0.00	97.80	2.20		
No.200	0.075	5.00	0.10	97.90	2.10		
<No.200		78.00	2.10	100.00			

#### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD

Tamaño de Malla U.S. Standard	Tamaño del Grano (mm)	% que Pasa en Peso
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	100.00
1/2"	12.500	60.50
3/8"	9.500	25.00
No.04	4.750	2.90
No.10	2.000	2.60
No.20	0.840	2.50
No.40	0.425	2.40
No.80	0.180	2.20
No.100	0.150	2.20
No.200	0.075	2.10
<No.200		2.10

GEOTECNIA PUNO EIRL.

Ingeniería de Pavimentos, Mecánica Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI

INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 8 732

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** CABANILLAS  
**MUESTRA :** ARENA CHANCADA  
**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO

**TESISTA :** CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESPONS. :** ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA :** 28/01/2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						<b>DATOS DE LA MUESTRA:</b>
2"	50.000						Peso inicial : 2576 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		<b>PROPORCION DE AGREGADOS:</b>
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 6.00 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 94.00 %
No.04	4.750	155.00	6.00	6.00	94.00		Fino : 0.00 %
No.10	2.000	445.00	17.30	23.30	76.70		W natural : 1.26 %
No.20	0.840	566.00	22.00	45.30	54.70		
No.40	0.425	512.00	19.90	65.20	34.80		<b>OBSERVACIONES:</b>
No.80	0.180	756.00	29.30	94.50	5.50		
No.100	0.150	46.00	1.80	96.30	3.70		
No.200	0.075	63.00	2.40	98.70	1.30		
<No.200		33.00	1.30	100.00	-		

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Mecánica de Suelos y Geotécnica

**ALFREDO ALARCON ATAHUALCA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.O.P. N° 732

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

CANTERA : CABANILLAS

TESISTA : CRISTIAN POMARI CHURA

MUESTRA : ARENA ZARANDEADA NATURAL

ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.

UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO

FECHA : 28/01/2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 2519 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 35.00 %
3/8"	9.500	2.00	0.10	0.10	99.90		Arena : 65.00 %
No.04	4.750	878.00	34.90	35.00	65.00		Fino : 0.00 %
No.10	2.000	768.00	30.50	65.50	34.50		W natural : 5.11 %
No.20	0.840	315.00	12.50	78.00	22.00		
No.40	0.425	159.00	6.30	84.30	15.70		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	142.00	5.60	89.90	10.10		
No.100	0.150	25.00	1.00	90.90	9.10		
No.200	0.075	64.00	2.50	93.40	6.60		
<No.200		166.00	6.60	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Bases y Reconstrucción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** FILLER

**TESISTA :** CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA :** AGREGADO FINO

**ING. RESPONS. :** ALFREDO ALARCON A.

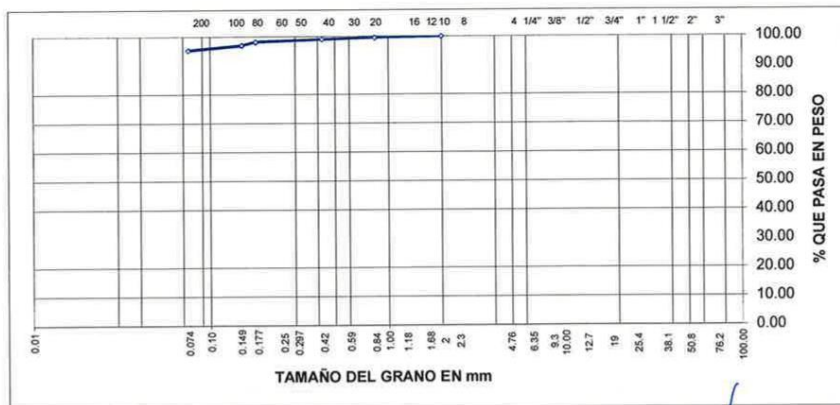
**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO

**FECHA :** 28/01/2022

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 520 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500				100.00		Grava : 0.00 %
3/8"	9.500				100.00		Arena : 100.00 %
No.04	4.750				100.00		Fino : 0.00 %
No.10	2.000				100.00		W natural : %
No.20	0.840	2.00	0.40	0.40	99.60		
No.40	0.425	3.00	0.60	1.00	99.00		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	4.00	0.80	1.80	98.20		
No.100	0.150	6.00	1.20	3.00	97.00		
No.200	0.075	9.00	1.70	4.70	95.30		
<No.200		496.00	95.30	100.00			

#### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

**ALFREDO ALARCON A.**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732





# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022  
TESISTA: CRISTIAN POMARI CHURA

CALICATA : CENIZA DE EUCALIPTO

MUESTRA : AGREGADO FINO

PROFUNDIDAD : VARIABLE

TECN. RESPONS. : PERSONAL LABORATORIO

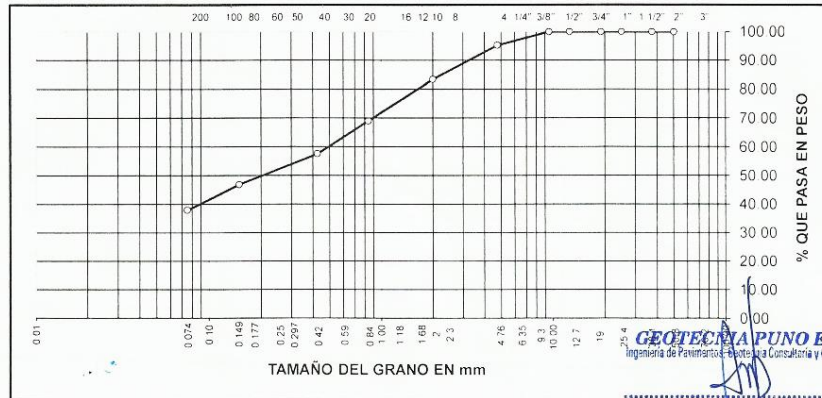
ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A

FECHA : 25/01/2022

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial 1421 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción 0 Grs
2"	50.000				100.00		Grava 4.71 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena 57.36 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino 37.93 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		W natural 2.30 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	67.00	4.71	4.71	95.29		L L 30.16 %
No 10	2.000	169.00	11.89	16.60	83.40		L P 23.41 %
No 20	0.840	204.00	14.36	30.96	69.04		I P 6.75 %
No 40	0.425	163.00	11.47	42.43	57.57		
No 100	0.150	151.00	10.63	53.06	46.94		CLASIFICACION
No 200	0.075	128.00	9.01	62.07	37.93		SUCS SC SM
<No 200		539.00	37.93	100.0			AASHTO A-4(1)

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos - Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS

**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA DE AGREGADOS

**ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓ** : PLANTA DE ASFALTO

**FECHA** : 28/01/2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(TEORICA)**

Tamices ASTM	Abertura mm	% Que Pasa		% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	PIEDRA	ARENA	ARENA		MEZCLA		Peso inicial : 5251 Grs
2 1/2"	63.000	CHANC.	CHANC.	NATURAL	FILLER	TOTAL		Peso fracción : 500 Grs
2"	50.000							Grava : 40.90 %
1 1/2"	37.500	28%	36.0%	33.0%	3.0%	100%		Arena : 53.01 %
1"	25.000							Fino : 6.09 %
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	W natural : %
1/2"	12.500	60.50	100.00	100.00	100.00	88.94	80 - 100	
3/8"	9.500	25.00	100.00	99.90	100.00	81.97	70 - 88	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	2.90	94.00	65.00	100.00	59.10	51 - 68	L.L. : %
No.10	2.000	2.60	76.70	34.50	100.00	48.73	38 - 52	L.P. : %
No.20	0.840	2.50	54.70	22.00	99.60	35.64		I.P. : %
No.40	0.425	2.40	34.80	15.70	99.00	26.35	17 - 28	
No.80	0.180	2.20	5.50	10.10	98.20	10.88	8 - 17	
No.100	0.150	2.20	3.70	9.10	97.00	7.86		CLASIFICACION
No.200	0.075	2.10	1.30	6.60	95.30	6.09	4 - 8	SUCS : %
<No.200								AASHTO : %

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Estructuras Civiles y Construcción

**ALFREDO ALARCON ALARCON**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA:** CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA** : PIEDRA CHANCADA 1/2" **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

**DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS  
(MTC E 221, ASTM D 4791)**

PESO TOTAL DE LA MUESTRA 1,400.0 GRAMOS

TAMAÑO DE MALLAS		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PESO PARA ENSAYO	PESO PART. CHAT. Y ALARG.	% DE PART. CHAT. Y ALARG.	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(1 1/2")						
37,50mm(1 1/2")	25mm( 1")						
25mm(1")	19.0mm(3/4")						
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	707.00	50.50	707.00	62	8.77	443
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	693.00	49.50	693.00	56	8.08	400
TOTAL		1,400.0	100.00				843

% DE PARTICULAS CHATAS Y :	Sumatoria (Li x Ri)
ALARGADAS PROMEDIO	Sumatoria Ri

Reemplazando en la formula :  $\frac{842.86}{100.00}$

% de particulas chatas y alargadas promedio : **8.43 %**

  
**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Asfalto, Asbestosita y Construcción  
**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP. 81732**

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
 CANTERA : CABANILLAS TESISTA : CRISTIAN POMARI CHURA  
 MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 1/2" ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.  
 UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO FECHA : 28/01/2022

**DETERMINACION DE PARTICULAS DE 01 CARA FRACTURADA**

PESO TOTAL DE LA MUESTRA 1,400.0 GRAMOS

TAMAÑO DE MALLAS		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PESO PARA ENSAYO	PESO PART. 1 CARA FRAC	% DE PART. 1 CARA FRAC.	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(1 1/2")						
37,50mm(1 1/2")	25mm( 1")						
25mm(1")	19,0mm(3/4")						
19,0mm(3/4")	12,7mm(1/2")	707.00	50.50	707.00	624.00	88.26	4,457
12,7mm(1/2")	9,5mm(3/8")	693.00	49.50	693.00	610.00	88.02	4,357
TOTAL		1,400.0	100.00				8,814

% DE PARTICULAS 01 CARA :	$\frac{\text{Sumatoria (Li x Ri)}}{\text{Sumatoria Ri}}$
FRACTURADA PROMEDIO	

Reemplazando en la formula :  $\frac{8,814.29}{100.00}$

% de particulas de cara  
fracturada promedio : **88.14 %**



PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
 CANTERA : CABANILLAS TESISTA : CRISTIAN POMARI CHURA  
 MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 1/2" ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.  
 UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO FECHA : 28/01/2022

**DETERMINACION DE PARTICULAS DE MAS DE 02 CARAS FRACTURADAS**

PESO TOTAL DE LA MUESTRA 1,400.0 GRAMOS

TAMAÑO DE MALLAS		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PESO PARA ENSAYO	PESO PART. MAS 02 CARAS	% DE PART. MAS 02 CARAS	
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(%)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	(GRAMOS)	
		Pr	Ri	Pi	Pa	Li	Li X Ri
50mm(2")	37,50mm(1 1/2")						
37,50mm(1 1/2")	25mm( 1")						
25mm(1")	19.0mm(3/4")						
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	707.00	50.50	707.00	561.00	79.35	4.007
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	693.00	49.50	693.00	547.00	78.93	3.907
TOTAL		1,400.0	100.00				7,914

% DE PARTICULAS MAS 02 CARAS :  $\frac{\text{Sumatoria (Li x Ri)}}{\text{Sumatoria Ri}}$

Reemplazando en la formula :  $\frac{7,914.29}{100.00}$

% de particulas de mas de 02  
caras fracturadas promedio : **79.14 %**

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería de Planificación, Investigación y Construcción  
 ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. III: 81732

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : AGREGADO GRUESO Y FINO  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO

**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHUF  
**ING. RESPN.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/2022

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION  
(ASTM C-128)**

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	912.0	936.0	818.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	561.0	576	503
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm3	351.0	360.0	315.0
D. Peso material seco	g	893.0	917.0	802.0
E. Volúmen de masa	cm3	332.0	341.0	299.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm3	2.544	2.547	2.546
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm3	2.598	2.6	2.597
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm3	2.69	2.689	2.682
I. Absorción	%	2.13	2.07	2.00

AGREGADO FINO CHANCADA				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	499.0	445.5	568.2
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	303.2	269.2	345.5
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm3	195.8	176.3	222.7
D. Peso material seco	g	487.0	435.5	555.2
E. Volúmen de masa	cm3	183.8	166.3	209.7
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm3	2.487	2.47	2.493
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm3	2.549	2.527	2.551
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm3	2.65	2.619	2.648
I. Absorción	%	2.46	2.30	2.34

Observación:

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Elección, Construcción y Conservación

**ALFREDO ALARCON KATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 81732

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO

**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHI  
**ING. RESPN.** : ALFREDO ALARCON A  
**FECHA** : 28/01/2022

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**  
(ASTM C-128)

AGREGADO FINO NATURAL				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	300.0	300.0	300.0
B. Peso frasco + H <sub>2</sub> O	g	673.0	676.0	674.0
C. Peso frasco + H <sub>2</sub> O + (A)	g	973.0	967.0	970.0
D. Peso material + H <sub>2</sub> O en el frasco	g	857	851	854
E. Volúmen de masa + volúmen de vacios	cm <sup>3</sup>	116.0	116.0	116.0
F. Peso material seco	g	294.0	293.4	293.6
G. Volúmen de masa	cm <sup>3</sup>	110.0	105.0	109.6
H. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.534	2.529	2.531
I. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.586	2.586	2.586
J. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.673	2.794	2.679
K. Absorción	%	2.04	2.25	2.18

Observación:

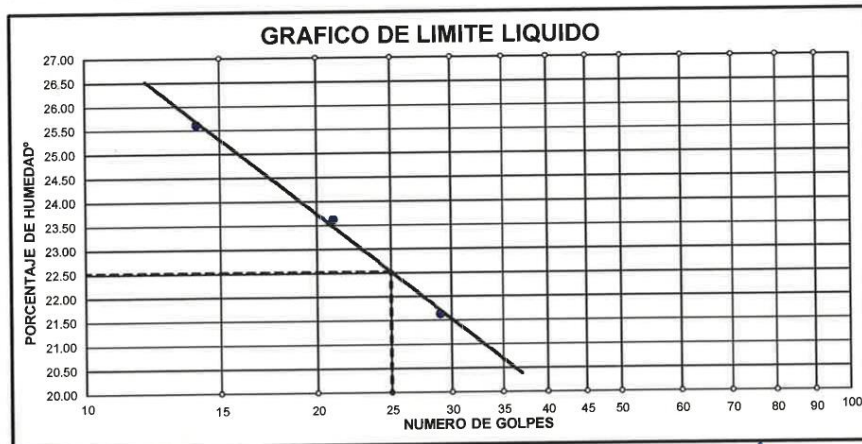
**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Edificación, Estructuras, Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATANUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 01732

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : ARENA CHANCADA  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO  
**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/22

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
Malla N° 40 (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. DE GOLPES	29	21	14		
01. No. DE GOLPES		29	21	14		
02. TARRO No.		32	33	35		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g		26.33	27.79	27.12		
04. SUELO SECO * TARRO g		23.65	24.63	23.88		
05. PESO DEL AGUA g		2.68	3.16	3.24		NP
06. PESO DEL TARRO g		11.26	11.25	11.23		
07. PESO DEL SUELO SECO g		12.39	13.38	12.65		
08. HUMEDAD %		21.63	23.62	25.61		
<p><b>L.L.= 22.52 %      L.P.= NP %      I.P.= NP %</b></p>						



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Bases, Consolidación y Laminación

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
R. O. C. N. 81732

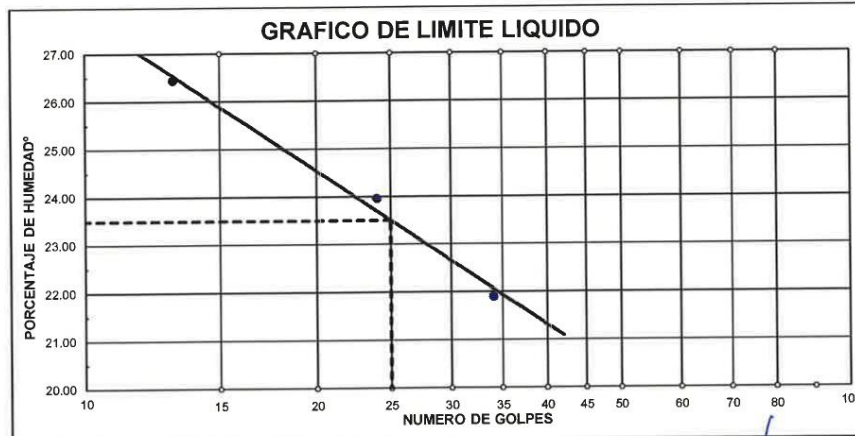
**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : ARENA ZARANDEADA NATURAL  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO  
**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/22

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

Malla N° 40 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. DE GOLFES	24	13			
01. No. DE GOLFES	34	24	13			
02. TARRO No.	8	9	10			
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	50.97	53.89	55.21			
04. SUELO SECO * TARRO g	47.20	48.99	50.12			
05. PESO DEL AGUA g	3.77	4.90	5.09			
06. PESO DEL TARRO g	29.98	28.54	30.87		NP	
07. PESO DEL SUELO SECO g	17.22	20.45	19.25			
08. HUMEDAD %	21.89	23.96	26.44			

<b>L.L.=</b>	<b>23.50 %</b>	<b>L.P.=</b>	<b>NP %</b>	<b>I.P.=</b>	<b>NP %</b>
--------------	----------------	--------------	-------------	--------------	-------------



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería en Pavimentos, Estructuras, Obras de Arte y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.P. 81732

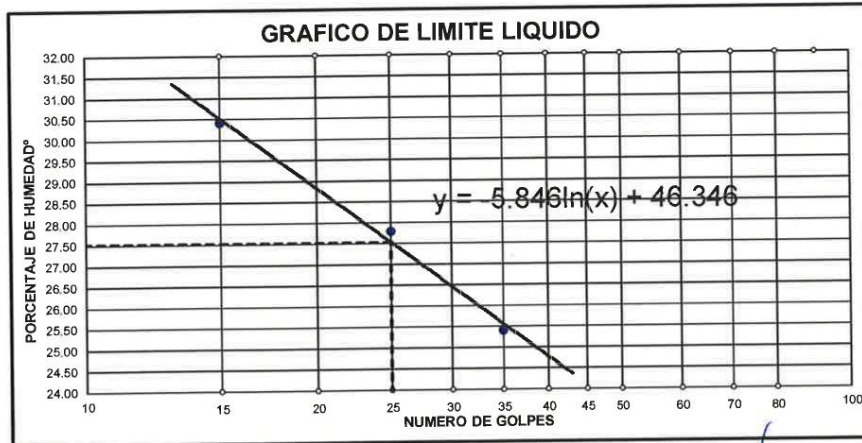


**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : ARENA CHANCADA 3/8"  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO  
**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/22

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

Malla N° 200 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	15	25	35	25T	28T
01. No.DE GOLPES	15	25	35		
02. TARRO No.	1	2	3		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	38.00	45.32	34.39	18.32	19.82
04. SUELO SECO * TARRO g	32.80	40.64	30.28	17.51	19.02
05. PESO DEL AGUA g	5.20	4.68	4.11	0.81	0.80
06. PESO DEL TARRO g	15.70	23.80	14.10	14.22	15.52
07. PESO DEL SUELO SECO g	17.10	16.84	16.18	3.29	3.50
08. HUMEDAD %	30.41	27.79	25.40	24.62	22.86
<p><b>L.L.= 27.53 %      L.P.= 23.74 %      I.P.= 3.79 %</b></p>					



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Bóvedas y Construcción  
**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

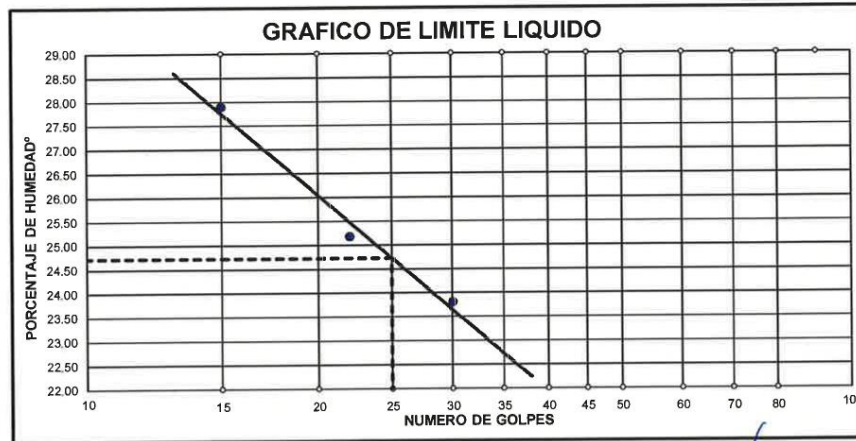
**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : ARENA ZARANDEADA  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO  
**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/22

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

Malla N° 200 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No.	g	%	No.	g	%
01. No.DE GOLPES	15	22	30			
02. TARRO No.	19	20	21			
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	36.81	32.82	33.01		
04. SUELO SECO * TARRO	g	32.22	29.32	29.72		
05. PESO DEL AGUA	g	4.59	3.50	3.29		
06. PESO DEL TARRO	g	15.76	15.42	15.90		
07. PESO DEL SUELO SECO	g	16.46	13.90	13.82		
08. HUMEDAD	%	27.89	25.18	23.81		

<b>L.L.=</b>	<b>24.72 %</b>	<b>L.P.=</b>	<b>NP</b>	<b>%</b>	<b>I.P.=</b>	<b>NP</b>	<b>%</b>
--------------	----------------	--------------	-----------	----------	--------------	-----------	----------



**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Edificación, Minería y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

**GEOTECNIA PUNO &  
INGENIEROS CONSULTORES**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**OBRA :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** CABANILLAS

**TESISTA :** CRISTIAN POMARI CH

**MUESTRA :** ARENA ZARANDEADA NATURAL

**ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A

**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO

**FECHA :** 28/01/2022

**EQUIVALENTE DE ARENA  
( ASTM D 2419)**

<b>Muestra</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>
Hora de entrada	14:10	14:12	14:14
Hora de salida	14:20	14:22	14:24
Hora de entrada	14:21	14:23	14:25
Hora de salida	14:41	14:43	14:45
Altura de nivel material fino	4.70	4.80	4.80
Altura de nivel arena	4.10	4.10	4.20
Equivalente de Arena	87.20	85.40	87.50

Equivalente de Arena Promedio:

**86.7 %**

OBSERVACION:

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Escoleta y Construcción

**ALFREDO ALARCON AFANUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Rep. CIP: 81732



**GEOTECNIA PUNO &  
INGENIEROS CONSULTORES**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**OBRA :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** CABANILLAS

**TESISTA :** CRISTIAN POMARI CH

**MUESTRA :** ARENA CHANCADA

**ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A

**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO

**FECHA :** 28/01/2022

**EQUIVALENTE DE ARENA  
( ASTM D 2419)**

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	11:50	11:52	11:54
Hora de salida	12:00	12:02	12:04
Hora de entrada	12:01	12:03	12:05
Hora de salida	12:21	12:23	12:25
Altura de nivel material fino	5.30	5.10	4.80
Altura de nivel arena	4.00	3.80	4.10
Equivalente de Arena	75.50	74.50	85.40

Equivalente de Arena Promedio:

**78.5 %**

OBSERVACION:

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Saneamiento Sanitario y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA :** CABANILLAS **TESISTA :** CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA :** PIEDRA CHANCADA 1/2" **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.  
**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO DE LA OBRA **FECHA :** 28/01/2022

**DESGASTE DE ABRASION**  
ASTM C131, MTC E 207 (Gradación "A")

TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL	MASA FINAL	MASA PERDIDA	% DE DESGASTE
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(GRAMOS)	DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	POR ABRASION
38.1mm(1 1/2")	25.4mm(1")		.....	.....	.....
25.4mm(1")	19.0mm(3/4")		.....	.....	.....
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	2,500.0	.....	.....	.....
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	2,500.0	.....	.....	.....
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		5,000.0	3,932.00	1,068.00	<b>21.36%</b>

OBSERVACIONES:

**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Espalado y Consultoría y Construcción  
**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** CABANILLAS **TESISTA :** CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA :** PIEDRA CHANCADA 1/2" **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO **FECHA :** 28/01/2022

**ENSAYO DE DURABILIDAD  
(ASTM C-88)**

N°	HORA INICIO	FECHA INICIO	FECHA FINAL	HORAS DE INMERSION	HORA ESCURRIDO	HORA SECADO	CICLOS	SOLUCIONES DE SULFATO DE MAGNESIO	
								DENSIDAD	TEMP. °C
1	3.00 pm	28/01/22	29/01/22	18	10.00 am	11.00 am	0	1.30	28
2	3.00 pm	29/01/22	30/01/22	18	10.00 am	11.00 am	1	1.30	28
3	3.00 pm	30/01/22	31/01/22	18	10.00 am	11.00 am	2	1.30	28
4	3.00 pm	31/01/22	01/02/22	18	10.00 am	11.00 am	3	1.29	29
5	3.00 pm	01/02/22	02/02/22	18	10.00 am	11.00 am	4	1.29	29
6	3.00 pm	02/02/22	03/02/22	18	10.00 am	11.00 am	5	1.29	28

**AGREGADO GRUESO**

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCIONES DE SO4. Mg (5 CICLOS)						
PASANTE DE MALLAS	RETENIDO EN MALLAS	ESCALONADO LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% DE PERD DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDAS CORREG.	
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	40.00	800.00	6.62	2.65	
1/2"	3/8"	38.00	750.00	8.63	3.28	
3/8"	N° 4	22.00	700.00	9.78	2.15	
TOTALES:		100.00				<b>8.08</b>

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Magisterio de Fomento, Biotecnología, Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUALPA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81722

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA :** CABANILLAS **TESISTA :** CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA :** ARENA CHANCADA 3/8" **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN :** PLANTA DE ASFALTO **FECHA :** 28/01/2022

**ENSAYO DE DURABILIDAD  
(ASTM C-88)**

N°	HORA INICIO	FECHA INICIO	FECHA FINAL	HORAS DE INMERSION	HORA ESCURRIDO	HORA SECADO	CICLOS	SOLUCIONES DE SULFATO DE MAGNESIO	
								DENSIDAD	TEMP. °C
1	2.30 pm	28/01/22	29/01/22	18	8.00 am	10.30 am	0	1.29	29
2	2.30 pm	29/01/22	30/01/22	18	8.00 am	10.30 am	1	1.30	28
3	2.30 pm	30/01/22	31/01/22	18	8.00 am	10.30 am	2	1.30	28
4	2.30 pm	31/01/22	01/02/22	18	8.00 am	10.30 am	3	1.29	29
5	2.30 pm	01/02/22	02/02/22	18	8.00 am	10.30 am	4	1.29	29
6	2.30 pm	02/02/22	03/02/22	18	8.00 am	10.30 am	5	1.29	28

**AGREGADO FINO**

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCIONES DE SO4. Mg (5 CICLOS)						
PASANTE DE MALLAS	RETENIDO EN MALLAS	ESCALONADO LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% DE PERD DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDAS CORREG.	
N° 04	N° 10	28.00	300.00	6.72	1.92	
N° 10	N° 20	32.00	300.00	8.21	2.68	
N° 20	N° 40	20.00	300.00	8.78	1.79	
N° 40	N° 80	10.00	300.00	9.45	0.96	
N° 80	N° 100	8.00	270.00	10.96	0.89	
TOTALES		98.00			<b>8.25</b>	

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Operativa y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81782





**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** CRISTIAN POMARI CHURRA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CA **ING. RESPONS.** ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** 28/01/2022

**PESO ESPECIFICO MAXIMO RICE  
(ASTM D2041)**

No DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
% CEMENTO ASFALTICO	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
A.- Peso de la muestra al aire (grs)	850.00	851.00	943.00	886.00	867.00
B.- Peso del frasco (grs)	2636.00	2636.00	2636.00	2636.00	2636.00
C.- Peso del frasco + muestra (A+B) (grs)	3486.00	3487.00	3579.00	3522.00	3503.00
D.- Peso del frasco + agua (calibrado) (gr)	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00	6765.00
E.- Peso del frasco + agua + muestra (al final del ensayo) (grs)	7260.00	7258.00	7311.00	7281.00	7273.00
F.- Peso muestra + frasco (A+D) (grs)	7615.00	7616.00	7708.00	7651.00	7632.00
G.- Volumen de la muestra (F-E) (grs)	355.00	358.00	397.00	370.00	359.00
H.- Densidad Máxima de la Mezcla (A/G)	2.394	2.377	2.375	2.395	2.415

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Edificación, Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559, MTC E 504)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPON.** : ALFREDO ALARCON A.  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		6.00			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.32			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.84			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		31.02			
5	% filler		2.82			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.80	6.70	6.80		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1193	1197	1198		
13	Peso de la Briqueta sumergido al Aire	1195	1200	1200		
14	Peso de la Briqueta al agua	665	665.3	671		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	528.00	531.70	527.00		
16	Peso Unitario	2.259	2.251	2.273	<b>2.261</b>	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.394	2.394	2.394		
18	% Vacios	5.60	6.00	5.10	<b>5.567</b>	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.98		<b>0.983</b>	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1055	1051	1121		
21	Factor de Estabilidad	0.93	0.93	0.93		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	981	977	1043	<b>1000</b>	Min. 815
23	Flujo (mm)	2.88	2.77	2.86	<b>2.837</b>	2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.620	2.620	2.620		
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	1.755	1.755	1.755		
27	Contenido Asfalto Efectivo	4.35	4.35	4.35		
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	15.281	15.589	14.765	<b>15.212</b>	Min. 14
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	63.353	61.511	65.459	<b>63.441</b>	Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	3407	3529	3645	<b>3526.9</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Mecánica de Suelos y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIB 81282

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		6.50			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.18			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.66			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.86			
5	% filler		2.81			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.72	6.74	6.70		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1182	1189	1192		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1184	1191	1194		
14	Peso de la Briqueta al agua	666	669	671		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	516.00	520.00	521.00		
16	Peso Unitario	2.291	2.287	2.288	<b>2.288</b>	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.377	2.377	2.377		
18	% Vacios	3.60	3.80	3.80	<b>3.733</b>	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.91		<b>0.908</b>	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1214	1263	1246		
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1214	1263	846	<b>1108</b>	Min. 815
23	Flujo (mm)	3.41	3.38	3.52	<b>3.437</b>	2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.619	2.619	2.619		
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	1.740	1.740	1.740		
27	Contenido Asfalto Efectivo	4.87	4.87	4.87		
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.567	14.722	14.671	<b>14.653</b>	Min. 14
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	75.287	74.188	74.099	<b>74.525</b>	Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	3560	3737	2403	<b>3233.4</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Suelos, Geotécnica y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732



**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

	NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		7.00			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.04			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.48			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.69			
5	% filler		2.79			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.70	6.70	6.70		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1171	1182	1185		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1173	1184	1187		
14	Peso de la Briqueta al agua	663	668	670		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	508.00	514.00	515.00		
16	Peso Unitario	2.305	2.300	2.301	<b>2.302</b>	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.375	2.375	2.375		
18	% Vacios	3.00	3.20	3.10	<b>3.100</b>	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.84		<b>0.843</b>	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1129	1152	1184		
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1129	1152	1184	<b>1155</b>	Min. 815
23	Flujo (mm)	3.84	3.85	3.88	<b>3.857</b>	2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.639	2.639	2.639		
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.035	2.035	2.035		
27	Contenido Asfalto Efectivo	5.11	5.11	5.11		
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.489	14.693	14.643	<b>14.608</b>	Min. 14
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	79.295	78.221	78.829	<b>78.782</b>	Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	2940	2992	3052	<b>2994.6</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Estudios de Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Rég. CIP: 81732

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		7.50			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		25.90			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.30			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.53			
5	% filler		2.78			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.70	6.60	6.70		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1179	1171	1175		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1182	1173	1177		
14	Peso de la Briqueta al agua	863	658	660		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	516.00	513.00	515.00		
16	Peso Unitario	2.285	2.283	2.282	<b>2.283</b>	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.395	2.395	2.395		
18	% Vacios	4.60	4.70	4.70	<b>4.667</b>	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.79		<b>0.787</b>	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1142	1094	1095		
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1142	1094	1095	<b>1110</b>	Min. 815
23	Flujo (mm)	4.02	4.16	4.15	<b>4.110</b>	2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.688	2.688	2.688		
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.740	2.740	2.740		
27	Contenido Asfalto Efectivo	4.97	4.97	4.97		
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	15.695	15.778	15.818	<b>15.764</b>	Min. 14
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	70.691	70.212	70.287	<b>70.397</b>	Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	2841	2630	2639	<b>2703.1</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 28/01/2022

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en peso de la Mezcla		8.00			
2 % Piedra chancada en peso de la Mezcla		25.76			
3 % Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.12			
4 % Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.36			
5 % filler		2.76			
6 Peso Especifico del C.A.		1.02			
7 Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8 Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9 Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10 Peso Especifico de filler		2.220			
11 Altura promedio de la Briqueta	6.50	6.60	6.70		
12 Peso de la Briqueta al Aire	1189	1187	1195		
13 Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1191	1189	1197		
14 Peso de la Briqueta al agua	665	662	667		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento	524.00	525.00	528.00		
16 Peso Unitario	2.269	2.261	2.263	<b>2.264</b>	
17 Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.415	2.415	2.415		
18 % Vacios	6.00	6.40	6.30	<b>6.233</b>	3.0 - 5.0
19 Relación Filler/Betún		0.74		<b>0.738</b>	0.60 - 1.30
20 Estabilidad sin corregir (Kg)	1024	1084	1089		
21 Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96		
22 Estabilidad Corregida (Kg)	983	1041	1045	<b>1023</b>	Min. 815
23 Flujo (mm)	4.35	4.42	4.46	<b>4.410</b>	2.0 - 4.0
24 Peso Efectivo de los agregados	2.741	2.741	2.741		
25 Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26 Porcentaje de Asfalto Absorbido	3.473	3.473	3.473		
27 Contenido Asfalto Efectivo	4.81	4.81	4.81		
28 Vacios de Agregado Mineral (VMA)	16.731	17.029	16.945	<b>16.902</b>	Min. 14
29 Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	64.138	62.417	62.821	<b>63.125</b>	Min. 75
30 Relación E / F (Kg/mm)	2260	2354	2344	<b>2319.4</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO ERL**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Construcción y Construcción  
  
**ALFREDO ALARCON ATAHUCHI**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP 81732

OBRA : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA  
ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

CANTERA : CABANILLAS

TESISTA : CRISTIAN POMARI CHURA

MUESTRA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

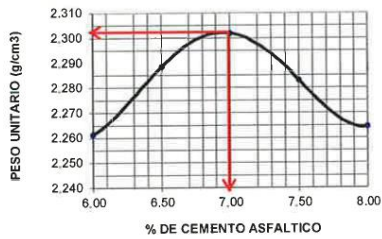
ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.

UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO

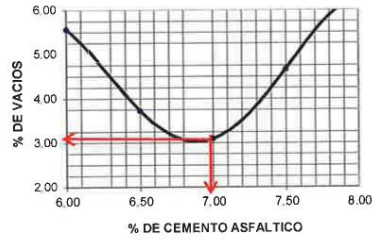
FECHA : 28/01/2022

### GRAFICOS DE ENSAYO MARSHALL

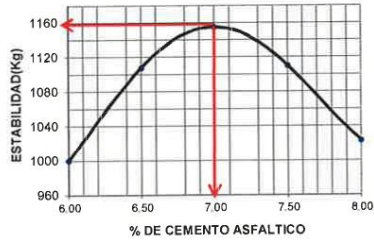
**PESO UNITARIO**



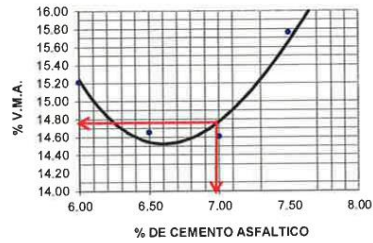
**% DE VACIOS**



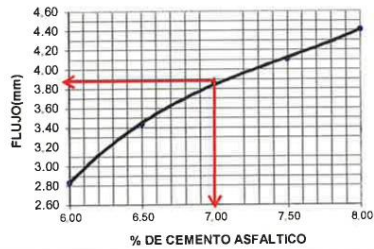
**ESTABILIDAD**



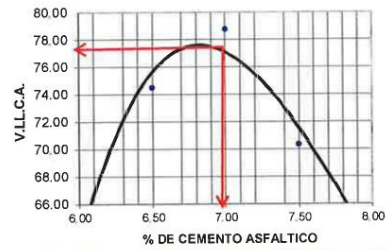
**V.M.A.**



**FLUJO**



**V.L.L.C.A.**





**ENSAYO MARSHALL (Verificacion)  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.  
**UBICACIÓN** : PLANTA DE ASFALTO **FECHA** : 30/01/2022

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		7.00		
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.04		
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.48		
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.69		
5	% filler		2.79		
6	Peso Especifico del C.A.		1.02		
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546		
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483		
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531		
10	Peso Especifico de filler		2.220		
11	Altura promedio de la Briqueta	6.57	6.62	6.58	
12	Peso de la Briqueta al Aire	1196	1195	1201	
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1198	1197	1203	
14	Peso de la Briqueta al agua	678	675.2	679	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	518.00	519.80	522.00	
16	Peso Unitario	2.309	2.299	2.301	<b>2.303</b>
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.380	2.380	2.380	
18	% Vacios	3.00	3.40	3.30	<b>3.233</b> 3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.843		<b>0.843</b> 0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1171	1182	1184	
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00	
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1171	1182	1184	<b>1179</b> Min. 815
23	Flujo (mm)	3.88	3.84	3.92	<b>3.880</b> 2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.645	2.645	2.645	
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507	
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.123	2.123	2.123	
27	Contenido Asfalto Efectivo	5.03	5.03	5.03	
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.349	14.717	14.650	<b>15</b> Min. 15
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	79.093	76.897	77.474	<b>77.821</b> Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	3018	3078	3020	<b>3038.9</b> 1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Topografía y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 91722

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS  
**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
**UBICACIÓN** :  
**TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA** : 28/01/2022

## RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

### 1. MEZCLA DE AGREGADOS (PROPORCION EN PESO)

Agregado Grueso Chancado 1/2" : 28.0%  
Arena Chancada : 36.0%  
Agregado Fino zarandeado : 33.0%  
Cal : 3.0%  
100%

### 2. CEMENTO ASFALTICO

Tipo de Asfalto : C. A. 120/150  
% Optimo de C.A. : 7.00% +/-0.3  
Aditivo : 0.50%

### 3. CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS

CARACTERISTICAS	DISEÑO	ESPECIFICACIONES
% Cemento Asfáltico	7.00%	
N° de Golpes en cada lado	75	
Estabilidad (kg)	1179	Min - 815 kgs.
Fluencia (mm)	3.88	2 - 4 mm
% Vacios de Aire	3.233	3 - 5 %
% V.M.A.	15	Min. 15
Peso Unitario	2.303	
% V. LL.C. A.	77.82	Min. 75
Estabilidad Flujo kg/cm	3039	1,700 - 4000
% Estabilidad retenida		Min. 80%
% Indice de Compactabilidad		Min. 5%

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Mecánica de Suelos, Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.O. 01722

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.

**CENIZA** : 1% CENIZA **FECHA** : 6/02/2022

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en peso de la Mezcla		7.00			
2 % Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.04			
3 % Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.48			
4 % Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.69			
5 % filler		2.79			
6 Peso Especifico del C.A.		1.02			
7 Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8 Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9 Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10 Peso Especifico de filler		2.220			
11 Altura promedio de la Briqueta	6.59	6.62	6.61		
12 Peso de la Briqueta al Aire	1164	1187	1179		
13 Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1166	1189	1181		
14 Peso de la Briqueta al agua	657	668	662		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento	507.00	519.00	517.00		
16 Peso Unitario	2.296	2.287	2.280	<b>2.288</b>	
17 Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.380	2.380	2.380		
18 % Vacios	3.50	3.90	4.20	<b>3.867</b>	3.0 - 5.0
19 Relación Filler/Betún		0.843		<b>0.843</b>	0.60 - 1.30
20 Estabilidad sin corregir (Kg)	1120	1092	1037		
21 Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.00		
22 Estabilidad Corregida (Kg)	1165	1092	1037	<b>1098</b>	Min. 815
23 Flujo (mm)	3.61	3.82	3.92	<b>3.783</b>	2.0 - 4.0
24 Peso Efectivo de los agregados	2.645	2.645	2.645		
25 Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26 Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.123	2.123	2.123		
27 Contenido Asfalto Efectivo	5.03	5.03	5.03		
28 Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.833	15.158	15.404	<b>15</b>	Min. 15
29 Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	76.404	74.271	72.734	<b>74.470</b>	Min. 75
30 Relación E / F (Kg/mm)	3227	2859	2645	<b>2910.2</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Obras de Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.  
**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA  
**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A.  
**CENIZA** : 2% CENIZA **FECHA** : 6/02/2022

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en peso de la Mezcla		7.00			
2 % Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.04			
3 % Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.48			
4 % Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.69			
5 % filler		2.79			
6 Peso Especifico del C.A.		1.02			
7 Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8 Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9 Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10 Peso Especifico de filler		2.220			
11 Altura promedio de la Briqueta	6.54	6.66	6.68		
12 Peso de la Briqueta al Aire	1187	1185	1182		
13 Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1189	1187	1184		
14 Peso de la Briqueta al agua	670	670	667		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento	517.00	515.00	515.00		
16 Peso Unitario	2.296	2.301	2.295	<b>2.297</b>	
17 Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.380	2.380	2.380		
18 % Vacios	3.50	3.30	3.60	<b>3.467</b>	3.0 - 5.0
19 Relación Filler/Betún		0.843		<b>0.843</b>	0.60 - 1.30
20 Estabilidad sin corregir (Kg)	1076	1166	1160		
21 Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22 Estabilidad Corregida (Kg)	1076	1166	1160	<b>1134</b>	Min. 815
23 Flujo (mm)	4.00	3.86	3.95	<b>3.937</b>	2.0 - 4.0
24 Peso Efectivo de los agregados	2.645	2.645	2.645		
25 Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26 Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.123	2.123	2.123		
27 Contenido Asfalto Efectivo	5.03	5.03	5.03		
28 Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.830	14.643	14.859	<b>15</b>	Min. 15
29 Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	76.399	77.464	75.772	<b>76.545</b>	Min. 75
30 Relación E / F (Kg/mm)	2690	3021	2937	<b>2882.5</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Estudios de Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732



**ENSAYO MARSHALL  
(ASTM D-1559)**

**OBRA** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL TRONCO DE EUCALIPTO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUNO 2022.

**CANTERA** : CABANILLAS **TESISTA** : CRISTIAN POMARI CHURA

**MUESTRA** : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE **ING. RESPON.** : ALFREDO ALARCON A.

**CENIZA** : 3% CENIZA **FECHA** : 6/02/2022

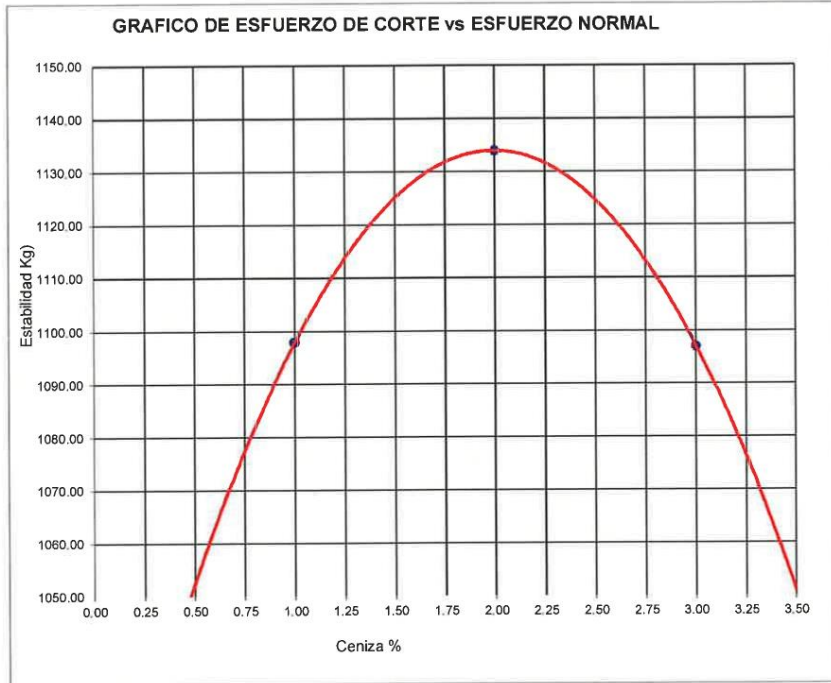
NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla		7.00			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		26.04			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.48			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		30.69			
5	% filler		2.79			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.546			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		2.483			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.531			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.51	6.58	6.62		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1169	1173	1189		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1172	1175	1192		
14	Peso de la Briqueta al agua	660	661	671		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	509.00	512.00	518.00		
16	Peso Unitario	2.297	2.291	2.295	<b>2.294</b>	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.380	2.380	2.380		
18	% Vacios	3.50	3.70	3.60	<b>3.600</b>	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.843		<b>0.843</b>	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1131	1077	1083		
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1131	1077	1083	<b>1097</b>	Min. 815
23	Flujo (mm)	4.10	3.92	4.10	<b>4.040</b>	2.0 - 4.0
24	Peso Efectivo de los agregados	2.645	2.645	2.645		
25	Peso Especifico Bulk de los agregados	2.507	2.507	2.507		
26	Porcentaje de Asfalto Absorbido	2.123	2.123	2.123		
27	Contenido Asfalto Efectivo	5.03	5.03	5.03		
28	Vacios de Agregado Mineral (VMA)	14.803	15.012	14.851	<b>15</b>	Min. 15
29	Porcentajes De Vacios Llenos de C.A.	76.356	75.353	75.759	<b>75.823</b>	Min. 75
30	Relación E / F (Kg/mm)	2759	2747	2641	<b>2715.8</b>	1700-4000

**OBSERVACIONES:**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Estudios de Mecánica y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. 5448-732

**ESTABILIDAD**



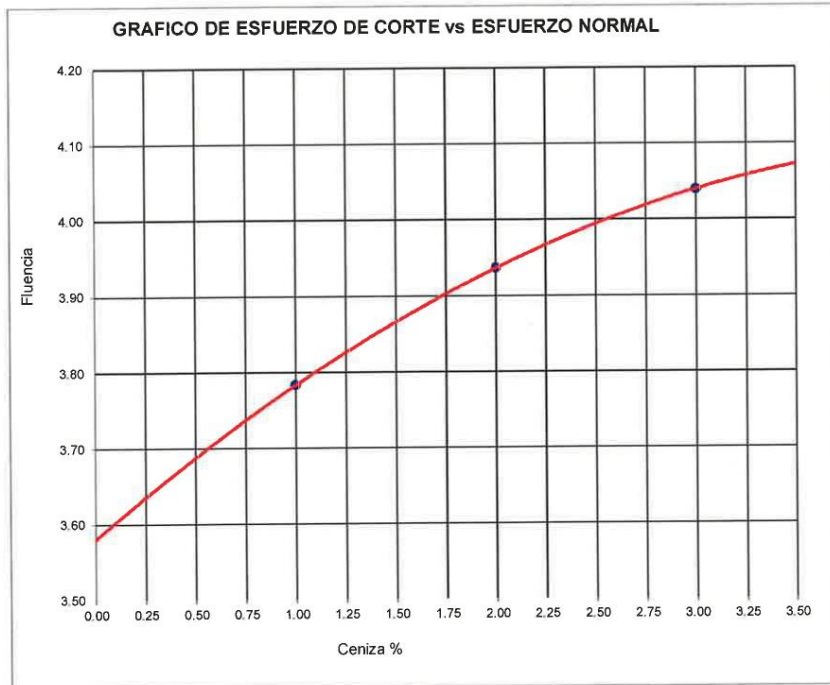
Especimen	I	II	III
CENIZA	1.00	2.00	3.00
ESTABILIDAD	1098	1134	1097


**GEOTECNIA PUNO EIRL,**  
Ingeniería de Pavimentos, Riego y Construcción

*Alfredo Alarcón Atahuachi*

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

**FLUENCIA**



Especimen	I	II	III
CENIZA	1.00	2.00	3.00
FLUENCIA	3.78	3.94	4.04

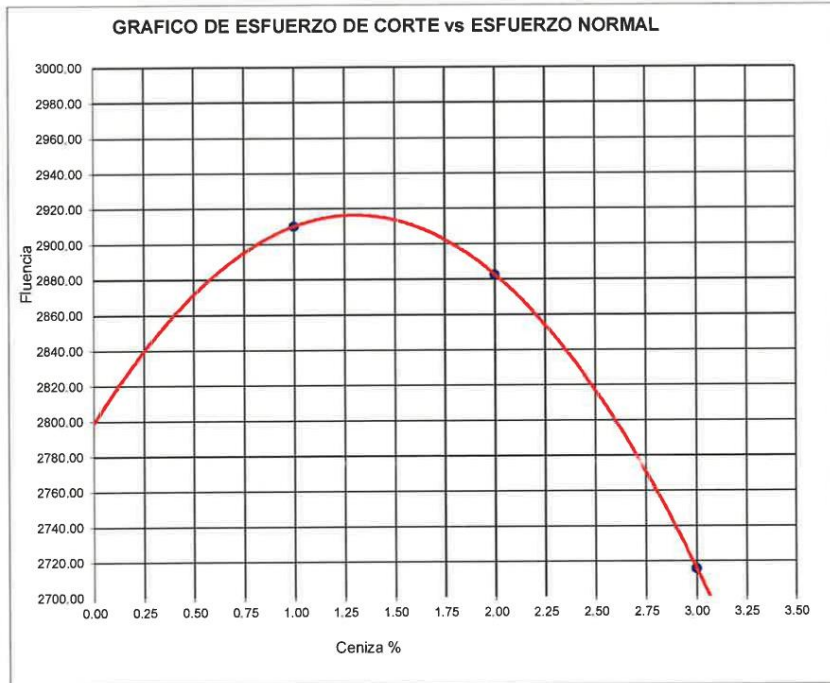

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Ingeniería de Consultoría y Construcción

*[Handwritten Signature]*

---

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
R.d. CIP. 81732

**RIGIDEZ**



Especimen	I	II	III
CENIZA	1.00	2.00	3.00
RIGIDEZ	2910.21	2882.48	2715.82


**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Asesorías, Ingeniería Consultiva y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUALPA**  
INGENIERO CIVIL  
Rég. - C.O.P. 118722



## Anexo 5: Certificados de calibración de aparatos de laboratorio



**AG4**  
INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

Página 1 de 2

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CFT-034-2021

**Solicitante** : GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.

**Dirección** : JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E  
- PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de Medición** : MÁQUINA DE LOS ANGELES

**Marca** : PINZUAR

**Modelo** : PC-117

**Serie** : 1345

**Procedencia** : COLOMBIA

**Identificación** : NO INDICA

**Cap. Max.** : 99999 Vueltas

**Fecha de Calibración** : 2021-12-01

**Fecha de Emisión** : 2021-12-02

**Método de Calibración Empleado**  
La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de lectura del indicador digital de la máquina los angeles con el tacómetro patrón, se uso también una balanza calibrada para el peso de las esferas, tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MTC E 207 - 2000 Y LA NORMA ASTM C 131 - 1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine<sup>1</sup>.

**Incertidumbre:**  
La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura	20,9°C	20,9°C
Humedad Relativa	48 %HR	48 %HR

**Observaciones:**

- La máquina dispone de 12 esferas de hierro los cuales han sido verificadas en su peso y diámetro.
- Las mediciones mostradas en el cuadro de resultados es de un promedio de tres lecturas
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(\* ) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.



Luigi Aguirre  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224    997 045 343    ventasag4ingenieria@gmail.com    www.ag4ingenieria.com  
961 739 849    ventas@ag4im.com

955 851 191



# LABORATORIO DE METROLOGÍA



INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

Certificado de Calibración CFT-034-2021  
Página 2 de 2

## PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de referencia	Tacómetro	T's-0184-2021
Patrón de referencia	Pie de rey	L-0458-2021

INDICACIÓN TACÓMETRO PATRON (RPM)	INCERTIDUMBRE (RPM)
31.47	1

## Resultados de Medicion:

	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm)	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm)	PROMEDIO (mm)	INCERTIDUMBRE (mm)
	46.38 mm - 47.63 mm	46.38 mm - 47.63 mm		
	Lectura 1	Lectura 2		
1	46.68	46.67	46.68	0.03
2	46.68	46.69	46.69	0.03
3	46.64	46.63	46.64	0.03
4	46.66	46.64	46.65	0.03
5	46.56	46.55	46.56	0.03
6	46.74	46.71	46.73	0.03
7	46.67	46.65	46.66	0.03
8	46.64	46.65	46.65	0.03
9	46.68	46.62	46.65	0.03
10	46.67	46.69	46.68	0.03
11	46.66	46.72	46.69	0.03
12	46.66	46.68	46.67	0.03

	PESO DE LAS ESFERAS (g)	INCERTIDUMBRE (g)
	390 g - 445 g ± 1g	
1	415.54	0.1
2	415.83	0.1
3	416.74	0.1
4	416.13	0.1
5	416.94	0.1
6	416.08	0.1
7	416.20	0.1
8	416.74	0.1
9	416.73	0.1
10	416.64	0.1
11	415.40	0.1
12	416.39	0.1
Masa Total	4995.36	

Luigi Azeña G.  
 Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

☎ 01 622 5224

☎ 997 045 343

✉ ventasag4ingenieria@gmail.com

🌐 www.ag4ingenieria.com

☎ 961 739 849

✉ ventas@ag4im.com

☎ 955 851 191





# LABORATORIO DE METROLOGÍA

INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CF-153-2021**

Pág. 1 de 3

**OBJETO DE PRUEBA:**

**MAQUINA DE ENSAYOS MARSHALL Y CBR**

**Capacidad**

**5 000 kgf**

**Dirección de carga**

**Ascendente**

**FABRICANTE**

**METROTEST**

**Modelo**

**MA-75**

**Serie**

**160**

**Indicador Digital (modelo // Serie)**

**HIGH WEIGHT//315-X6//0215478**

**Celda de Carga (modelo // Serie)**

**SG-ST // J160927921**

**Codigo Identificacion**

**NO INDICA**

**Norma utilizada**

**ASTM E4 // ISO 7500-1**

**Temperatura de prueba °C**

	Inicial	22.8	Final	23.2

**Inspección general**

**La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento**

**Intervalo calibrado**

**De 500 a 5000 kgf      10% al 100%**

**Solicitante**

**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**

**Dirección**

**JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**

**PATRON(ES) UTILIZADO(S)**

Tipo / Modelo	CELDA DE CARGA
No. serie	<b>WC163917 // MTT-050</b>
Certif. de calibr.	<b>INF-LE 168-21 PUCP</b>

**Unidades de medida**

**Sistema Internacional de Unidades (SI)**

**FECHA DE CALIBRACION**

**2021/12/01**

**FECHA DE EMISION**

**2021/12/02**

**FIRMAS AUTORIZADAS**

**Jefe de Metrologia**

**Luigi Asenjo G.**



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

☎ 01 622 5224

☎ 997 045 343

✉ ventasag4ingenieria@gmail.com

🌐 www.ag4ingenieria.com

☎ 961 739 849

✉ ventas@ag4im.com

☎ 955 851 191



# LABORATORIO DE METROLOGÍA



INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-153-2021

Pág. 2 de 3

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

### DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 49.03 kN Resolución: 0.001 kN Dirección de la carga: Ascendente  
5000.0 kgf 0.1 kgf Factor de conversión: 0.00981 kN/kgf

Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> )			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
			kN	kN	kN	kN	kN
10	4.90	500	4.89	4.89	No aplica	4.89	No aplica
20	9.81	1 000	9.78	9.78	No aplica	9.77	No aplica
30	14.71	1 500	14.70	14.71	No aplica	14.70	No aplica
40	19.61	2 000	19.71	19.71	No aplica	19.71	No aplica
50	24.52	2 500	24.59	24.59	No aplica	24.59	No aplica
60	29.42	3 000	29.53	29.53	No aplica	29.53	No aplica
70	34.32	3 500	34.47	34.47	No aplica	34.46	No aplica
80	39.23	4 000	39.42	39.43	No aplica	39.42	No aplica
90	44.13	4 500	44.38	44.38	No aplica	44.37	No aplica
100	49.03	5 000	49.05	49.05	No aplica	49.04	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 049.03 kN Incertidumbre del patrón 0.096 %

Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> )			Cálculo de errores relativos				Resolución
%	kN	kgf	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
			q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4.90	500	0.31	0.10	No aplica	No aplica	0.02
20	9.81	1 000	0.31	0.08	No aplica	No aplica	0.01
30	14.71	1 500	0.04	0.05	No aplica	No aplica	0.01
40	19.61	2 000	-0.49	0.04	No aplica	No aplica	0.01
50	24.52	2 500	-0.30	0.03	No aplica	No aplica	0.00
60	29.42	3 000	-0.37	0.03	No aplica	No aplica	0.00
70	34.32	3 500	-0.41	0.02	No aplica	No aplica	0.00
80	39.23	4 000	-0.50	0.02	No aplica	No aplica	0.00
90	44.13	4 500	-0.55	0.02	No aplica	No aplica	0.00
100	49.03	5 000	-0.03	0.02	No aplica	No aplica	0.00
Error de cero fo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 000

### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología  
Luigi Asejo

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



# LABORATORIO DE METROLOGÍA



# AG4

INGENIERIA & METROLOGÍA S.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-153-2021

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MAQUINA DE ENSAYOS MARSHALL Y CBR

ESCALA 5 000 kgf

Error de exactitud 0.31 %

Error de repetibilidad 0.10 %

Error de Reversibilidad No aplica

Error de cero 0

Error por acces 0 %

Resolución 0.01 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma, ISO 7500-1.

ESCALA 5 000 kgf Ascendente

### TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA SRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Peru.

### OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia  
Luiggi Asenjo G.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

☎ 01 622 5224

☎ 997 045 343

✉ [ventasag4ingenieria@gmail.com](mailto:ventasag4ingenieria@gmail.com)

🌐 [www.ag4ingenieria.com](http://www.ag4ingenieria.com)

☎ 961 739 849

✉ [ventas@ag4im.com](mailto:ventas@ag4im.com)

☎ 955 851 191

## Anexo 6: Especificaciones técnicas de cemento asfáltico PEN 120/150

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



### CERTIFICADO DE CALIDAD DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO <b>ASFALTO SÓLIDO</b>		Fecha efectiva: Enero 2019		
TIPO DE PRODUCTO <b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>		Reemplaza edición de: Enero 2014		
NOMBRE DE PRODUCTO <b>ASFALTO SÓLIDO 120/150 PEN</b>				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	120	150	D-5	T-49
<b>VOLATILIDAD</b>				
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	218		D-92	T-48
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44
<b>SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA</b>				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179
Pérdida por calentamiento, % masa		1.3		
Penetración retenida, % del original	42+		D-5	T-49
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB
<b>FLUIDEZ</b>				
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	140		D-2170	T-201
<b>REQUERIMIENTO GENERAL:</b>		El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.				



## Anexo 7: Fotografías



Madera del tronco de eucalipto



Ceniza del tronco de eucalipto CTE



Extracción de agregados pétreos



Cuarteo de agregados



Tamizado de agregado grueso



Ensayo abrasión los ángeles



Equivalente de arena – agregado fino



Muestras en horno para limite Atterberg



Absorción de agregado fino



Muestras para mezclado de agregados



Calentado de PEN 120/150



Combinación de agregados





Preparación de briquetas asfálticas



Especímenes para encontrar CA



Granulometría de CTE



Muestra de CTE tamizada



Reemplazo de 3.0% de CTE



Realización de especímenes



Realizado de ensayo Marshall



Muestras con 1%, 2% y 3% de CTE



Retiro de muestras del molde



Peso sumergido en agua de briqueta



Ensayo de baño maría



Ensayo Marshall



## Anexo 6: foto Captura porcentaje Turnitin

feedback studio CRISTIAN POMARI CHURA | DPI POMARI CHURA, CRISTIAN.pdf

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

\*Influencia de la ceniza del tronco de eucalipto en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Puno 2022\*

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

**AUTOR:**  
Pomari Chura, Cristian  
<https://orcid.org/0001-0001-9179-6005>

**ASESOR:**  
Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo  
<https://orcid.org/0000-0002-9656-523X>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**  
2022

**Resumen de coincidencias** ✕

21 %

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	6 %	>
2	hdl.handle.net <small>Fuente de Internet</small>	3 %	>
3	repositorio.unap.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	3 %	>
4	repositorio.urp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
5	repositorio.unsaac.edu... <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
6	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %	>

Activar Windows  
Ver 7.01 Entregado a Universida... Windows

Página: 1 de 58Número de palabras: 15563Versión solo texto del informeAlta resoluciónActivado