



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla  
asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Armas Palomino, Nando Moises ([orcid.org/0000-0002-3254-5334](https://orcid.org/0000-0002-3254-5334))

Rojas Orbegoso, Jorge Jhonatan ([orcid.org/0000-0002-4724-9909](https://orcid.org/0000-0002-4724-9909))

**ASESOR:**

Dr. Castillo Chávez, Juan Humberto ([orcid.org/0000-0002-4701-3074](https://orcid.org/0000-0002-4701-3074))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mis padres quienes me guían y mis hijos que son mi motivo para lograr todas mis metas y nunca rendirme.

Armas Palomino, Nando Moisés

Dedico este trabajo a Dios por ser mi guía y fortaleza en este camino, a mi madre María Catalina Orbegoso Ramos por el apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años y a mi esposa Milagros de Guadalupe Barón Meneses e hijo Jordan Isaac Rojas Barón que son mi motivo para lograr todas mis metas y nunca rendirme.

Rojas Orbegoso, Jorge Jhonatan

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional, por convertirme en la persona que soy.

Armas Palomino, Nando Moisés

Agradezco a mi familia por su apoyo desmedido y por alentarme a seguir adelante en todo momento.

Rojas Orbegoso, Jorge Jhonatan

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III.METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Caracterización del los agregados .....	21
4.2. Datos técnicos de la almendra .....	23
4.3. Diseño de mezcla asfálticas.....	23
4.4. Diseño de mezcla asfáltica con ceniza de almendra.....	29
V. DISCUSIÓN .....	32
VI. CONCLUSIONES .....	35
VII. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Diseños .....	24
Tabla 2. Resultados de ensayos del agregado fino .....	29
Tabla 3. Resultados de los ensayos del agregado grueso.....	30
Tabla 4. Componentes de cascara de almendra.....	31
Tabla 5. Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón .....	37
Tabla 6. Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 0.5% de ceniza de cascara de almendra .....	37
Tabla 7. Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 1.5% de ceniza de cascara de almendra. ....	38
Tabla 8. Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 2.5% de ceniza de cascara de almendra. ....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de todos los pasos a seguir para poder llevar a cabo de manera exitosa la presente investigación .....	27
Figura 2. Estabilidad vs porcentaje óptimo de asfalto .....	32
Figura 3. Peso unitario vs porcentaje óptimo de asfalto .....	33
Figura 4. Porcentaje de vacíos vs porcentaje óptimo de asfalto .....	34
Figura 5. Flujo vs porcentaje óptimo de asfalto .....	35
Figura 6. Vacíos del Agregado mineral vs porcentaje óptimo de asfalto .....	36
Figura 7. Comparativo con adición de ceniza en diferentes porcentajes 0.5%, 1.5% y 2.5%.....	39

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación titulado “Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023” tuvo como objetivo general la optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de ceniza de cascara de almendra. El tipo de investigación por propósito fue aplicado, nivel explicativo, su diseño de investigación fue experimental; la población estuvo constituida por mezclas asfálticas en caliente, la muestra estuvo constituida por 52 briquetas, aplicándose como técnica la observación y como instrumento la ficha de observación. Los resultados indicaron que inicialmente las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente mejoraban sustancialmente cuando se adicionaba entre 0.5% y 1.5% y tenían una relación proporcional entre la incorporación de ceniza de cascara de almendra y las mejoras en las propiedades mecánicas, pero a medida que adicionamos el 2.5% se pudo observar que estas comenzaron a descender con un valor de estabilidad 825 kg. Se concluyó que se las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente mejoran notablemente cuando se utiliza el 1.5% de adición de ceniza de cascara de almendra con un valor de estabilidad de 1053 kg. Por último, los ensayos y resultados cumplieron con los requerimientos normativos del MTC y ASTM.

**PALABRAS CLAVE :** Asfalto en caliente, ceniza de almendra, comportamiento mecánico, ensayo Marshall

## **ABSTRACT**

The present research project entitled "Implementation of almond shell ash in asphalt mixture to improve stability, Laredo, 2023" had as its general objective the optimization of the mechanical properties of hot asphalt mixtures with the addition of almond shell ash. The type of research by purpose was applied, explanatory level, its research design was experimental; the population was constituted by hot asphalt mixtures made in the city of Laredo, the sample was constituted by briquettes of hot asphalt samples. The results indicated that initially the mechanical properties of hot asphalt mixtures improved substantially when between 0.5% and 1.5% were added and had a proportional relationship between the incorporation of almond shell ash and improvements in mechanical properties, but as we added the 2.5% it was observed that these began to descend with a stability value of 825 kg. It was concluded that the mechanical properties of the hot asphalt mixture are markedly improved when using the 1.5% addition of almond shell ash with a stability value of 1053 kg.

**KEYWORDS:** Hot asphalt, almond ash, mechanical behaviour, Marshall test



## **I. INTRODUCCIÓN**

En diversos países del mundo, es necesario que las personas puedan transportarse por eso es importante las vías de transporte. Una red vial que se conecta a otras vías es esencial, sin embargo, no todas estas obras viales se encuentran en un estado correcta, ya que siempre presentan problemas de alto contenido como grietas o fisuras provocadas por lluvias, inundaciones y suelos blandos, es por ello que es importante diseñar métodos a lo largo del tiempo para eliminar las causas de estos problemas. (Murillo, 2012, p. 58).

En ciudades internas o de conexión, considerando la variedad y tipo de vehículos de gran capacidad que circulan por la acera, se determina que la acera viene teniendo fallas que se relacionan con la capacidad de resistencia del pavimento debido al crecimiento de vehículos en los últimos años, en este caso, si la capacidad de resistencia a la deformación es insuficiente, la capa asfáltica se agrietará. Yáñez, (2016), entre las regiones de nuestro país, en la ciudad de Laredo -Trujillo, se puede evidenciar un deterioro en el pavimento asfáltico en la actualidad, debido a diversos factores que llevan una corta vida útil, en donde método de subsanar es el parchado de las vías de acuerdo a la necesidad, esto supone problemas estructurales al momento del diseño y construcción de las mismas. Actualmente no se realizan obras en donde se empleen mezclas asfálticas modificadas con ceniza de cascara de almendra en la construcción de las vías, pues aún no contemplan en los expedientes, lo que hace necesario la investigación para su uso de ceniza de cascara de almendra incorporando a la mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de laredo - Trujillo, de manera de que se encuentre composiciones óptimas para mejorar las propiedades físico-mecánicas. La investigación en cuestión se enfoca en una problemática que ha recibido poca atención en el ámbito académico, pues normalmente solo se enfoca en las características de los agregados fino y grueso y no en la adición producto mejorador, lo que ha dejado un vacío de conocimiento en dicho campo. En este sentido, el estudio se justifica teóricamente como una valiosa contribución que busca llenar este vacío de conocimiento de cómo maximizar las propiedades físico-mecánicas controlando la estabilidad adicionando ceniza de cascara de almendra, ofreciendo nuevas perspectivas y evidencias empíricas que permitan comprender con mayor profundidad el fenómeno en cuestión. De esta manera, el trabajo no solo amplía el conocimiento existente, sino

que también abre nuevas líneas de investigación y reflexión en torno a la problemática abordada.

Después de la identificación, entonces se llegó a la formulación del problema, definiendo el problema general como: PG ¿De qué manera influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica adicionando ceniza de cascara de almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023? Por consiguientes se identificó los siguientes problemas específicos, los cuales son: PE1 ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los agregados para mezcla asfáltica - Laredo, 2023?, PE2 ¿Cuál es el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en diferentes porcentajes- Laredo, 2023?, luego PE3 ¿De qué manera influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica con adición ceniza de cáscara de almendra - Laredo, 2023?,

Sin embargo, la justificación del estudio se enumeró como justificación teórica para el diseño de la disertación de acuerdo con los requisitos que están establecido por la RNE Norma CE. 010. Pavimento urbano y según requerimientos señalados en MTC. Ahora, la justificación práctica para la investigación señala que el diseño de pavimentos flexibles utilizando ceniza de cáscara de almendra proporciona consistencia para la infraestructura vial y el uso de acuerdo con el tipo de residuos, lo que se usará como base para su especificación y la investigación similar necesaria para contribuir con nuevas investigaciones. Así como las razones para facilitar la investigación en la comuna de Laredo, pues existen muchos pavimentos flexibles en estado crítico, además, las zonas antes mencionadas se encuentran con un crecimiento constante de forma urbana y comercial, presentando un proyecto que generará una contribución a la sociedad, mejorando las propiedades la flexibilidad el pavimento.

Desde la perspectiva lógica, el proyecto permite el desarrollo de pavimentos flexibles utilizando cáscaras de almendras reutilizables, además, reducir la contaminación ambiental al reducir los residuos, mientras que la cadena productiva de la almendra beneficiará a la población de Laredo - Trujillo y recuperará la transpirabilidad. En cuanto a la justificación metodológica, este trabajo es del tipo preexperimental, ya que se realiza la utilización de la tecnología para que se puedan investigar a través de la observación, reconocimiento y determinación del área en la que se ubica el diseño. Se recomiendan pesquisas de ingeniería fundamental y

se brindan conclusiones sobre la investigación.

Como **justificación técnica**, nuestra investigación se justificara modificando el pavimento flexible en las propiedades mecánicas mejorando la capacidad a la deformación y prematuro envejecimiento de la carpeta asfáltica por fatiga, por parte de la **justificación social**, en general tener un pavimento durable en el tiempo esto contribuye en la sociedad al mejorar el tiempo de traslado, bajo contaminación de partículas de polvo, educación de calidad y más, por último, nuestra **justificación económica**, la ceniza de cascara de almendra es un material accesible, se utilizara en porcentajes mínimos para en pavimento modificado, se justifica la adición como aditivo que modificara las propiedades de la carpeta asfáltica en caliente.

Luego, se define los objetivos, entonces se tiene como objetivo general: PG: Determinar la influencia en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente adicionando ceniza de cascara de almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023 derivando en los siguientes objetivos específicos, los cuales son: OE1 ¿Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados para mezcla asfáltica - Laredo, 2023, OE2 ¿Determinar el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023, luego OE3 ¿Determinar la influencia en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con adición ceniza de cáscara de almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023?.

A continuación, se llegó a identificar la hipótesis, para lo cual se formuló la hipótesis general: existe influencia significativa en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente adicionando ceniza de cascara de almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023, Además, se formuló las hipótesis específicas HE1: Existe influencia significativa en el comportamiento físico – mecánico de los agregados de una mezcla asfáltica en caliente – Laredo, 2023. HE2: Existe influencia significativa en el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en caliente diferentes porcentajes - Laredo, 2023, HE3: Existe influencia significativa en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente adicionando ceniza de cáscara de almendra en diferentes porcentajes - Laredo, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Se señala como antecedentes Liew et al. (2023), en su investigación tuvo como objetivo principal usar diferentes porcentajes de aserrín como relleno en asfalto, el artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa. La mezcla contribuiría en gran medida a aliviar el boicot al uso de relleno mineral por parte de ciertas empresas de construcción asfalto mezcla, así como la disminución del impacto en la basura y las emisiones en el medio ambiente. En este estudio, el desempeño de Sawdust Ceniza (SDA) como relleno en asfalto se investigó la mezcla y se centró principalmente en la adición de aserrín ceniza siguiendo el orden de 0% como control, 3%, 6% y 9% en peso de betún. El betún utilizado en este estudio fue de grado de penetración 60/70. El propósito de este estudio fue estudiar el efecto del aserrín ceniza sobre las características técnicas del hormigón asfalto. Diferentes porcentajes de aserrín ceniza se mezclaron con betún usando un mezclador de alto cizallamiento. Se realizó la prueba de Estabilidad Marshall para determinar el contenido óptimo de betún de la mezcla. El desempeño se evaluó a través de la estabilidad y propiedades volumétricas, módulo de resiliencia y resistencia a la tracción indirecta. Se puede observar que el diferente porcentaje de aserrín ceniza como relleno en Hot Mix Asfalto tuvo efectos notablemente diferentes en el rendimiento de la mezcla modificada. El agregado de aserrín ceniza como relleno en HMA no fue suficiente mejora en el rendimiento de asfalto pavimento ya que el rendimiento de la mezcla convencional es más estable que el de la mezcla modificada.

Suddeepong et al. (2023), en su investigación se centraron en investigar los porcentajes de vacíos de aire y la porosidad de la mezcla asfáltica, el artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa. (PAC) es un grado abierto asfalto Concreto con alto vacío de aire, que funciona como pavimento permeable con alta resistencia superficial al rozamiento. El PAC generalmente requiere una gran cantidad de agregado grueso para proporcionar la estructura porosa requerida. Un costoso polímero modificado de alta calidad asfalto (PMA) se requiere comúnmente para evitar problemas de drenaje y para mejorar el rendimiento de PAC. Abajo ceniza (BA), un subproducto de alta porosidad de las centrales eléctricas de carbón, se utiliza como un producto más ecológico para mejorar la calidad de los tradicionales asfalto grado de penetración de cemento

60/70 (AC 60/70) para producir PAC de bajo costo en esta investigación. El efecto de la proporción de reemplazo de BA (0%, 10%, 15%, 20% y 25% por peso total de agregado fino) sobre el drenaje, pérdida de partículas, propiedades Marshall, resistencia a la tracción indirecta (ITS), resistencia a la tracción indirecta Se midieron el módulo elástico (IT Mr.), la vida de fatiga por tracción indirecta (ITFL), la deformación permanente (PD), la profundidad de la rodadura y la resistencia al deslizamiento de BA-AC60/70-PAC y se compararon con PMA-PAC. Se encontró que los valores de drenaje y pérdida de partículas de BA-AC60/70-PAC disminuyen con un aumento en la proporción de reemplazo de BA. El reemplazo de BA mejoró las propiedades de Marshall, el índice de resistencia, ITS, IT Mr., ITFL, PD, profundidad de surco y resistencia al deslizamiento de PAC hasta el valor más alto con la proporción óptima de reemplazo de BA del 20 %. El ITS mejorado está asociado con el Sr de TI mejorado en una relación lineal para todas las tasas de reemplazo de BA. Se encontró que el cambio en ITFL está relacionado linealmente con IT Mr. en un nivel de estrés específico. Con los mismos criterios de diseño, la tasa de reemplazo de BA del 20 % produce una reducción del costo total de construcción de la capa superficial BA-AC60/70-PAC en un 33 % en comparación con la capa superficial PMA-PAC convencional.

Haddad & Khedaywi. (2023), en la presente investigación científica tuvo como objetivo conocer el deslizamiento dinámico de concreto asfáltico, el artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, el impacto de Olive Husk Ceniza sobre el deslizamiento dinámico de concreto asfáltico. El asfalto mezclas de concreto fueron sometidas a una simulación de un ensayo de fluencia utilizando una Máquina Universal de Ensayos, y cinco porcentajes de Cáscara de Aceituna Ceniza por volumen del aglomerante. Tres frecuencias de carga (1, 4 y 8 Hz), que simulan velocidades vehiculares de 20, 40 y 60 millas/hora. respectivamente y se consideraron tres temperaturas de prueba (5, 25 y 40 o C), que representan temperaturas frías, moderadas y calientes. cáscara de aceituna Ceniza, a veces conocido como residuos de oliva ceniza, está ampliamente disponible en Jordania. Este estudio utiliza cáscara de aceituna ceniza como un asfalto aditivo para reciclarlo. Además, usando ceniza reduce el gasto financiero de hacer asfalto mezcla. Los resultados muestran que al agregar ceniza en la concentración adecuada (10-15%) mejora la calidad y eficacia de

asfalto mezclas de concreto. La adición de OHA a asfalto tiene un efecto beneficioso en la mejora del módulo elástico y la rigidez a la fluencia, así como en la reducción de la tensión acumulada a varias frecuencias y temperaturas.

Sunarjono et al. (2023) en su investigación se centraron en el uso de rellenos en asfalto las mezclas pueden aumentar potencialmente la durabilidad y su capacidad para resistir el agua. El artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, esta investigación se realizó para analizar cómo los rellenos mejoran la durabilidad de la mezcla. Esta investigación utiliza cáscara de arroz ceniza (RHA) y cemento Portland (PC) como rellenos en la mezcla de asfalto capa de rodadura de hormigón. El proceso de mezclado se hizo por el método de mezclado a 150° centígrados, con el óptimo de pen asfáltico siendo el contenido del 5,5% y siendo el contenido de relleno óptimo del 4%. Los parámetros analizados fueron: tamaño del tamiz, porosidad, textura, penetración, mezcla de agregados y orden de mezcla. Basado en el tamiz de relleno más pequeño (#400), tiene el potencial para un mayor nivel de durabilidad, mientras que, para la fuerza, el #200 tiene una mayor potencia. El valor de porosidad RHA #400 es 1,6 veces mayor que el #200 y 5,53 veces mayor en PC. Asfalto con un tamaño de relleno más pequeño tiene un mejor nivel de homogeneidad, como se ve en la menor desviación estándar de penetración. Los resultados de la mezcla de agregados muestran que la adición de relleno provoca gradaciones de agregados que no cumplen con las especificaciones requeridas por Bina Marga. El relleno se debe utilizar preferiblemente como sustituto del agregado en el análisis de tamiz. Basado en el valor IRMS (Índice de Estabilidad Marshall Retenida), se puede concluir que el proceso de mezcla en seco da menos valor que la mezcla en húmedo. Esto demuestra que las mezclas húmedas duran más que las mezclas secas.

Para Kadhim et al., (2023), en su investigación las características mecánicas del calor asfalto mezcla están muy influenciados por los rellenos. El artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, el uso de materiales de desecho como rellenos en asfalto las mezclas pueden mejorar las propiedades de la mezcla. Como resultado, este estudio utiliza Barley Husk Ceniza (BHA) con varias proporciones de reemplazo como rellenos para investigar las propiedades mecánicas de asfalto. Se usó BHA para reemplazar el relleno de piedra caliza

convencional en porcentajes de (0%-100% con un incremento del 10%) en el asfalto mezcla. En este estudio, se realizaron varias pruebas, incluyendo Estabilidad Marshall, Flujo Marshall, vacíos en agregados minerales, gravedad específica máxima teórica y vacíos de aire. Los resultados mostraron una mejora notable en el comportamiento de la mezcla asfáltica, a medida que aumenta el porcentaje de reposición. Además, se encontró que el porcentaje de reemplazo de BHA al 50% tiene la estabilidad Marshall más alta con un aumento del 46% y también el flujo Marshall más bajo con una disminución del 25% en comparación con la mezcla de referencia. Además de eso, el uso de BHA en asfalto reduce los problemas ambientales causados por las grandes cantidades de BHA que se producen anualmente en todo el mundo.

Sukkari et al. (2022), en su investigación Con el cambio climático y la crisis energética que se apoderan del mundo, El artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, los países buscan soluciones sostenibles en todos los aspectos de la vida. El uso de subproductos y materiales reciclados en la construcción de carreteras reduce los costos y la huella de carbono de asfalto producción. el artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, este estudio investiga la adición de semillas de dátiles ceniza, un desecho común en el Medio Oriente, en asfalto desempeño del ligante en tres niveles de envejecimiento. semilla de dátil ceniza (DSA) mejoró la resistencia del aglutinante al envejecimiento. Si bien DSA no alteró el rendimiento a alta temperatura, aún se puede usar como un reemplazo de bajo costo para un porcentaje del original asfalto aglutinante con la ventaja de la resistencia al envejecimiento. Se encontró que 5% de DSA era el contenido óptimo.

Kadhim et al. (2021), se centra en investigar como mejora las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón asfáltico, muchos estudios sugieren agregar diferentes aditivos, como materiales de desecho en forma de relleno. Estos aditivos tienen una influencia significativa en el desempeño del concreto asfáltico al aplicar un rollo para llenar los vacíos entre las partículas y, a veces, como material cementoso. Este estudio tiene como objetivo mejorar la resistencia del hormigón asfáltico mediante la adición de hueso animal triturado a la mezcla después de la carbonización a una temperatura de 800 Co. Siete porcentajes diferentes (10, 20,

30, 40, 50, 60 y 100%) de hueso animal ceniza como reemplazo del porcentaje de relleno se agregaron a la mezcla óptima de concreto asfáltico. Se realizaron varias pruebas en especímenes de 4" para medir la estabilidad Marshall (MS), el valor de flujo Marshall (MF), los vacíos rellenos con porcentajes de asfalto (VFA), porcentajes de vacíos de aire (VA), porcentajes de vacíos en agregados minerales (VMA) y gravedad específica teórica máxima (GMM). A partir de los resultados, se alcanzó la máxima estabilidad de 14,85 KN al utilizar ceniza de hueso animal al 20% como reemplazo parcial del relleno convencionalmente utilizado (piedra caliza).

Para Arabani & Esmaaeli, (2020), Las ideas de reducir los problemas de eliminación, contribuir a la conservación de los recursos naturales, ayudar con el reciclaje y también mejorar el rendimiento de los pavimentos han llevado a los investigadores a utilizar residuos agrícolas en pavimentos asfálticos. La cáscara de maní es un tipo de desecho agrícola de gran volumen que generalmente se quema para producir energía o como medio de eliminación. El presente estudio examinó el efecto del uso de ceniza de cáscara de maní (GSA) como modificador de ligante de asfalto en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente (HMA). Se añadió GSA al ligante en diferentes concentraciones de 5, 10, 15 y 20% en términos del peso total del ligante asfáltico. Varias pruebas, incluidas las pruebas convencionales de asfalto, estabilidad de almacenamiento a alta temperatura, viscosidad rotacional (RV), reómetro de corte dinámico (DSR), y se realizaron pruebas de reómetro de haz de flexión (BBR) para determinar las propiedades del ligante asfáltico modificado. Además, se realizaron pruebas de Marshall, módulo de rigidez a la tracción indirecta (ITSM), carga axial repetida (RLA) y fatiga a la tracción indirecta (ITF) para evaluar el rendimiento mecánico de las mezclas HMA. Los resultados de las pruebas revelaron que el ligante asfáltico modificado con hasta un 10 % de GSA se mantuvo estable durante el almacenamiento a alta temperatura. Además, se observó un aumento en el punto de reblandecimiento, la viscosidad y la resistencia a la formación de surcos, así como una reducción en el grado de penetración, la ductilidad y la resistencia a la fatiga y al agrietamiento a baja temperatura luego de la adición de GSA al ligante asfáltico. Además, se comprobó que la modificación con GSA mejoró el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas.



Kumar et al. (2019), se centran en investigar las carreteras de la India están pavimentadas con hormigón bituminoso debido a su bajo coste de inversión inicial con respecto al pavimento de hormigón de cemento. el artículo trabajó con una metodología del tipo aplicada, experimental, explicativa, el hormigón bituminoso es una mezcla densa de árido grueso, árido fino, rellenos y betún como aglomerante. Requiere trabajos de mantenimiento frecuentes. El desempeño del concreto bituminoso depende de su densidad y gradación. Su densidad y estabilidad se pueden aumentar llenando sus muy finos huecos. Estos vacíos generalmente se llenan con materiales de relleno, como polvo de piedra o humo de sílice. Los rellenos son muy efectivos en las propiedades de estabilidad y resistencia a las roderas en el hormigón bituminoso. La ceniza de Bagazo de caña es un material de desecho, que generalmente se dispone a campo abierto luego de proceso de quemado en los Ingenios. Es un material disponible localmente y se puede utilizar como material de relleno. En este artículo, tres mezclas diferentes de hormigón bituminoso grado II con bagazo de caña de azúcar ceniza como relleno (BCSBA), con Fly ceniza como relleno (BCFA) y con Fly ceniza y bagazo de caña de azúcar ceniza (BCSBFA) se prepararon al 5%, 5,5%, 6%, 6,5% y 7% de contenido de betún. contenido de mosca ceniza y bagazo de caña de azúcar ceniza se decidieron según el requisito de mezcla del hormigón bituminoso grado II. Rendimiento del hormigón bituminoso con mosca ceniza y bagazo de caña de azúcar ceniza fueron aprobados por la prueba de estabilidad de Marshall. El resultado de laboratorio mostró que el bagazo de caña de azúcar ceniza se puede utilizar como relleno con mosca ceniza sin reducción significativa de la estabilidad del hormigón bituminoso. También se encontró que el exceso de adición de bagazo de caña de azúcar ceniza puede aumentar el valor del flujo. Este tipo de estudio puede ser una solución de bagazo de caña de azúcar ceniza problema de eliminación.

Bi & Jakarni. (2019), en su investigación concluyo que hoy en día, el desarrollo sostenible ha ganado más atención porque la humanidad se enfrentará al problema de la escasez de energía en un futuro próximo. El consumo de biomasa ha aumentado año tras año al ser un material renovable. Sin embargo, habrá muchos ceniza residuos tras la combustión de la biomasa, que pueden causar problemas de contaminación. Esta investigación investiga el uso potencial de la madera ceniza

como reemplazo de relleno en el asfalto mezcla porque la madera ceniza Tiene propiedades físicas y químicas similares a los rellenos tradicionales. Madera ceniza utilizado en este estudio consistió en 100% pasar el tamiz de 0,075 mm y 25%, 50%, 75% y 100% de relleno convencional (en peso) fueron reemplazados por la madera ceniza. Se emplearon pruebas Marshall de estabilidad y flujo, módulo de resiliencia, rendimiento de ahuellamiento y rendimiento de fatiga para determinar la influencia de la madera ceniza como relleno a la mezcla caliente asfalto (HMA) mezcla. Los resultados mostraron que la madera presente ceniza en el asfalto mezcla podría mejorar el rendimiento de fatiga, reducir la deformación permanente y aumentar el módulo elástico del asfalto. Por lo tanto, la madera ceniza se puede utilizar como material sustituto de relleno para asfalto mezcla

Para Arriola. (2018), en su pesquisa, se concluyó que las pruebas realizadas no permitieron determinar el comportamiento que permitiera describir los patrones cuando se incorporaba la cáscara de almendra que se tritura en porcentajes diferentes. En el momento que la bola golpea el plato, ésta cae sobre una parte de la cáscara de almendra que se encuentra triturada, produciendo un resultado no lineal. Pese a ello, todos los tableros probados cumplieron con los valores máximos exigidos por la normatividad denominada NCh 146/1 Of 2000. Mientras que los datos más óptimos se obtuvieron para la muestra estándar, con un 10% de cáscara de almendra triturada añadió una mejora del 5,92%. Además, este trabajo superó las expectativas que se tenían, pues los valores obtenidos fueron muy altos en comparación al valor mínimo que se señaló con la norma NCh 146/1 Of 2000 220 Newton.

**Las bases relacionadas al tema: dosificación de mezclas asfálticas,** El éxito del recubrimiento asfáltico depende de obtener una mezcla con un grado óptimo de agregados y el contenido óptimo de aglutinante asfáltico, de manera que sea duradera y resistente a la fractura y desintegración, sin volverse inestable por la acción del tránsito y las condiciones climáticas. Para obtener una mezcla de tales características es fundamental un buen proyecto de dosificación en un laboratorio de mezclas (Albuquerque, 2005).

Diseño de pavimento flexible con cáscaras de almendra. MTC (2014) afirma: “Un pavimento flexible está compuesto por elementos a nivel granular, tales como:

subbase y base, también conocida como capa de rodadura, que es una capa de material bituminoso, ligantes, áridos y aditivos.” (pág. 115). Donde la especificación CE 010 PAVIMENTO URBANO (2015) señala que "Los pavimentos con diferentes formas de pavimentos asfálticos calientes y fríos consisten en varias capas de mezcla asfáltica (p. 58). Respecto al Manual de Carreteras (2018), establece: El diseño del pavimento debe manejarse de acuerdo con las Instrucciones: Tanto la geometría como el pavimento actual, con memoria de cálculo, planos, entre otros, de acuerdo a la garantía, presentan lo siguiente: Las características de diseño de la estructura del pavimento, los datos que se obtienen de análisis de laboratorio, utilizando el método descrito. Su estrategia de mantenimiento se basa en los daños que se producirán con el tiempo y establece acciones correctivas, recopiladas de diferentes formas, teniendo esto en cuenta desde el comienzo de la obra hasta su culminación.

Quinto, (2013), dijo: “El asfalto es betún, por lo que tiene un color negro que se obtiene de forma artificial mediante la destilación del petróleo, y se encuentra hecho por asfaltenos, resinas, aceites y elementos con ciertas propiedades. Además, las mezclas de asfalto se utilizan como aglutinantes en la construcción de autopistas y se encuentran en depósitos naturales como el lago Asfaltites. El instituto venezolano del asfalto (2018) manifiesta que su función es: Impermeabilización del pavimento: Esto se realiza para disminuir la infiltración de agua que produce el agua de lluvia, a diferencia de otros tipos de impactos de ríos, la capa rodante no se daña y el vehículo puede circular con comodidad y seguridad. Aglutinación y cohesión entre áridos: mejora de la capacidad portante de la capa de asfalto. Un material que promete un trabajo de bajo costo y viene con instrucciones, lo que contribuye a la capacidad de ser flexible.

Monsalve, (2012) señaló que los aspectos de la estructura del pavimento: el diseño del pavimento debe asegurar el pleno funcionamiento de la vía, acorde al tránsito, de acuerdo a los parámetros estructurales y funcionales establecidos para establecer propiedades materiales satisfactorias, para asegurar los parámetros físicos relacionados con el diseño geométrico para el usuario, proporcionar métricas de servicio adecuadas para su correcto funcionamiento. Dentro del rango de propiedades del pavimento tenemos: Subrasante: Si la estructura que soporta la estructura plegada es óptima, se construye el CBR a partir de la estructura de

soporte y se evalúa el cálculo del módulo de elasticidad en las capas utilizando el Low Traffic Handbook. Sustrato: es el material del sustrato, se selecciona un CRB, lo establece la especificación INVIAS, en la que se establece al menos un 30%.

De acuerdo a Remolina (2011): Diseño de mezclas asfálticas mediante el método Marshall, cuyo objetivo es determinar la adecuación de los resultados asfálticos, y utilizando una serie de probetas de diferentes dosificaciones de áridos para mezclar áridos de composición y granulometría definida. – Asfalto. El proceso Marshall comienza con la producción de briquetas, que deben cumplir ciertas condiciones antes de la producción: el material cumple con las condiciones especificadas en la especificación técnica, el agregado cumple con los estándares de tamaño de partícula establecidos de acuerdo con la especificación, la gravedad específica parcial del agregado utilizado en dicha mezcla y se determina la gravedad específica de los betunes, cuyo objeto es utilizarlos en análisis de vacíos y hallar la densidad de mezclas. (p. 18). Acerca de Pinedo (2018) afirma: Las pruebas de flujo de estabilidad se realizan sumergiendo testigos en agua durante 30 - 40 minutos.

Luego limpie completamente la barra, los rieles, los troqueles de prueba, luego lubrique la barra, los rieles y deslice los segmentos de la abrazadera. El recipiente de ensayo debe mantenerse a 21.2 y 38.8 °C, retiramos el testigo de inmersión en agua, colocamos la parte en el centro debajo del vendaje, fijamos la parte que mide el flujo y la enroscamos a cero, luego aplicamos el peso a la briketa con una deformación de 50,80 mm/min hasta que se produce la cadencia, tomamos el resultado de peso máximo. Además, MTC, (2015) establece: El flujo vehicular en un tramo de vía se expresa en términos de la cantidad de vehículos que circulan por esa vía en un período determinado. Tomando en consideración el índice medio diario (IMD), éste se usa para carreteras y también para realizar la caracterización de las condiciones del tráfico cuando no hay congestión. Se expresa en vehículos/día. El tráfico de vehículos se presenta de forma parcial o interrumpida según la categoría. Tráfico por hora: una medida representativa del volumen de tráfico en un período, expresada en vehículos/hora. Se utiliza para comprender el flujo de tráfico en el transcurso de las horas del día y determinar el volumen de tráfico durante las horas pico.

Asimismo, Índice Promedio Diario Anual (IMDA): IMDA genera la idealización del

cociente de forma aritmética de la cantidad de días restantes en un año que son previsibles o existen en un segmento de carretera. Entonces, se genera la idea de correlaciones orbitales en partes establecidas, lo que permite la realización de los cálculos de forma económica. Y para la realización del drenaje y drenaje secundario: Las partes estructurales de los pavimentos asfálticos están protegidas del agua externa que puede penetrar y causar erosión. Debido al alto costo, es difícil eliminar parcialmente la existencia de finos de arcilla, por lo que es más adecuado para trabajos externos de protección de agua para garantizar que la práctica de remoción de finos sea completamente funcional en general, y se agregan trabajos especiales de protección en algunos lugares a sus condiciones internas de flujo de agua. No es recomendable cumplir con los criterios generales dados.

Para Número de Estructura (SN): El diseño de pavimento flexible realizado se basa explícitamente en la identificación "SN", lo que significa que el pavimento debe soportar las cargas aplicadas. Se ha establecido SN y el método aplica fórmulas relacionadas con los coeficientes a medida que generan números estructurales. (pág. 78). De acuerdo con: Road Manual - E 101 (2016) Reglamentos: Los suelos encontrados se describirán y clasificarán de acuerdo con los métodos de construcción de carreteras, la clasificación será aplicada por AASHTO y SUCS, se utilizarán señales regulares en los mapas de carreteras, la clasificación será aplicada por AASHTO con componentes CL aceptables y clasificación SUCS.

Fernández (2012) afirma: Las propiedades físico-químicas, especialmente su densidad que es baja, su dureza que es alta, su conductividad térmica que es baja y su contenido de celulosa y lignina, por ser estas características que cambian las propiedades últimas de la mezcla. Se sabe que las cáscaras de almendras se queman mucho para reducir el volumen, lo que crea un smog que contamina el medio ambiente. En el combustible genera una cantidad importante de calor, estimada en 16720 kJ/kg, y el porcentaje de sílice en las cenizas remanentes es superior al 90%, creando una fuente potencial de sílice. Los defectos de esta sílice se denominan: potasio, magnesio, manganeso y calcio así como aluminio secundario, hierro 10-20ppm, boro y fósforo. 1-40 ppm. (pág. 57).

Fernández, (2012) afirmó: para determinar las propiedades químicas de las cáscaras de almendra indicaron que la masa del extracto libre fue de 1.7687 g. La masa media de celulosa entera es de 1,0093 g. Alfa celulosa 0,371 g. y 0,7317 g de lignina. (página 80). Y para realizar la medición de pavimento flexible: Rebolledo (2010), establece: “Asfalto tendido en caminos, calles, virutas, avenidas, etc. Y la unidad para medir el pavimento flexible es (m<sup>3</sup>), y la unidad de medida de la ceniza de cáscara de almendra es kilogramos (Kg)” (p. 64). Infraestructura Vial: Montañez, (2016). “En la infraestructura vial se conjugan varias características que permiten mover los vehículos de un lugar a otro de manera estable y cómoda.” (p. 81). SOLMINHAC, (2015) establece los fundamentos de la gestión: Integrada: La infraestructura vial está constituida por un conjunto de características que cumplen una función determinada y cuyo fin es brindar un transporte adecuado. Por estrategia: La construcción de infraestructura vial garantiza caminos duraderos para aquellos que se benefician y es una inversión de recursos del Estado, tomando en consideración el mantenimiento, el cual requiere un esfuerzo de forma continua a lo largo del tiempo. Sistemático: Es un sistema de administración vial que mezcla estándares y buenas condiciones de forma técnica, política y de gestión, que orienta cierta cantidad de los recursos que se encuentra disponibles y los capacita para la toma de decisiones encaminadas a la obtención del logro de las metas de la institución que se establecen, para finalmente obtener la satisfacción de los que se benefician.

Eficiencia: Este enfoque procedimental identifica el uso eficiente de recursos públicos limitados para la infraestructura vial, proponiendo un proceso de conservación, restauración u obra nueva. Investigación fundamental según Minaya, (2012):

El primer procedimiento de dosificación de mezcla asfáltica fue desarrollado por Prevost Hubbard y FC Field, en los Estados Unidos, en 1920, conocido como método HubbardField. Está diseñado para dosificar la mezcla arena-asfalto. Consiste en determinar la carga máxima que resiste una probeta de 50,8 mm de diámetro por 25,4 mm de altura, obligada a pasar por un orificio de 47,5 mm de diámetro. Esta carga es considerada el valor de la estabilidad Marshall, y el ensayo provoca un tipo de ruptura correspondiente al cortante (Senco, 2001).

Algunos métodos de dosificación ya se conocen y se realizan. Entre los métodos de dosificación se destacan Marshall, Hveem y SUPERPAVE (creado recientemente por el Programa de Investigación de Carreteras Estratégicas, SHRP, en los Estados Unidos).

**Metodología Marshall**, la metodología Marshall fue desarrollada en decenio de 1940 por Bruce Marshall del Departamento de Transporte de Mississippi (EE. UU.). Este método se basó en un experimento de laboratorio que realiza la dosificación de una mezcla asfáltica con el fin de cumplir con especificaciones como estabilidad, fluencia y parámetros volumétricos. Sin embargo, se cree que la compactación realizada en laboratorio (por impacto) no simula adecuadamente la que ocurre en el pavimento. Otro hecho es que la resistencia al corte del CBUQ tampoco es adecuadamente simulada por la estabilidad Marshall (NASCIMENTO, 2011).

En el diseño del método Marshall, la compresión manual fue la única utilizada. Posteriormente, se desarrolló la compactación automática, ahorrando esfuerzo al operador y evitando también la doble influencia durante la aplicación de los golpes. Sin embargo, se ha encontrado que, en general, las muestras compactadas manualmente presentan densidades más altas que las muestras compactadas automáticamente. Para tener en cuenta la diferencia entre los resultados de la compactación manual y la automática, el método AASHTO requiere que, cuando se utilice la compactación automática, se calibre para que los resultados sean compatibles con los de la compactación manual (Kandhal & Koehler, 1985).

Miranda (2016) explica que, a través del método de diseño de mezclas de tipo denso en caliente, es posible establecer la cantidad óptima de asfalto necesaria para alcanzar la mayor estabilidad de la mezcla, cumpliendo con el requerimiento dado por la norma EG 2013, tales como densidad, porcentaje de vacíos de aire, vacíos en los agregados, vacíos llenos de asfalto, flujo, entre otros. Este proceso implica la combinación de diferentes tipos de agregados hasta obtener una curva granulométrica ideal que tenga una tendencia uniforme y paralela posible a las bandas especificadas en la norma.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo

Nuestra investigación es de tipo aplicada, debido a que se empleó la teoría de sus propiedades como la estabilidad, peso unitario, porcentaje de vacíos de aire, flujo, vacíos en el agregado mineral en función a la adición de ceniza de cascara de almendra.

##### Diseño

El diseño del proyecto de tesis es experimental, ya que se busca la modificación y mejora de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de ceniza de cascara de almendra.

**Tabla 1. Diseños**

---

**O= observación; D= Diseño; X= Resultado de la investigación.**

---

<b>GE (1)</b>	<b>X1 (Diseño de briqueta patrón a una proporción de 4.5% PEN) O1(1d)</b>
<b>GE (2)</b>	<b>X2 (Diseño de briquetas patrón a una proporción de 5.0% PEN) O1(1d)</b>
<b>GE (3)</b>	<b>X2 (Diseño de briquetas patrón una a proporción de 5.5% PEN) O1(1d)</b>
<b>GE (4)</b>	<b>X2 (Diseño de briquetas patrón a una proporción de 6.0% PEN) O1(1d)</b>
<b>GE (5)</b>	<b>X2 (Diseño de briquetas patrón a una proporción de 6.5% PEN) O1(1d)</b>

---

**Dónde. GE. Grupo experimental**

---

**X1. Diseño de briqueta adicionando una proporción de 0.5, 1.5 y 2.5 % de ceniza de cáscara de almendra.**

---

**X2. Diseño de briquetas tradicionales con 1220kg/cm<sup>2</sup>**

---

**O1: Medición del óptimo con la curva de los resultados**

---



### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable independiente: Implementación ceniza de cáscara de almendra en el pavimento

Para Carreño (2018), las cenizas y polvo de carbón fueron objeto de varias investigaciones, se ha convertido en una alternativa de producto para modificar los pavimentos asfálticos en caliente, tibios y en frío.

Variable dependiente: Mezcla asfáltica

Para Villalobos (2014), las características de las mezclas asfálticas están influenciadas por la frecuencia de carga esto afecta cuando se pone en funcionamiento el pavimento

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

#### **Población**

Hernández, (2014) dijo: “La población a analizar debe generalizar el resultado final obtenido. La población es un conjunto de todos los entes que conforman el tema de investigación. (p.174). En el presente proyecto la población es la mezcla asfáltica.

#### **Muestra**

Hernández (2014) afirma: “Una muestra es un conjunto obtenido de una población. Se dice que es un subgrupo de un componente, el cual está asociado a un grupo establecido por parámetros, denominado población. (p.175)

En el presente estudio se consideramos como la muestra la cantidad de especímenes moldeadas para realizar los ensayos (52 Uds.).

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

Técnicas: los autores Navarro et al. (2017), manifiesta que es preciso las evaluaciones y mediciones de los instrumentos tomados, en nuestro caso la técnica se realiza a través de la observación, de los resultados encontrados en los ensayos y toma de datos en registros.

Instrumentos: se utilizaron fichas de observación, fichas técnicas y formatos de laboratorio. Estas herramientas están validadas porque están tomadas de normas técnicas peruanas y formatos de costos

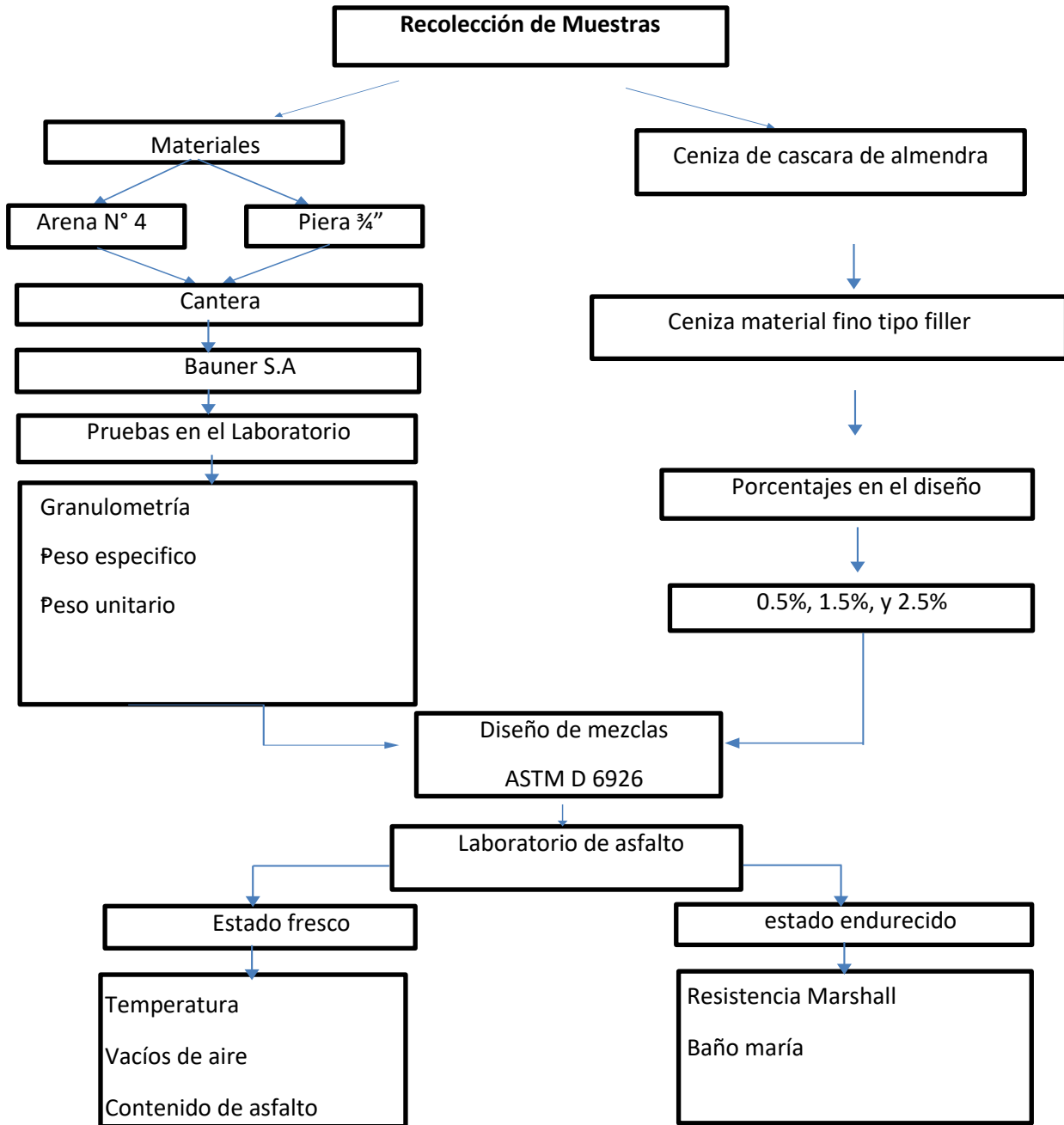
### **3.5. Procedimientos**

La recolección de datos se realiza a través de fichas de observación, en las cuales se registran los resultados obtenidos para cada medición, para luego recolectar y procesar la información a través de Excel.

Estabilidad y flujo del pavimento: Se va a determinar en función de los resultados de estabilidad y fluidez de los pavimentos, de la misma forma como los convencionales y de la ceniza de cáscara de almendra añadida.

## Procedimiento

Descripción de los procesos realizados durante la realización de la investigación.



**Figura 1.** Procedimiento de todos los pasos a seguir para poder llevar a cabo de manera exitosa la presente investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se empleará un análisis explicativo, utilizando tablas y gráficos que nos permita brindar una representación de las variables, dimensiones e indicadores contenidas en la presente investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

esta investigación se realizó con un estricto cumplimiento de los aspectos éticos y de confidencialidad establecidos en el código de ética del investigador científico de la Universidad Cesar Vallejo, así como el uso de la normativa peruana que guiaron la calidad de los resultados, con respecto a toda referencia utilizada dentro de la presente investigación, se ha utilizado estrictamente el estándar normativo internacional APA séptima edición para prevenir el plagio citando adecuadamente, y como resultado de ello se ha obtenido un porcentaje aceptable de similitud de acuerdo al reporte que nos genera el turnitin.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de los agregados fino y grueso para el diseño de una mezcla asfáltica con adición de ceniza de cascara de almendra

Para conocer las características físicas de los agregados fino y grueso se efectuaron los siguientes ensayos procedentes de la cantera Bauner s.a. los ensayos de calidad de los materiales agregados grueso y fino se realizaron los ensayos según la norma ASTM, MTC Y NTP.

#### 4.1.1. Agregado fino

Para el ejecutar los ensayos se extrajeron las muestras de la cantera Bauner s.a. ubicada en centro poblado el milagro – Trujillo, el ensayo granulométrico de la arena se realizó según la norma MTC E 204, los equivalentes en ASTM C:136 Y NTP 400.012 los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Resultados de ensayos del agregado fino

Ensayos	Norma	Altitud (m.s.n.m.) < 3.000	Result.
Equivalente de arena	MTC E 114	(+60)	78.2%
Angularidad del agregado	MTC E 222	(+30)	42.3
Azul de metileno (máx.)	AASHTO TP 57	(8)	3.20
Plasticidad (malla n°40)	MTC E 111	(NP)	(NP)
Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	(18 máx.)	2.23%
Índice de durabilidad (min.)	MTC E 214	(35%)	86.4%
Plasticidad (malla n°200) (máx.)	MTC E 111	(4% max.)	(NP)
Sales solubles totales (máx.)	MTC E 219	(0.5%)	0.09%
Absorción (máx.)	MTC E 205	(1.5%)	1.120

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** los resultados obtenidos en el ensayo granulométrico están dentro del parámetro establecido en la norma; por consiguiente, el agregado cumple para el realizar la mezcla asfáltica. la curva granulométrica de la mezcla de agregados, con un % de 61.2% que pasa el tamiz N°4 y de 6.6% que pasa el tamiz N°200.

#### 4.1.2. Agregado grueso

Para realizar los ensayos se extrajeron las muestras de la cantera Bauner s.a. ubicada en centro poblado el milagro – Trujillo, el ensayo granulométrico de la piedra se realizó según la norma MTC E 204, los equivalentes en ASTM C:136 Y NTP 400.012

**Tabla 3.** Resultados de los ensayos de piedra chancada

Ensayos	Norma	Altitud (m.s.n.m.) < 3.000	Result.
Durabilidad al sulfato de magnesio (máx.)	MTC E 209	(18%)	3.23%
Abrasión (máx.)	MTC E 207	(40%)	27.30%
Adherencia	MTC E 517	(95)	99
Índice de Durabilidad (min.)	MTC E 214	(35%)	84.21%
Partículas chatas y alargadas (máx.)	ASTM 4791	(10%)	8.90
Caras fracturadas - 2 (máx.)	MTC E 210	85/50	97/79
Sales Solubles Totales (máx.)	MTC E 219	(0.5%)	0.042%
Absorción (máx.)	MTC E 206	(1.5%)	1.23

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** los resultados obtenidos en el ensayo granulométrico de la piedra están dentro del parámetro establecido en la norma se tiene el ensayo de peso unitario suelto el cual tiene un resultado de 1.402 tn/m<sup>3</sup>. toneladas por metro cubico, por consiguiente, el agregado grueso cumple para el

realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente, así como también los demás resultados descritos en la tabla.

#### 4.2. Datos técnicos de la almendra

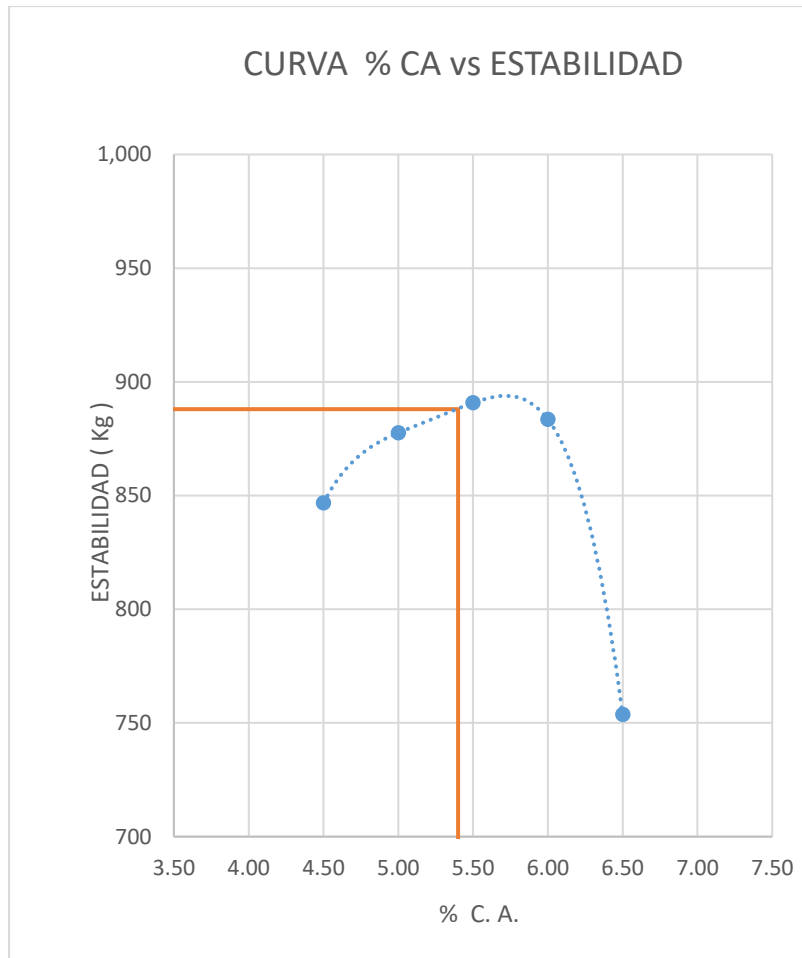
Componentes de la almendra Todo material orgánico tiene componente como celulosa, ligninas, correspondientes a los polímeros naturales, también son materiales biológicos más abundantes en todo el mundo. Investigaciones de la misma mencionan las características que posee la nuez, como densidad aparente de 650 kg/m<sup>3</sup>, 2.5 Mohs, y 1.25kg/l de peso específico Parodi, D, 2018, p.4. La cascara de almendra es un residuo de la industria agraria que podemos aprovechar para fabricar materia prima. Para pavimentos modificados usado como un filler mineral. (Coloquio 2017 p.34).

**Tabla 4.** Componentes de cascara de almendra

<b>Lignina (%)</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Ceniza (%)</b>	<b>Hemicelulosa (%)</b>
18.6	60.2	1.3	1.1	13.2

#### 4.3. Diseño de mezcla asfáltica

Este trabajo consiste en elaborar briquetas de 1200 gramos me material por muestra, agregado grueso, fino y porcentajes de cemento asfaltico. El material se ha colocado en los moldes metálicos que ya están normados con diámetro de 4" (101.6 mm) compactado con 75 golpes por ambos lados. Las briquetas se dejan enfriar para desmoldarlas y dejarlas en reposo por de 24 horas. las briquetas son colocadas en baño maría por un tiempo de 30 minutos a una temperatura constante de 60° C. Para someter a ensayo de resistencia y determinar la falla.

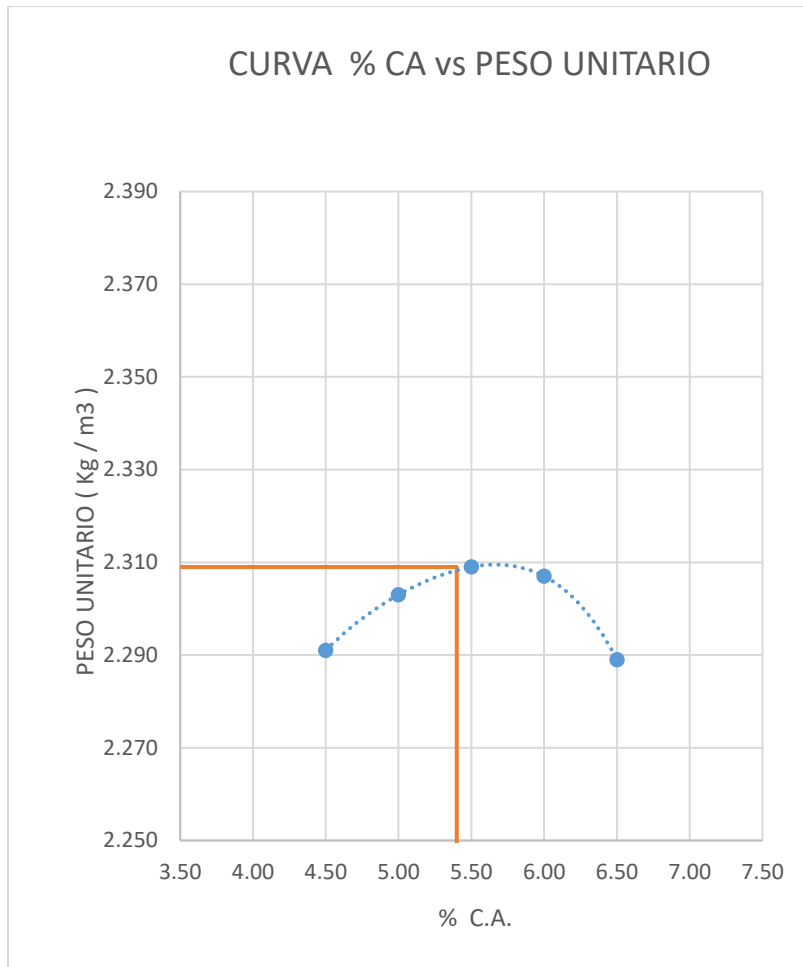


**Figura 02.** Estabilidad vs porcentaje óptimo de asfalto

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** la estabilidad promedio para los porcentajes de asfalto es; para el 4.5 % de ligante asfáltico 847 kg; para el 5.0 % de ligante asfáltico 878 kg; para el 5.5 % de ligante asfáltico 891 kg; para el 6.0 % de ligante asfáltico 884 kg; para el 6.5 % de ligante asfáltico 754 kg. Se puede observar en la figura al incrementar el porcentaje de asfalto hasta 5.5 % la estabilidad sube la resistencia, pero ya cuando supera el 6.6% la estabilidad baja supera el contenido óptimo de cemento asfáltico.

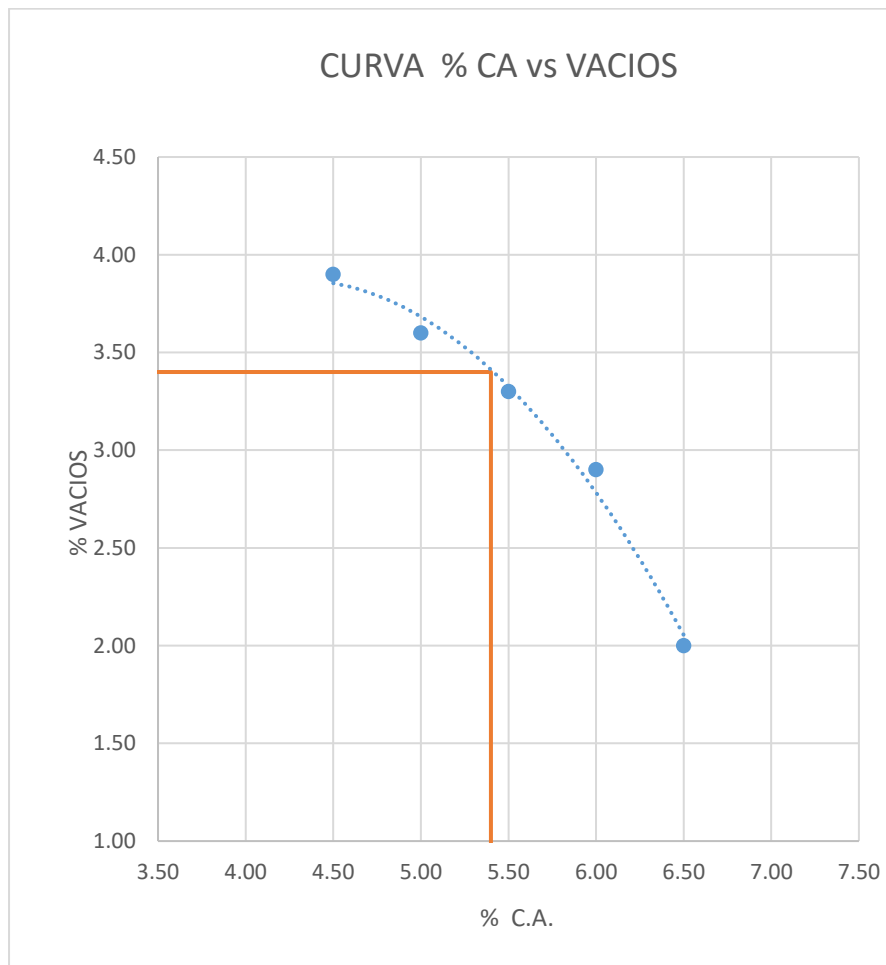




**Figura 03.** *Peso unitario vs porcentaje óptimo de asfalto*

**Fuente.** *Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.*

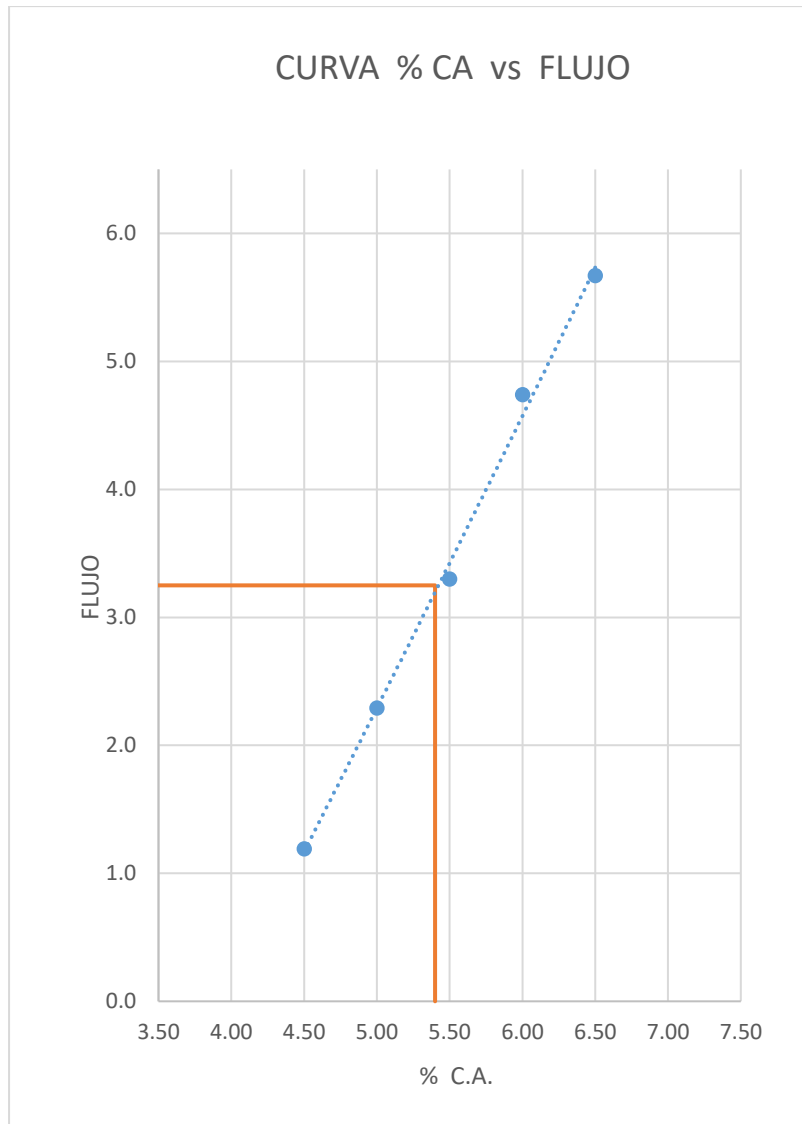
**Interpretación:** el peso unitario promedio para los porcentajes de asfalto es; para el 4.5 % de ligante asfáltico 2.291 gr/cm<sup>3</sup>; para el 5.0 % de ligante asfáltico 2.303 gr/cm<sup>3</sup>; para el 5.5 % de ligante asfáltico 2.309 gr/cm<sup>3</sup>; para el 6.0 % de ligante asfáltico 2.307 gr/cm<sup>3</sup>; para el 6.5 % de ligante asfáltico 2.289 gr/cm<sup>3</sup>. Se puede observar en la figura que al aumentar el porcentaje de pen asfáltico hasta 5.5 % el peso unitario sube 2.310 pero ya cuando supera el 6.6% el peso unitario disminuye.



**Figura 04.** Porcentaje de vacíos vs porcentaje óptimo de asfalto

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

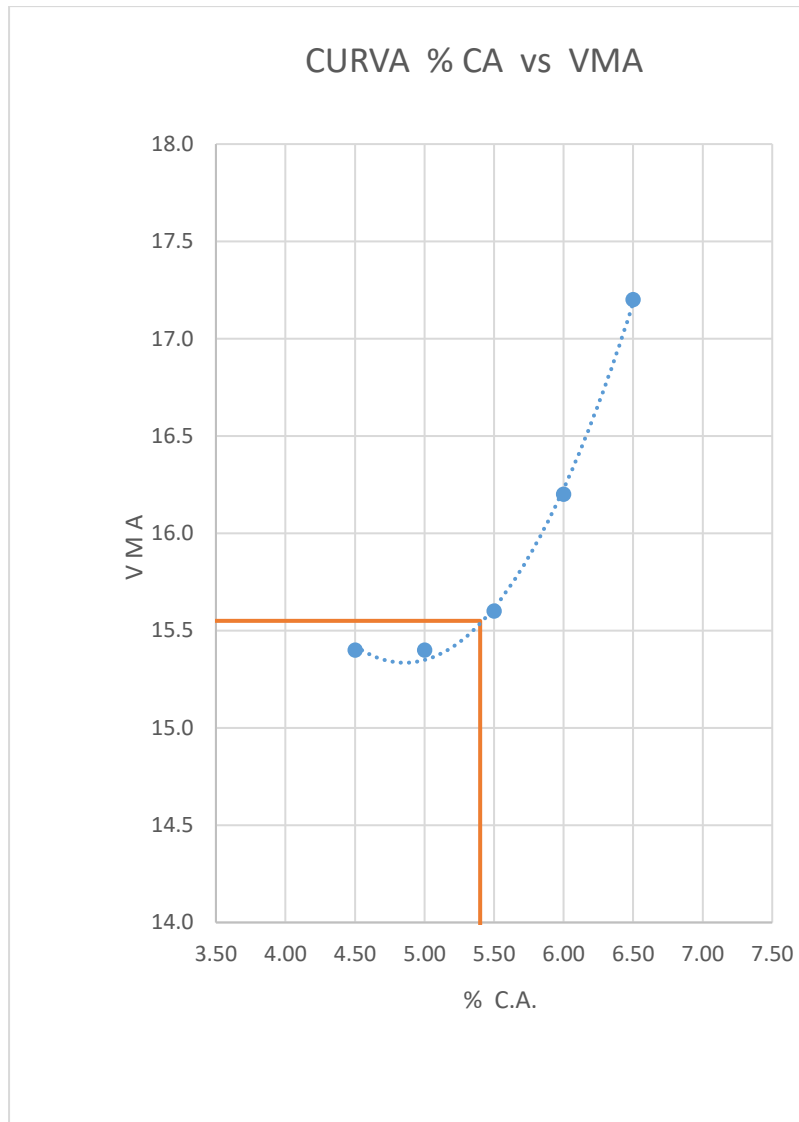
**Interpretación:** el porcentaje de vacíos promedio de resultados de Marshall es; para el 4.5 % de ligante asfáltico 3.9 %; para el 5.0 % de ligante asfáltico 3.6 %; para el 5.5 % de ligante asfáltico 3.3 %; para el 6.0 % de ligante asfáltico 2.9 %; para el 6.5 % de ligante asfáltico 2.0 %. se puede observar en la figura que al aumentar el porcentaje de pen 60/70 los porcentajes de vacíos descienden la mezcla asfáltica se cierra. baja.



**Figura 05.** Flujo vs porcentaje óptimo de asfalto

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** el resultado del flujo promedio de briquetas ensayadas en la prensa Marshall es; para el 4.5 % de ligante asfáltico 1.2 mm.; para el 5.0 % de ligante asfáltico 2.3 mm.; para el 5.5 % de ligante asfáltico 3.3 mm; para el 6.0 % de ligante asfáltico 4.7 mm.; para el 6.5 % de ligante asfáltico 5.7 mm. Se puede observar en la figura que al aumentar el porcentaje de ligante asfáltico el flujo aumenta los resultados obtenidos.



**Figura 06.** Vacíos del Agregado mineral vs porcentaje óptimo de asfalto

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** el porcentaje de vacíos en agregado mineral promedio de resultados de Marshall es; para el 4.5 % de ligante asfáltico 15.4 %; para el 5.0 % de ligante asfáltico 15.5 %; para el 5.5 % de ligante asfáltico 15.6 %; para el 6.0 % de ligante asfáltico 16.2 %; para el 6.5 % de ligante asfáltico 17.2 %. Se puede observar en la figura que al aumentar el porcentaje de asfalto los vacíos de agregado mineral están en forma ascendente con relación al aumentó de asfalto a la mezcla.

**Tabla 5.** Resultados de mezcla asfáltica en caliente patrón

Asfalto 60-70 (%)	Estabilidad Kg.	Peso Unitario gr/cm <sup>3</sup>	Vacíos de aire (%)	V.M.A. (%)	Flujo mm.
4.5	847	2.291	3.9	15.4	1.2
5.0	878	2.303	3.6	15.5	2.3
5.5	891	2.309	3.3	15.6	3.3
6.0	884	2.307	2.9	16.2	4.7
6.5	754	2.289	2.0	17.2	5.7

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

**Interpretación:** se puede observar en la tabla los valores que se obtuvo con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico para poder realizar los gráficos correspondientes y así llegar a determinar el óptimo contenido de asfalto de penetración 60/70 para zonas menores a 3000 msnm.

#### 4.4. Diseño de mezcla asfáltica con adición de ceniza de cascara de almendra

Este trabajo consiste en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente 1200 gramos de material por muestra, agregado grueso, fino, ceniza de cascara de almendra y porcentajes de cemento asfáltico. El material se ha colocado en los moldes metálicos que ya están normados con diámetro de 4" (101.6 mm) compactado con 75 golpes por ambos lados. Las briquetas se dejan enfriar para desmoldarlas y dejarlas en reposo por de 24 horas. las briquetas son colocadas en baño maría por un tiempo de 30 minutos a una temperatura constante de 60° C. Para someter a ensayo de resistencia y determinar la falla.

**Tabla 6.** Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 0.5% de ceniza de cascara de almendra.

Asfalto 60/70 (%)	Estabilidad Kg.	<b>Peso</b> <b>Unitario</b> gr/cm <sup>3</sup>	Vacíos de aire (%)	V.M.A. (%)	Flujo mm
5.4	916	2.312	3.28	13.9	2.8

**Fuente.** *Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.*

**Interpretación:** se observa en la tabla los resultados de ensayo Marshall con la adición de 0.5% de ceniza de cascara de almendra: para 5.4 % de cemento asfáltico estabilidad 916 kg; peso unitario 2.312 gr/cm<sup>3</sup>; vacíos de aire 3.28%; vacíos en agregado mineral 13.9 %; flujo 2.8 mm. Se puede observar en la tabla un incremento leve en la estabilidad y peso unitario, y una disminución en los vacíos, analizamos que tenemos una mezcla asfáltica levemente cerrada en comparación a mezcla patrón.

**Tabla 7.** *Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 1.5% de ceniza de cascara de almendra.*

Asfalto 60/70 (%)	Estabilidad Kg.	<b>Peso</b> <b>Unitario</b> gr/cm <sup>3</sup>	Vacíos de aire (%)	V.M.A. (%)	Flujo mm.
5.4	1053	2.315	3.23	13.6	3.04

**Fuente.** *Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.*

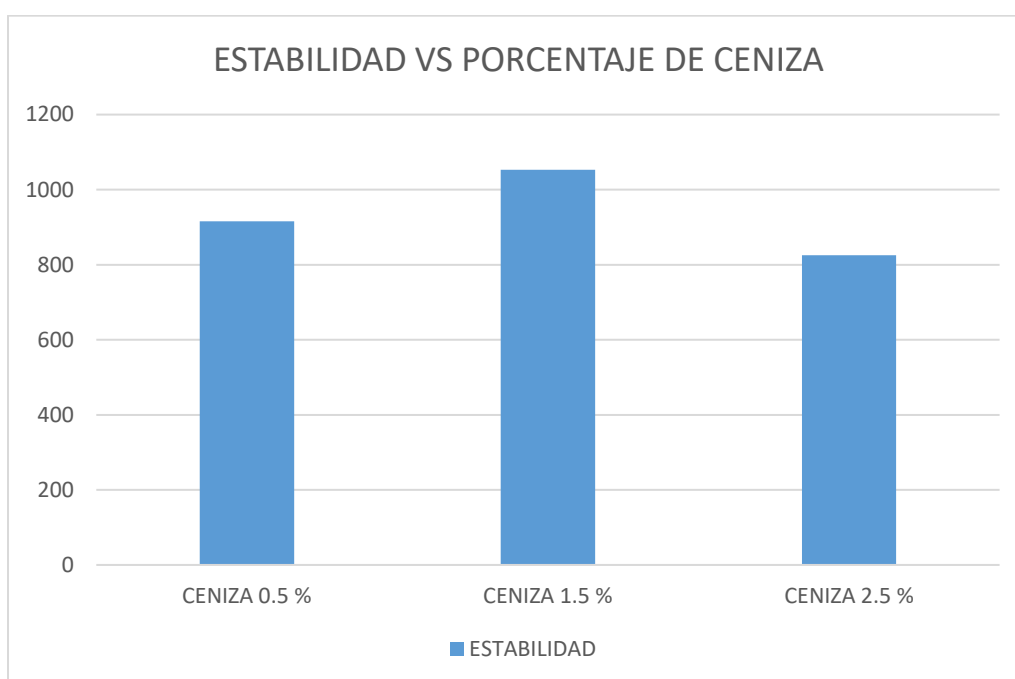
**Interpretación:** se observa en la tabla los resultados de ensayo Marshall con la adición de 1.5% de ceniza de cascara de almendra: para 5.4 % de cemento asfáltico estabilidad 1053 kg; peso unitario 2.315 gr/cm<sup>3</sup>; vacíos de aire 3.23%; vacíos en agregado mineral 13.6 %; flujo 3.04 mm. Se puede observar en la tabla un incremento sustancial en la estabilidad y peso unitario, y buen resultado en los vacíos de aire, lo cual nos indica que sería nuestro porcentaje óptimo en la de adición de ceniza de cascara de almendra para un asfalto modificado comparado con mezcla patrón.

**Tabla 8.** *Resultados de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente patrón + 2.5% de ceniza de cascara de almendra.*

Asfalto 60/70 (%)	Estabilidad Kg.	<b>Peso</b> <b>Unitario</b> gr/cm <sup>3</sup>	Vacíos de aire (%)	V.M.A. (%)	Flujo mm.
5.4	825	2.316	2.87	13.4	3.31

**Fuente.** *Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.*

**Interpretación:** se observa en la tabla los resultados de ensayo Marshall con la adición de 0.5% de ceniza de cascara de almendra: para 5.4 % de cemento asfáltico estabilidad 825 kg; peso unitario 2.316 gr/cm<sup>3</sup>; vacíos de aire 2.87%; vacíos en agregado mineral 13.4 %; flujo 3.31 mm. Se puede observar en la tabla una disminución de la estabilidad y los vacíos de aire, analizamos que con el 2.5% de adición de ceniza de cascara de almendra no cumple los parámetros del ensayo Marshall en comparación a la mezcla patrón.



**Figura 07.** Comparativo con adición de ceniza en diferentes porcentajes 0.5%, 1.5% y 2.5%

**Fuente.** Elaboración a partir del informe de laboratorio INGEOCAL E.I.R.L.

Se muestra en la figura que la estabilidad aumenta considerablemente con la adición de 0.5 y 1.5 % pero decae con la incorporación de 2.5% de ceniza de cascara de almendra, por consiguiente, nuestro porcentaje óptimo de adición es el 1.5 % de ceniza de cascara de almendra.

## V. DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta la discusión en relación con los antecedentes planteados previamente en la presente investigación, y se identificó como una limitación la obtención de ceniza de cascara de almendra, puesto que no se encuentran muchos lugares donde poder adquirir, por lo que se tuvo que recolectar y procesar en el laboratorio, se evaluó y se explica los resultados para encontrar similitudes o contradicciones comparados con las investigaciones previamente citadas.

En la tesis titulada Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023. los resultados obtenidos son favorables con respecto a la muestra patrón. Observamos que la adición de 1.5 de ceniza de cascara de almendra mejora las propiedades mecánicas como son: el flujo, la estabilidad, peso unitario y vacíos los cuales fueron diseñados con las especificaciones de manual de carreteras EG-2013

Los resultados obtenidos de la caracterización de los agregados control granulométrico, pesos específicos, pesos unitarios, contenido de humedad, equivalente de arena y porcentaje de absorción, fueron extraídos de la cantera Bauner - El Milagro -Trujillo se encuentra entre los valores permisibles por la normativa peruana de Pavimentos Urbanos CE.0.10, se concluye que los agregados cumplen para diseñar mezcla asfáltica en caliente adicionando ceniza de cascara de almendra.

Para Olarte y Soler (2018) fue examinar cómo la inclusión de caucho reciclado afecta el ahuellamiento en una mezcla asfáltica de tipo MD-12. Para ello, emplearon la metodología Marshall y crearon una mezcla asfáltica convencional de tipo MD-12, junto con tres mezclas adicionales que contenían distintas cantidades de GCR (0.5%, 1.5% y 2.5%). Los diseños iniciales y la comprobación de cada mezcla se realizaron conforme a las especificaciones generales de construcción del Instituto de Desarrollo Urbano IDU 2011, y se evaluaron distintos parámetros volumétricos, de estabilidad, flujo, adherencia e índice de película asfáltica. Los hallazgos indicaron que el porcentaje de asfalto óptimo para la mezcla asfáltica MD-12 convencional fue del 5.2%.



de la presente investigación, se encontró que el método Marshall indicó un % óptimo para el pavimento de 5.4%, variando así en un 0.2% con lo obtenido según la investigación por lo que existe una similitud y valida el estudio realizado, además que los valores obtenidos cumplen con los límites de los valores establecidos en la EG-2013 para un tránsito tipo A conservadoramente, estos datos se deben inicialmente en que las características de los agregados usados presentan características diferentes, pero en ese sentido se ha cumplido con lo considerado en la norma EG-2013.

Para (Sunarjono et al., 2023) El uso de rellenos en asfalto las mezclas pueden aumentar potencialmente la durabilidad y su capacidad para resistir el agua. Esta investigación se realizó para analizar cómo los rellenos mejoran la durabilidad de la mezcla. Esta investigación utiliza cáscara de arroz ceniza (RHA) y cemento Portland (PC) como rellenos en la mezcla de asfalto capa de rodadura de hormigón. El proceso de mezcla se llevó a cabo por el calor mezcla método, con el óptimo asfalto siendo el contenido del 5,5% y siendo el contenido de relleno óptimo del 4%. Los parámetros analizados fueron: tamaño del tamiz, porosidad, textura, penetración, mezcla de agregados y orden de mezcla. Basado en el tamiz de relleno más pequeño (#400), tiene el potencial para un mayor nivel de durabilidad, mientras que, para la fuerza, el #200 tiene una mayor potencia. El valor de porosidad RHA #400 es 1,6 veces mayor que el #200 y 5,53 veces mayor en PC. Asfalto con un tamaño de relleno más pequeño tiene un mejor nivel de homogeneidad, como se ve en la menor desviación estándar de penetración. Los resultados de la mezcla de agregados muestran que la adición de relleno provoca gradaciones de agregados que no cumplen con las especificaciones requeridas por Bina Marga. El relleno se debe utilizar preferiblemente como sustituto del agregado en el análisis de tamiz. Basado en el valor IRMS (Índice de Estabilidad Marshall Retenida), se puede concluir que el proceso de mezcla en seco da menos valor que la mezcla en húmedo. Esto demuestra que las mezclas húmedas duran más que las mezclas secas.

En nuestra investigación, se encontró que los resultados incrementaron la estabilidad para un porcentaje de 1.5% de adición de ceniza de cascara de almendra y 5.4% de cemento asfáltico, al ser modificado la mezcla asfáltica en

caliente se produjo cambios en las propiedades obtenidas con el método de Marshall, como el Peso unitario, VMA, Flujo, Estabilidad, % de Vacíos, tales cambios fueron analizados con detenimiento legando a un valor en la estabilidad de 1053 kg. Por lo que existe una similitud.

## **VI. CONCLUSIONES**

En nuestra investigación desarrollada llegó a la conclusión que la adición de ceniza de cascara de almendra mejora sustancialmente la mezcla asfáltica, en la estabilidad y trabajabilidad además incrementa la durabilidad a la deformación por las cargas del tránsito pesado previene el prematuro envejecimiento aminora la producción de fisuración y piel de cocodrilo en comparación con la mezcla convencional y así garantiza la transpirabilidad de la vía en funcionamiento y los estándares de calidad por consiguiente, optimiza las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, los resultados del diseño nos indica que el porcentaje optimo es el 1.5% de ceniza de cascara de almendra.

La cantera Bauner - El Milagro -Trujillo presenta agregados que según su granulometría cumplen con lo indicado en la CE 0.10 para pavimentos urbanos, al presentar su curva granulométrica por debajo de los valores máximos y por encima de los valores mínimos.

Concluimos que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico o asfalto es de 5.4% para la muestra control, propio de la cantera inalterada, sin embargo, estos valores pueden ser mejorados incluso si se adiciona ceniza de cascara de almendra a la mezcla asfáltica en caliente.

Debido a la presente investigación se concluyó que el porcentaje óptimo de ceniza de cascara de almendra es de 1.5%. Para dichas adiciones se concluyó que las propiedades mecánicas como el flujo y el Peso específico varia de manera ascendente conforme aumenta el porcentaje de ceniza de almendra hasta 1.5% para luego caer en la curva, se concluyó gracias al análisis de los resultados que la propiedad de estabilidad presenta un incremento ascendente hasta llegar al 1.5% de ceniza de cascara de almendra añadido para posteriormente ir disminuyendo sus valores.

Para las mezclas asfálticas modificadas con ceniza de cascara de almendra y con cemento asfáltico de penetración 60/70, nuestro contenido óptimo de adición de ceniza de almendra es 1.5%, los resultados son favorables incrementa la resistencia a la estabilidad en el ensayo Marshall.

En la mezcla patrón con incorporación o adición de 1.5% de ceniza de cascara de almendra se observa una reducción de porcentaje de vacíos y un aumento en peso unitario, en comparación con la mezcla asfáltica convencional deducimos que se produce una mejora favorable en comportamiento y durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente previniendo el desgaste y el envejecimiento prematuro del pavimento flexible.

Como conclusión final nuestra presente investigación está contribuyendo desarrollo económico, empleo y emprendimiento mediante el diseño de mezclas asfálticas modificadas para incrementar la mejora en el transporte público y privado utilizando asfaltos modificados

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la ceniza de cascara de almendra en los diferentes proyectos de pavimentación flexible cabe mencionar que porcentaje optimo es para el proyecto estudiado se recomienda realizar un diseño al ser aplicado en otras ciudades.
- Se recomienda continuar con los ensayos y estudio de la ceniza de almendra con la finalidad de plantear como una solución a la mejora de la estabilidad de mezcla asfáltica en caliente.
- Se recomienda el uso de ceniza de cascara de almendra para pavimentos flexibles, mezcla asfáltica en caliente y así modificarlas y mejora la vida útil del pavimento o capa de rodadura.
- Se recomienda al gobierno incrementar el presupuesto para la investigación que busca modificar los asfaltos convencionales y mejorar sus propiedades físico-mecánicas
- Se recomienda utilizar Para las mezclas asfálticas modificadas con ceniza de cascara de almendra y con cemento asfaltico de penetración 60/70, nuestro contenido óptimo de adición de ceniza de almendra es 1.5%.
- Se recomienda utilizar En la mezcla asfáltica en caliente con incorporación o adición de 1.5% de ceniza de cascara de almendra para reducir el porcentaje de vacíos y un aumento en peso unitario.
- De la investigación realizada se recomienda a futuros tesisistas continuar con más investigaciones con respecto a la incorporación de ceniza de cascara de almendra.

## REFERENCIAS

- ABDY, C., Zhang, Y., Wang, J., Cheng, Y., Artamendi, I., & Allen, B. (2023). Investigation of high-density polyethylene pyrolyzed wax for asphalt binder modification: Mechanism, thermal properties, and ageing performance. *Journal of Cleaner Production*, 405, 136960. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136960>
- AL NAGEIM, H., Dulaimi, A., Al-Busaltan, S., Kadhim, M. A., Al-Khuzai, A., Seton, L., Croft, J., & Drake, J. (2023). The development of an eco-friendly cold mix asphalt using wastewater sludge ash. *Journal of Environmental Management*, 329. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117015>
- AL-GURAH, E. R., & Al-Humeidawi, B. H. (2023). Assessment of performance of hot mix asphalt contained various types of mineral fillers and newly polymer modified bitumen. *Materials Today: Proceedings*, 80, 3877-3886. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.406>
- ALHUNITY, R., Aljbour, S. H., & El Qada, E. N. (2023). Life Cycle Assessment of Asphalt Mix Containing Jordanian Oil Shale Ash. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(2), 79-86. Scopus. <https://doi.org/10.12912/27197050/156965>
- AMANI, S., Jahangiri, B., & Karimi, M. M. (2023). Performance characterization of asphalt mixtures under different aging levels: A fracture-based method. *Construction and Building Materials*, 383, 131126. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131126>
- APAZA Apaza, F. R., Vázquez, V. F., Paje, S. E., Saiz, L., Gulisano, F., & Gallego, J. (2023). The potential effect of crumb rubber on the maximum sound absorption performance of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 389. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131789>
- ARABANI, M., & Esmaeili, N. (2020). Laboratory evaluation on effect of groundnut shell ash on performance parameters of asphalt binder and mixes. *Road*

Materials and Pavement Design, 21(6), 1565-1587. Scopus.  
<https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1560356>

ARRIOLA Prieto, Víctor\_Evaluación de la influencia de la incorporación de la cascara de almendra triturada en las propiedades mecánicas y termoacústicas de una plancha de yeso cartón.pdf. (s. f.).  
[https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscil/2729/Arriola%20Prieto,%20V%C3%ADctor\\_Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20la%20cascara%20de%20almendra%20triturada%20en%20las%20propiedades%20mecánicas%20y%20termoacústicas%20de%20una%20plancha%20de%20yeso%20cart%C3%B3n.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscil/2729/Arriola%20Prieto,%20V%C3%ADctor_Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20la%20cascara%20de%20almendra%20triturada%20en%20las%20propiedades%20mecánicas%20y%20termoacústicas%20de%20una%20plancha%20de%20yeso%20cart%C3%B3n.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

ASGHAR, M. F., & Khattak, M. J. (2023). Fracture and fatigue characteristics of high performing novel hot mix asphalt composites. Construction and Building Materials, 383, 131217.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131217>

BABANGIDA Attahiru, Y., Mohamed, A., Eltwati, A., Burga, A. A., Ibrahim, A., & Nabade, A. M. (2023). Effect of waste cooking oil on warm mix asphalt block pavement – A comprehensive review. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 129, 103310. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103310>

BELAYALI, F., Maherzi, W., Benzerzour, M., & Abriak, N.-E. (2023). Influence of the physical and chemical characteristics of sediment fillers on the properties of mastic asphalt. Powder Technology, 421, 118393.  
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118393>

BI, Y. C., & JAKARNI, F. M. (2019). Evaluating properties of wood ash modified asphalt mixtures. 512(1). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012004>

CHEN, B., Dong, F., Yu, X., Zheng, C., Guo, Y., & Zu, Y. (2023). Research on evaluation method of asphalt mixture workability based on minimum mixing energy consumption. Construction and Building Materials, 389, 131760.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131760>

- CHEN, B., Yu, X., Dong, F., Zu, Y., & Huang, J. (2023). Influence of asphalt mixture workability on the distribution uniformity of asphalt, aggregate particles and asphalt film during mixing process. *Construction and Building Materials*, 377, 131128. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131128>
- CHU, H.-H., Almohana, A. I., QasMarrogy, G. A., Almojil, S. F., Alali, A. F., Almoalimi, K. T., & Raise, A. (2023). Experimental investigation of performance properties of asphalt binder and stone matrix asphalt mixture using waste material and warm mix additive. *Construction and Building Materials*, 368, 130397. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130397>
- CLARA, E., Barra, B. S., Teixeira, L. H., Mikowski, A., Hughes, G. B., & Nguyen, M.-L. (2023). Influence of polymeric molecular chain structure on the rheological-mechanical behavior of asphalt binders and porous asphalt mixes. *Construction and Building Materials*, 369, 130575. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130575>
- DE LIMA NETO, R. A., Manoel, G. F., de Sá Araujo, M. de F. A., & Lins, V. de F. C. (2023). The effects of Kraft lignin on physical, rheological and anti-ageing properties of asphalt binders. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 125, 103414. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2023.103414>
- DULAIMI, A., Qaidi, S., Al-Busaltan, S., Milad, A., Sadique, M., Kadhim, M. A., Al-Khafaji, R., & Sabri Sabri, M. M. (2023). Application of paper sludge ash and incinerated sewage ash in emulsified asphalt cold mixtures. *Frontiers in Materials*, 9. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.1074738>
- ELEYEDATH, A., & Swamy, A. K. (2020). 3—Use of waste engine oil in materials containing asphaltic components. In F. Pacheco-Torgal, S. Amirkhanian, H. Wang, & E. Schlangen (Eds.), *Eco-Efficient Pavement Construction Materials* (pp. 33-50). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818981-8.00003-5>
- GAO, Y., Hao, Z., Zhang, X., Wang, D., Li, F., & Zhao, Z. (2023). Interaction, rheological and physicochemical properties of emulsified asphalt binders with direct coal liquefaction residue based geopolymers. *Construction and*



Building Materials, 384, 131444.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131444>

GOU, J., Wang, G., Al-Tamimi, H. M., Alkhalifah, T., Alturise, F., & Ali, H. E. (2023). Application of aluminum oxide nanoparticles in asphalt cement toward non-polluted green environment using linear regression. *Chemosphere*, 321, 137925.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137925>

HADDAD, M., & Khedaywi, T. (2023). INVESTIGATING THE EFFECT OF OLIVE HUSK ASH ON DYNAMIC CREEP OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES. *Journal of Engineering Science and Technology*, 18(2), 931-948. Scopus.

HAMID, A., Baaj, H., & El-Hakim, M. (2023). Temperature and Aging Effects on the Rheological Properties and Performance of Geopolymer-Modified Asphalt Binder and Mixtures. *Materials*, 16(3). Scopus.

<https://doi.org/10.3390/ma16031012>

HU, C., Zhao, Q., Li, P., Feng, C., & Zhu, Y. (2023). Study on electrical conductivity of hot mix asphalt with copper slag and carbon fiber. *Construction and Building Materials*, 395, 132366.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132366>

JEFFRY, S. N. A., Jaya, R. P., Abdul Hassan, N., Yaacob, H., & Satar, M. K. I. M. (2018). Mechanical performance of asphalt mixture containing nano-charcoal coconut shell ash. *Construction and Building Materials*, 173, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.024>

JI, X., Chen, B., Dong, X., Lu, H., Zhang, X., He, S., & Wu, T. (2023). Mechanical and environmental properties of geopolymer-stabilized domestic waste incineration slag in an asphalt pavement base. *Journal of Road Engineering*, 3(2), 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2023.04.001>

JING, C., Wang, N., Shi, W., Meng, X., & Guo, C. (2023). Experimental study on iron ore tailings sand and municipal solid waste incineration fly ash used in semi-rigid base of asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 393, 131981. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131981>

- KADHIM, Y. N., Hussain, W. A. M., & Abdulrasool, A. T. (2021). The effect of animal bone ash on the mechanical properties of asphalt concrete. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(10), 1741-1752. Scopus. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091757>
- KADHIM, Y. N., Hussain, W. A. M., Abdulrasool, A. T., & Ibrahim, I. K. (2023). The influence of using Barley Husk Ash as a filler on the mechanical properties of asphalt. 2743. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0131918>
- KAMDEM, R. F. P., Adedeji, J. A., & Mostafa, M. M. H. (2023). A Study on Indirect Tensile Strength for the Determination of Resilient Modulus of Warm Mix Asphalt. *Transportation Research Procedia*, 69, 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.236>
- KAR, S. S., Beniwal, N., & Bharath, G. (2023). Microstructure Analysis of Cold Bituminous Emulsion Mixture Using Different Filler Type. *Journal of Testing and Evaluation*, 51(4). Scopus. <https://doi.org/10.1520/JTE20220192>
- KARATI, S., & Roy, T. K. (2023). Effect of saw dust ash (SDA) and recycled asphalt pavement (RAP) in the bituminous concrete. 368. Scopus. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336802033>
- KHAN, D., Khan, R., Khan, M. T., Alam, M., & Hassan, T. (2023). Performance of hot-mix asphalt using polymer-modified bitumen and marble dust as a filler. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.12.002>
- KIFILE, D., Getu, N., Mesfin, A., Yifru, W., & Sewunet, A. (2023). Evaluation of Maize Cob Ash as Filler in Hot-Mix Asphalt Concrete Production. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 16(3), 592-605. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s42947-021-00150-x>
- KUMAR, A., Chhotu, A. K., Omar, P. J., & Ansari, G. A. (2019). Utilization of sugarcane bagasse ash with fly ash as alternative fillers in bituminous concrete. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 4275-4279. Scopus. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9139.088619>

- KUSHWAHA, P., & Chauhan, A. S. (2023). Pavement design and construction using warm mix asphalt: A bibliometric overview. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.040>
- LIEW, S. I. N., Ng, C. M., Jaya, R. P., Hasan, M., Masri, K. A., Jaafar, Z. F. M., Hassan, N. A., & Mashros, N. (2023). Influence of Sawdust Ash as Filler in Asphalt Mixture. 2688. *Scopus*. <https://doi.org/10.1063/5.0113677>
- LIU, J., Liu, F., Zheng, C., Fanijo, E. O., & Wang, L. (2022). Improving asphalt mix design considering international roughness index of asphalt pavement predicted using autoencoders and machine learning. *Construction and Building Materials*, 360, 129439. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129439>
- LIU, Q., Chen, S., He, X., Su, Y., Zeng, J., Zhu, Y., Pan, Y., Zhang, B., Xu, H., & Wu, Y. (2023). Surface modification of fly ash by waste engine oil under mechanical activation enhanced the sustainable service life of asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 404, 136785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136785>
- LU, W., Peng, X., Lv, S., Yang, Y., Wang, J., Wang, Z., & Xie, N. (2023). High-temperature properties and aging resistance of rock asphalt ash modified asphalt based on rutting index. *Construction and Building Materials*, 363, 129774. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129774>
- MAHPOUR, A., Alipour, S., Khodadadi, M., Khodaii, A., & Absi, J. (2023). Leaching and mechanical performance of rubberized warm mix asphalt modified through the chemical treatment of hazardous waste materials. *Construction and Building Materials*, 366, 130184. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130184>
- OSUOLALE, O. M., Arinkoola, A. O., & Olawuyi, O. A. (2023). Performance evaluation of bamboo leaf ash and steel slag powder as alternative filler in asphaltic mixes. *Journal of Engineering Research*, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100117>

- RAJ, A., Sivakumar, M., & Anjaneyulu, M. V. L. R. (2022). Investigation of Curing and Strength Characteristics of Cold-Mix Asphalt with Rice Husk Ash-Activated Fillers. *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements*, 148(4). Scopus. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000408>
- SINGH, P., Kumar, V., & Kumar Bhatia, U. (2023). An experimental investigation on the use of rice straw in an bituminous concrete. *Materials Today: Proceedings*, 74, 364-371. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.480>
- SORIANO, L., Font, A., Tashima, M. M., Monzó, J., Borrachero, M. V., & Payá, J. (2020). One-part blast furnace slag mortars activated with almond-shell biomass ash: A new 100% waste-based material. *Materials Letters*, 272, 127882. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.127882>
- SUDDEEPONG, A., Buritatum, A., Dasdawan, S., Horpibulsuk, S., Yaowarat, T., Hoy, M., & Arulrajah, A. (2023). Mechanical Performance of Porous Asphalt Concrete Incorporating Bottom Ash as Fine Aggregate. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(6). Scopus. <https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-15233>
- SUKKARI, A., Al-Khateeb, G., Zeiada, W., & Ezzat, H. (2022). Investigating the Physical and Rheological Properties of Date Seed Ash-Modified Asphalt Binders in the UAE. *2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2022*. Scopus. <https://doi.org/10.1109/ASET53988.2022.9735121>
- SUNARJONO, S., Hidayati, N., Aji, M. W. S., Cindikia, W. F., & Magfirona, A. (2023). The Improvement of Asphalt Mixture Durability Using Portland Cement Filler and Rice Husk Ash. *Civil Engineering and Architecture*, 11(2), 1091-1098. Scopus. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110240>
- TESSEMA, A. T., Wolelaw, N. M., & Alene, G. A. (2022). Experimental Evaluation of Coffee Husk Ash as a Filler in Hot Mix Asphalt Concrete Productions. *Advances in Civil Engineering*, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.1155/2022/6726700>

- TREVIZAN Pelissaro, D., Bruschi, G. J., Pavan Korf, E., & Dalla Rosa, F. (2023). Rice husk ash as an alternative soluble silica source for alkali-activated metakaolin systems applied to recycled asphalt pavement stabilization. *Transportation Geotechnics*, 39, 100940.  
<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.100940>
- WOSZUK, A., Bandura, L., & Franus, W. (2019). Fly ash as low cost and environmentally friendly filler and its effect on the properties of mix asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 235, 493-502.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.353>
- XUE, Y., Liu, C., Qu, J., Lv, S., Ju, Z., Ding, S., An, H., & Ren, K. (2023). Research on pavement performance of recycled asphalt mixture based on separation technology of asphalt and aggregate in RAP. *Construction and Building Materials*, 393, 132103.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132103>
- YARO, N. S. A., Sutanto, M. H., Habib, N. Z., Napiah, M., Usman, A., Jagaba, A. H., & Al-Sabaeei, A. M. (2023a). Modeling and optimization of asphalt content, waste palm oil clinker powder and waste rice straw ash for sustainable asphalt paving employing response surface methodology: A pilot study. *Cleaner Materials*, 8. Scopus.  
<https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100187>
- YARO, N. S. A., Sutanto, M. H., Habib, N. Z., Napiah, M., Usman, A., Jagaba, A. H., & Al-Sabaeei, A. M. (2023b). Modeling and optimization of asphalt content, waste palm oil clinker powder and waste rice straw ash for sustainable asphalt paving employing response surface methodology: A pilot study. *Cleaner Materials*, 8, 100187.  
<https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100187>
- YU, X., LI, D., LENG, Z., Yao, H., & Wang, S. (2023). Weathering characteristics of asphalt modified by hybrid of micro-nano tire rubber and SBS. *Construction and Building Materials*, 389, 131785.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131785>

- ZHANG, D., Muhammad Sani, B., Xu, P., Liu, K., & Gu, F. (2023). Preparation and characterization of binary eutectic phase change material laden with thermal conductivity enhancer for cooling steel slag asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 388, 131688. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131688>
- ZHANG, H., & Qiu, Y. (2023). Chemical inhibition of wax precipitation to improve cracking resistance of warm mix asphalts. *Construction and Building Materials*, 389, 131734. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131734>
- ZHANG, Y., Lu, W., Han, D., Guo, H., Peng, X., Zhu, W., Xie, N., Zuo, X., Zhang, H., Pan, Q., & Xie, M. (2023). Laboratory investigation of modified asphalt containing buton rock asphalt or ash from buton rock asphalt. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02124. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02124>
- ZHAO, C., Li, R., Kuang, D., Li, X., & Pei, J. (2023). Preparation of direct injection waste PE/rubber powder composite modified granules and performance for recycling asphalt. *Construction and Building Materials*, 367, 130124. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130124>
- ZHAO, W., & Yang, Q. (2023). Life cycle assessment and multi-index performance evaluation of semi-flexible pavement after composite modification by using fly ash, rubber particles, warm mixing asphalt and recycled asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 364. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129945>

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.**

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
CENIZA DE CASCARA DE ALMENDRA	El material reciclado puede ser usado en la construcción de vías y edificaciones como parte de los pavimentos y concretos. Peláez et al. (2017).	Aplicación de 3 dosificaciones (0.5%, 1.5% 2.5%) con adición de ceniza de cascara de almendra. determinar sus propiedades físicas-mecánicas	Propiedades físicas  dosificación	Peso específico  0.5% CR. 1.0% CR. 1.5% CR.	Fichas de recolección  Hojas de calculo	Razón
<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	Una propiedad mecánica no es otra cosa que la muestra de manera visual de los elementos solidos al aplicarle fuerzas extremas sobre ella. (Iglesias salas,2013)	Se diseñará mezcla asfáltica con el método Marshall, mezcla patrón y modificado	Propiedades físicas Propiedades mecánicas	Contenido de aire Marshall Granulometría Resistencia	ASTM D 2041 ASTM D 1559 ASTM D 422 AASHTO T 283	Razón



**Anexo 2. Certificados de ensayos de laboratorio (ensayos de los agregados).**

**INGEOCAL E.I.R.L.** INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.  
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y  
Asfalto, Análisis de Agua

**INFORME TÉCNICO**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA**

**SOLICITANTE**

Armas Palomino, Nando Moisés (ORCID: 0000-0002-3254-5334)  
Rojas Orbegoso, Jorge Jhonatan (ORCID: 0000-0002-4724-9909)

**Tesis: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla  
asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023**

**AGREGADO FINO y GRUESO**

**MAYO DEL 2023**

  
Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI  
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, franking\_267@hotmail.com

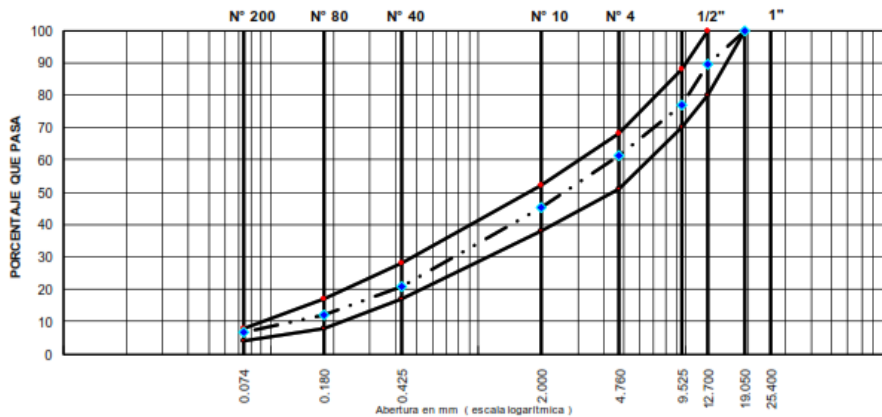
#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

<b>TESIS</b>	: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	<b>ING° RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MLAGRO - TRUJILLO	<b>TÉCNICO</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE AGREGADOS	<b>FECHA</b>	: May-23
<b>SOLICITATE</b>	: Armas Palomino, Nando Moisés (ORCID: 0000-0002-3254-5334) Rojas Orbegoso, Jorge Jhonatan (ORCID: 0000-0002-4724-9909)	<b>CERTIFICADO</b>	: F - 001

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						UBICACIÓN :
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						PESO INICIAL 40000.0 gr
1 1/2"	38.100						Peso de fracción 777.0 gr
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0	100	
1/2"	12.700	4243.0	10.6	10.6	89.4	80 - 100	
3/8"	9.525	4943.0	12.4	23.0	77.0	70 - 88	
1/4"	6.350	4224.0	10.6	33.5	66.5		
N°4	4.760	2128.0	5.3	38.8	61.2	51 - 68	
N° 10	2.000	201.8	15.9	54.7	45.3	38 - 52	
N° 40	0.425	312.4	24.6	79.3	20.7	17 - 28	
N° 80	0.180	108.1	8.5	87.8	12.2	8 - 17	
N° 200	0.074	70.8	5.6	93.4	6.6	4 - 8	
< 200	-	83.9	6.6	100.0			

#### REPRESENTACION GRAFICA



OBSERVACIONES:

*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
**Alexandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL AGREGADO FINO**



Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

**RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI**

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**EQUIVALENTE DE ARENA**

(NORMA AASHTO T-176)

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

TESIS	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023			ING. RESP.	A.B.G.
MATERIAL:	AGREGADO FINO			FECHA:	May-23
CANTERA:	BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO			CERT.	

		IDENTIFICACION			Promedio %
		1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm				
Hora de entrada a saturación		08:30:00 a. m.	08:32:00 a. m.	08:34:00 a. m.	
Hora de salida de saturación (mas 10")		08:40:00 a. m.	08:42:00 a. m.	08:44:00 a. m.	
Hora de entrada a decantación		08:42:00 a. m.	08:44:00 a. m.	08:46:00 a. m.	
Hora de salida de decantación (mas 20")		09:02:00 a. m.	09:04:00 a. m.	09:06:00 a. m.	
Altura máxima de material fino	mm	5.00	5.00	5.22	
Altura máxima de la arena	mm	3.90	4.00	4.00	
Equivalente de Arena	%	78.00	80.00	76.63	
					78.2
<i>Observaciones:</i>					

  
Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO**  
MTC E 222

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

Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

OBRA :  
CANTERA : BAUNER  
MATERIAL : AGREGADO FINO

ING. RESP. : A.B.G.  
TECNICO : C.Z.A.  
FECHA : May-23

(A) PESO MAT. + MOLDE	(B) PESO MOLDE	C. PESO MAT. (A-B)	(D) VOLUMEN MOLDE	EPESO VOLUMETRICO(C/D)	(F) GRAVEDAD ESPECIFICA	ANGULARIDAD (F-E)/F	OBSERVACIONES
9720	6603	3117	2127	1.465	2.53	42.1%	
9690	6603	3087	2127	1.451	2.53	42.6%	
9710	6603	3107	2127	1.461	2.53	42.3%	
						42.3%	

Observaciones:

--	--	--	--	--	--	--	--

  
Alejandro V. Begoza Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**TESIS** Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**CANTERA** BAUNER

**MATERIAL** ARENA PARA CONCRETO

**AZUL DE METILENO**

(AASHTO TP 57)

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

MUESTRA	ESPECIFICACIÓN AASHTO TP 57	RESULTADO
Arena	8	3.2 mg/g

**Observaciones:**

---



---



Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



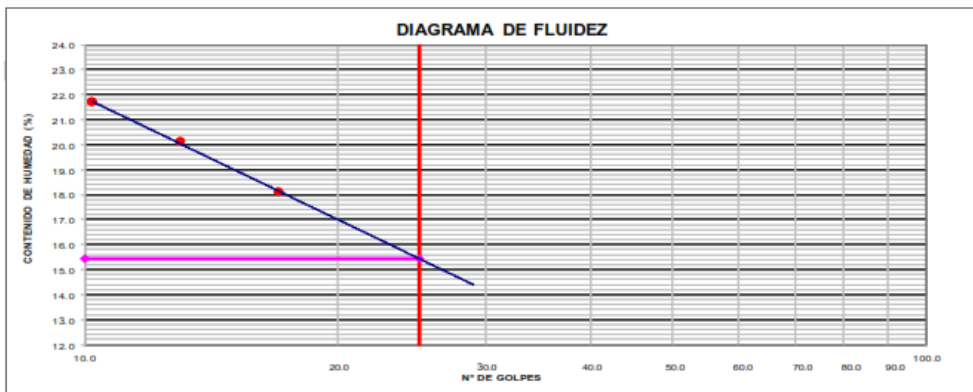
CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

LÍMITES DE ATTERBERG			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
TESIS :	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	TECNICO :	F.L.G.
MATERIAL:	AGREGADO FINO	ING. RESP. :	A.B.G.
CANTERA:	BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	FECHA :	May-23
	TAMIZ < N-40	CERTIFICADO :	

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	8	13	20	
TARRO + SUELO HÚMEDO	71.28	68.50	68.52	
TARRO + SUELO SECO	66.26	63.32	63.13	
AGUA	5.02	5.18	5.39	
PESO DEL TARRO	38.53	37.59	38.31	
PESO DEL SUELO SECO	27.73	25.73	24.82	
% DE HUMEDAD	18.10	20.13	21.72	
Nº DE GOLPES	17	13	10	

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

NP




CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	15.44
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES

  
 Alejandro V. Begazo Giraldo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO**

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

MUESTREADO	May-23				
CANTERA:	BAUNER			REALIZADO POR	C.Z.A.
PROGRESIVA:	EL MILAGRO - TRUJILLO			ESPECIALISTA	A.B.G.
MUESTRA	1				

**ANÁLISIS CUANTITATIVO**

**AGREGADO FINO**

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	Nº 04									
Nº 04	Nº 08	9.2	100.0	100.00		94.10	5.9	5.9	0.54	
Nº 08	Nº 16	10.1	100.0	100.00		96.30	3.7	3.7	0.37	
Nº 16	Nº 30	7.0	100.0	100.00		95.10	4.9	4.9	0.34	
Nº 30	Nº 50	8.0	100.0	100.00		95.55	4.5	4.45	0.36	
Nº 50	Nº 100	5.0	100.0	100.00		87.80	12.2	12.2	0.61	
< Nº 200										
<b>TOTALES</b>		39.3		500.00		468.85			2.23	

OBSERVACIONES:	Solución: Sulfato de Magnesio

  
**Alejandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com



Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO  
(ASTM D-2419) MTC E 214**

REALIZADO POR:	A.B.G.	MUESTRA:	M - 001
FECHA MUESTREO:	May-23	MATERIAL:	agregado fino
HORA MUESTRO:	10:00 a. m.	CANTERA:	BAUNER
FECHA ENSAYO:	May-23	UBICACION:	EL MLAGRO - TRUJILLO

**INDICE DE DURABILIDAD**

Nº de Ensayo	1	2	3	
Hora de entrada a saturación	10:20 AM	10:22 AM	10:24 AM	
Hora de salida de saturación (mas 10")	10:30 AM	10:32 AM	10:34 AM	
Hora de entrada a decantación	10:32 AM	10:34 AM	10:36 AM	
Hora de salida de decantación (mas 20")	10:52 AM	10:54 AM	10:56 AM	
Altura máxima de material fino	5.0	4.9	5.0	
Altura máxima de la arena	4.3	4.3	4.3	
Indice de durabilidad	86.0%	87.1%	86.0%	
Promedio	<b>86.4 %</b>			

Observaciones:

  
Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

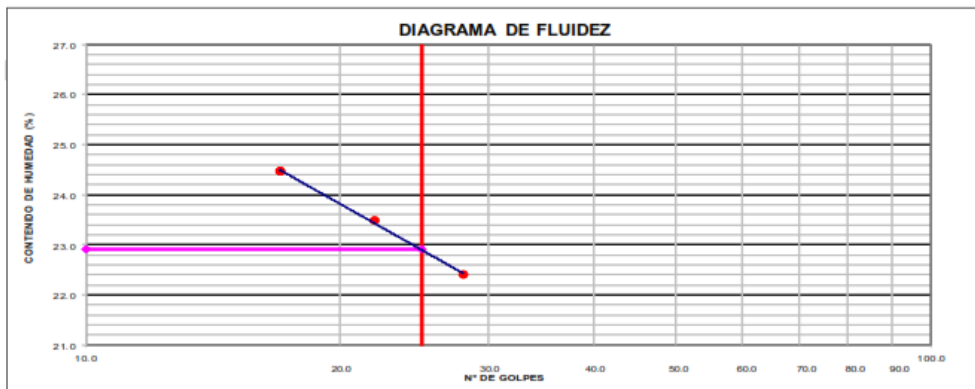


CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

LÍMITES DE ATTERBERG			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
TESIS :	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
MATERIAL:	AGREGADO FINO	ING. RESP. :	A.B.G.
CANTERA:	BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	FECHA :	May-23
	TAMIZ < N-200	CERTIFICADO :	

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	9	11	13	
TARRO + SUELO HÚMEDO	71.47	71.24	69.07	
TARRO + SUELO SECO	65.70	65.30	62.88	
AGUA	5.77	5.94	6.19	
PESO DEL TARRO	39.94	40.00	37.59	
PESO DEL SUELO SECO	25.76	25.30	25.29	
% DE HUMEDAD	22.40	23.48	24.48	
Nº DE GOLPES	28	22	17	

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO		NP		
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	22.90
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES

*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
ALEXANDRO V. BEGAZO GIRALDO  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**

MTC 219 - 2000

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla	:	:
	: asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	:	:
<b>CANTERA</b>	: BAUNER	:	:
<b>MATERIAL</b>	: Agregado Fino	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>MUESTRA</b>	: 1	<b>FECHA</b>	: May-23
<b>UBICACIÓN</b>	: CANTERA BAUNER - EL MILAGRO TRUJILLO	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.

**AGREGADO FINO**

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
<b>ENSAYO N°</b>					
(1) Peso muestra (gr)	500.00	500.00	500.00		
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen alicuota (ml)	50.00	50.00	50.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.03	0.05	0.05		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0.06	0.10	0.10		0.09%

<b>Observaciones :</b>					

  
Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

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

<b>MATERIAL</b>	: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	<b>CERTIFICADO</b>	:	
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>TECNICO</b>	:	F.L.G.
<b>UBICACIÓN</b>	: AGREGADO FINO	<b>ING. RESPONSA</b>	:	A.B.G.
		<b>FECHA</b>	:	Abr-23

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>CANTERA</b>	:		<b>PROGRESIVA</b>	
<b>MUESTRA</b>	:			
<b>Proporcion</b>	:			

**AGREGADO FINO**

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso Frasco + agua	677.9	677.8		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	977.85	977.80		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	860.6	860.5		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	117.27	117.30		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296.69	296.67		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	113.955	113.97		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.530	2.529		2.530
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.558	2.558		<b>2.558</b>
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.707	2.708		2.708
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.117	1.122		<b>1.120</b>
Observaciones :					

*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
 Alejandro V. Begazo Giraldo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO**

  
Alejandro V. Begoza Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO**

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

MUESTREADO	May-23						
CANTERA:	BAUNER			REALIZADO POR	C.Z.A.		
PROGRESIVA:	EL MILAGRO - TRUJILLO						
MUESTRA	1			ESPECIALISTA	A.B.G.		

**ANÁLISIS CUANTITATIVO**

AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		5000±300							
2"	1 1/2"	9.1	2000±200	2003.4		1930.2	73.2	3.7	0.33	
1 1/2"	1"	13.4	1000±50	1002.6		973.3	29.3	2.9	0.39	
1"	3/4"	12.5	500±30	505.9		480.2	25.7	5.1	0.64	
3/4"	1/2"	7.0	670±10	673.4		634.5	38.9	5.8	0.40	
1/2"	3/8"	8.0	330±5	332.5		286.9	45.6	13.7	1.10	
3/8"	Nº 4	9.7	300±5	301.9		290.3	11.6	3.8	0.37	
<b>TOTALES</b>									<b>3.23</b>	

OBSERVACIONES: Solución: SULFATO DE MAGNESIO

  
 Alejandro V. Begazo Giraldo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ABRASION**

MTC E 207 - ASTM C 131 - AASHTO T-96 Y ASTM C 535

**TESIS** : Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**MATERIAL** : PIEDRA CHANCADA 1/2"

**MUESTRA** : 1

**CANTERA** : BAUNER S.A.

**UBICACION** : EL MILAGRO TRUJILLO

**ING° RESP.** : A.B.G.

**TECNICO** : F.L.G.

**FECHA ENS.** : May-23

TAMICES		PESO	CALCULO	
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"		5004	gr. Peso antes de ensayo
1"	3/4"		3639	gr. Peso despues de ensayo
3/4"	1/2"	2501	1365	gr. Perdida (material)
1/2"	3/8"	2503		
<b>TOTAL</b>		<b>5004</b>		
			ABRASION =	27.3%

Observaciones:

*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
Alexandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO - BITUMEN**

(MTC E-519, AASHTO T-182-84)

<b>TESIS</b>	: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	<b>ING° RESP.</b>	: <b>A.B.G.</b>
<b>MATERIAL</b>	: PIEDRA CHANCADA 1/2"	<b>TECNICO</b>	: <b>C.Z.A.</b>
<b>CANTERA</b>	: BAUNER S.A.	<b>FECHA</b>	: <b>May-23</b>
<b>MUESTRA</b>	: 1		
<b>UBICACIÓN</b>	: EL MILAGRO - TRUJILLO		

MUESTRA	1	2	3
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	1/2"	1/2"	1/2"
	1	2	3
N° PARTICULAS COMPLETAMENTE RECUBIERTAS	247.8	257.1	247.8
N° TOTAL DE PARTICULAS	250	260	250
% PARTICULAS RECUBIERTAS	99.1	98.9	99.1
% ESPECIFICADO	> 95	> 95	> 95

Observaciones:


*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
**Alexandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com



Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023

**INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO  
(ASTM D-2419) MTC E 214**

REALIZADO POR:	A.B.G.	MUESTRA:	M - 001
HORAMUESTRO:	10:00 a. m.	MATERIAL:	agregado grueso
FECHA ENSAYO:	May-23	CANTERA:	BAUNER
		UBICACIÓN:	EL MILAGRO - TRUJILLO

**INDICE DE DURABILIDAD**

Nº de Ensayo	1	2	3	
Hora de entrada a saturación	3:30 PM	3:32 PM	3:34 PM	
Hora de salida de saturación (mas 10")	3:40 PM	3:42 PM	3:44 PM	
Hora de entrada a decantación	3:42 PM	3:44 PM	3:46 PM	
Hora de salida de decantación (mas 20")	4:02 PM	4:04 PM	4:06 PM	
Altura máxima de material grueso	3.1	3.0	3.0	
Altura máxima	2.6	2.5	2.6	
Índice de durabilidad	83.9%	82.1%	86.7%	
Promedio	<b>84.21 %</b>			

Observaciones:

  
**Alejandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
 (NORMA ASTM D-4791)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

TESIS :	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	CERTIFICADO	
MATERIAL:	PIEDRA CHANCADA 1/2"	TECNICO	C.Z.A.
CANTERA:	BAUNER S.A.	ING. RESP.	A.B.G.
UBICACION:	EL MILAGRO - TRUJILLO	FECHA	May-23

**A. - PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	( g )	( g )	((B/A)*100 )	( % )	C*D
3/4"	1/2"	1200.0	50.0	4.17	52.3	217.9
1/2"	3/8"	500.0	70.0	14.00	47.7	667.7
TOTAL		1700.0	120.0		100.0	885.7
% PARTICULAS CHATAS =		TOTAL E =		%		8.9
		TOTAL D				

  
 Alejandro V. Begazo Giraldo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS**

(NORMA ASTM D-5821)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>TESIS :</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	<b>CERTIFICADO</b>	
<b>MATERIAL:</b>	PIEDRA CHANCADA 1/2"	<b>TECNICO</b>	C.Z.A.
<b>CANTERA:</b>	BAUNER S.A.	<b>ING. RESP.</b>	A.B.G.
<b>UBICACION:</b>	EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	May-23

**A. - CON UNA CARA FRACTURADA**

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
3/4"	1/2"	1200	1145	95.42	52.3	4990.9
1/2"	3/8"	300	302	100.67	47.7	4801.1
TOTAL		1500	1447		100.0	9792.1

% CON UNA CARA FRACTURADA =  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \% \quad 97.92 \quad \%$

**B. - CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
3/4"	1/2"	1200	969	80.75	52.3	4223.7
1/2"	3/8"	300	231.95	77.32	47.7	3687.5
TOTAL		1500	1200.95		100.0	7911.3

% CON DOS CARAS FRACTURADAS =  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \% \quad 79.11 \quad \%$

OBSERVACIONES :



Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**

MTC 219 - 2000

<b>TESIS</b>	: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023	<b>ING. RESP.</b> : A.B.G. <b>FECHA</b> : May-23
<b>MATERIAL</b>	: PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	
<b>MUESTRA</b>	: 1	
<b>CANTERA</b>	: BAUNER S.A.	
<b>UBICACIÓN</b>	: EL MILAGRO - TRUJILLO	

**AGREGADO GRUESO**

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
<b>ENSAYO N°</b>					
(1) Peso muestra (gr)	100.00	100.00	100.00		
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen alicuota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.010	0.010	0.005		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3)x(1)/(4)x(2)))$	0.05	0.05	0.03		<b>0.042%</b>

**Observaciones :**


  
Alejandro V. Begazo Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

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

<b>TESIS</b>	: Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>MATERIAL</b>	: PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	<b>TECNICO</b>	: C.Z.A.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER S.A.	<b>ING. RESPONSABLE</b>	: A.B.G.
<b>UBICACIÓN</b>	: EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

**DATOS DE LA MUESTRA**


**AGREGADO GRUESO**

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1335.6	1414.99		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	818.4	866.6		
C	Vol. de masa + vol de vacíos	517.2	548.4		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1319.4	1397.78		
E	Vol. de masa (gr)	501.0	531.18		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca )	2.551	2.549		2.550
	Pe bulk ( Base saturada)	2.582	2.580		<b>2.581</b>
	Pe Aparente ( Base Seca )	2.701	2.699		2.700
	% de absorción	1.228	1.231		<b>1.230</b>

Observaciones:

  
Alejandro V. Begoza Giraldo  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 139180


RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**Anexo 3. Certificados de ensayos de laboratorio (ensayo Marshall diseño mezcla asfáltica optimo contenido de asfalto).**



**INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.**  
 Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua**

<b>TEMA:</b>	Implementación de la corteza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad. Larido, 2023	<b>HECHO POR:</b>	F.L.G.
<b>ELEMENTO:</b>	CARPETA ASFALTICA	<b>ING. RESP.:</b>	A.B.G.
<b>MATERIAL:</b>	MEZCLA PESADA DE ASFALTO	<b>FECHA:</b>	May-23
<b>CANTERA:</b>	BAUNER - EL SALGADO - TRUJILLO		

% C.A.	ESTABILIDAD
4.50	847
5.00	878
5.50	851
6.00	854
6.50	754

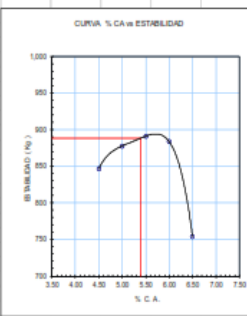
% C.A.	PESO UNIT.
4.50	2.291
5.00	2.303
5.50	2.309
6.00	2.307
6.50	2.289

% C.A.	VACIOS
4.50	3.90
5.00	3.60
5.50	3.30
6.00	2.90
6.50	2.00

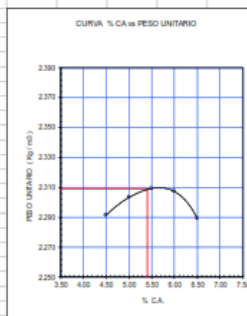
% C.A.	FLUJO
4.50	1.2
5.00	2.3
5.50	3.3
6.00	4.7
6.50	5.7

% C.A.	VMA
4.50	15.4
5.00	15.4
5.50	15.6
6.00	16.2
6.50	17.2

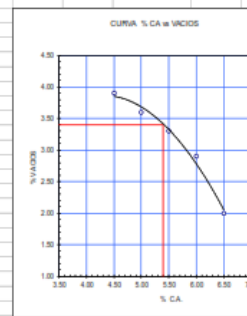
CURVA % CA vs ESTABILIDAD



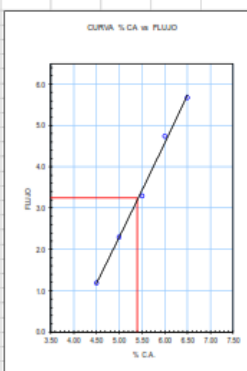
CURVA % CA vs PESO UNITARIO



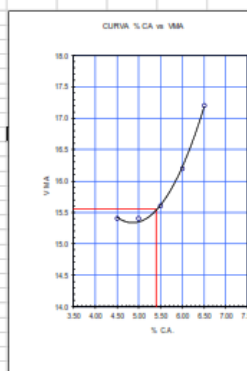
CURVA % CA vs VACIOS



CURVA % CA vs FLUJO




CURVA % CA vs VMA



DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
"PLANTA INDUSTRIAL CABANILLAS"

OPTIMO CONTENIDO DE C.A. (%)	5.40
ESTABILIDAD (Kg.)	888
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2.309
VACIOS DE AIRE, EN LAB. (%)	3.4
FLUJO (mm)	3.3
VMA (%)	15.55
ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm)	2732



**Alejandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

**RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI**  
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

☎ CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**

(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	%	34.59	34.59	34.59	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	%	57.53	57.53	57.53	
5	% de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C	%	1.88	1.88	1.88	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	2.625
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	2.619
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1204.4	1209.7	1208.9	
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr.	1205.9	1211.0	1209.7	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	679.2	680.1	686.0	
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c.	526.7	530.9	523.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc.	2.287	2.279	2.306	2.291
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.354	2.384	2.384	2.384
19	Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/11) + (4/11) + (5/11))	gr/cc.	2.396	2.396	2.396	
20	% de Vacios = 100* (16-17) / 16	%	4.1	4.4	3.2	3.9
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.545	2.545	2.545	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.710	2.710	2.710	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5)/((3/11)+(4/11)+(5/11))	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*16/((23-21)/(23*21))	%	125	125	125	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.45	84.15	85.25	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	1147	1143	1156	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.55	15.55	14.75	15.4
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.82	4.82	4.82	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	73.75	72.10	70.49	74.8
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1003	928	715	
33	Factor de Estabilidad (Tabla)		0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg	962	891	687	847
36	Fluencia	mm.	127	0.76	152	119
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm.	7576	11694	4506	7927

Observaciones :

*Alfonso B. G.*  
**Alfonso V. Begazzo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**

(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

N	1	2	3	Promedio
1	Numero de Probeta			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)/A	34.41	34.41	34.41
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)/B	57.22	57.22	57.22
5	% de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)/C	1.67	1.67	1.67
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	1013	1013	1013
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	2.550	2.550	2.550
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2.700	2.700	2.700
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	2.530	2.530	2.530
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	2.708	2.708	2.708
11	Peso Especifico Aparente del Filler	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta			
13	Peso de la Probeta en el Aire	1206.8	1207.5	1203.9
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	1207.4	1208.3	1205.0
15	Peso de la Probeta en el Agua	650.3	654.9	679.8
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	522.1	523.4	525.2
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	2.311	2.307	2.292
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	2.300	2.300	2.300
19	Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/2) + (4/1) + (5/1))	2.351	2.351	2.351
20	% de Vacios = 100* (16-17) / 16	3.2	3.4	4.0
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/6)+(4/1)+(5/1))	2.545	2.545	2.545
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5)/((3/6)+(4/1)+(5/1))	2.710	2.710	2.710
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/2) + (4/1) + (5/1))	2.626	2.626	2.626
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(23-21)/(23*21)	125	125	125
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	64.91	64.75	64.21
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	11.06	11.06	11.76
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	15.09	15.25	15.79
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	5.33	5.33	5.33
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	76.75	77.77	74.62
32	Estabilidad sin Corregir	857	925	925
33	Factor de Estabilidad (Tabla)	100	0.96	0.96
34	Estabilidad Corregida = 32*33	857	866	866
36	Fluencia	2.29	2.03	2.54
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	3744	4369	3495

Observaciones :

*Antonio B. G.*  
**Antonio V. Begazzo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com



**ENSAYO MARSHALL**

(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TEBIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

N	1	2	3	Promedio
1	Numero de Probeta			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	% 5.50	5.50	5.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)/A	% 34.22	34.22	34.22
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)/B	% 56.92	56.92	56.92
5	% de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)/C	% 186	186	186
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc. 10.9	10.9	10.9
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc. 2.500	2.550	2.550
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc. 2.700	2.700	2.700
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc. 2.530	2.530	2.530
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc. 2.708	2.708	2.708
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc. 2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.		
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr. 1212.6	1212.6	1206.8
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr. 1213.2	1213.1	1207.1
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr. 666.8	666.7	665.0
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c. 524.4	526.4	522.1
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc. 2.312	2.304	2.311
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc. 2.387	2.387	2.387
19	Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/2) + (4/3) + (5/1))	gr/cc. 2.364	2.364	2.364
20	% de Vacios = 100* (16-17) / 16	% 3.1	3.5	3.2
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/1))	gr/cc. 2.545	2.545	2.545
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5)/((3/6)+(4/10)+(5/1))	gr/cc. 2.710	2.710	2.710
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5)/ ((3/2) + (4/3) + (5/1))	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21))	% 125	125	125
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	% 84.48	84.17	84.46
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	% 12.38	12.33	12.38
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	% 15.51	15.83	15.54
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	% 5.84	5.84	5.84
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	% 79.84	77.92	79.63
32	Estabilidad sin Corregir	kg 854	936	992
33	Factor de Estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg 820	901	953
36	Fluencia	mm. 3.05	3.56	3.30
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm. 2690	2530	2855

Observaciones :

*Alexander B.G.*  
**Alexandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**

(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	%	34.04	34.04	34.04	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	%	56.61	56.61	56.61	
5	% de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C	%	105	105	105	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1013	1013	1013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	2.625
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	2.619
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	121.9	121.3	121.6	
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr.	121.2	121.5	121.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	655.4	655.7	657.5	
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c.	525.6	525.6	525.3	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc.	2.303	2.309	2.306	2.307
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.377	2.377	2.377	2.377
19	Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/11) + (4/11) + (5/11))	gr/cc.	2.347	2.347	2.347	
20	% de Vacios = 100 * (18-17) / 18	%	3.1	2.8	2.9	2.9
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.545	2.545	2.545	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.710	2.710	2.710	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/12)+(4/11)+(5/11))	gr/cc.	2.628	2.628	2.628	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(123-21)/(23*21)	%	125	125	125	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.70	83.93	83.89	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.19	13.23	13.22	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.30	16.07	16.11	16.2
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	6.34	6.34	6.34	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	80.90	82.31	82.06	81.8
32	Estabilidad sin Corregir	kg	915	935	911	
33	Factor de Estabilidad (Tabla)		0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg	875	895	875	884
35	Fluencia	mm.	4.57	4.53	4.53	4.74
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/35)	kg/cm.	1921	1956	1911	1864

Observaciones :

*Alfonso B.G.*  
**Alfonso V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**

(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

N	1	2	3	Promedio
1	Numero de Probeta			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	% 6.50	6.50	6.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	% 33.06	33.06	33.06
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	% 56.30	56.30	56.30
5	% de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C	% 1.64	1.64	1.64
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc. 10.13	10.13	10.13
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc. 2.550	2.550	2.550
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc. 2.700	2.700	2.700
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc. 2.530	2.530	2.530
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc. 2.708	2.708	2.708
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc. 2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.		
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr. 1209.1	1209.8	1207.9
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr. 1209.1	1209.9	1208.0
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr. 660.9	660.7	661.2
16	Volumen de la Probeta = (14-16)	c.c. 526.2	529.2	526.6
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc. 2.289	2.286	2.293
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc. 2.375	2.375	2.375
19	Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/11) + (4/10) + (5/11))	gr/cc. 2.286	2.291	2.331
20	% de Vacios = 100* (6-17) / 16	% 3.6	3.7	3.5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc. 2.545	2.545	2.545
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc. 2.710	2.710	2.710
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/11)+(4/10)+(5/11))	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21))	% 125	125	125
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	% 62.74	62.63	62.66
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	% 13.64	13.62	13.66
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	% 17.26	17.37	17.12
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	% 6.85	6.85	6.85
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	% 79.04	76.44	79.81
32	Estabilidad sin Corregir	kg 844	813	729
33	Factor de Estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg 810	781	700
36	Fluencia	mm. 5.59	5.84	5.59
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm. 1449	1337	1252

Observaciones :

*Alexandro V. Begazo Giraldo*  
**Alexandro V. Begazo Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**Anexo 4. Certificados de ensayos de laboratorio (ensayo Marshall diseño mezcla asfáltica con adición de 0.5% de ceniza de cascara de almendra).**


**INGEOCAL E.I.R.L.** INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.  
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua

**ENSAYO MARSHALL, CON 0.5 % ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ALMENDRA**  
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)


<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.40	5.40	5.40	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	%	36.23	36.23	36.23	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	%	57.90	57.90	57.90	
5	% de caucho reciclado (0.5) = (100-2)*C	%	0.47	0.47	0.47	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1013	1013	1013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	2.625
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	2.619
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1212.5	1212.4	1208.0	
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr.	1213.1	1213.0	1207.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	689.0	687.0	686.0	
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c.	524.1	526.0	521.5	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc.	2.313	2.305	2.316	2.312
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.390	2.390	2.390	2.390
19	Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/2) + (4/1) + (5/11))	gr/cc.	2.416	2.416	2.416	
20	% de Vacios = 100 * (8-7) / 18	%	3.2	3.6	3.1	3.28
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.540	2.540	2.540	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.706	2.706	2.706	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/2)+(4/1) + (5/11))	gr/cc.	2.623	2.623	2.623	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21))	%	127	127	127	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.18	85.86	86.29	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.62	10.58	10.63	
27	% Vacios del Agregado Mineral:VMA	%	13.82	14.14	13.71	13.9
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.20	4.20	4.20	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	76.84	74.83	77.54	76.4
32	Estabilidad sin Corregir	kg	947	960	957	
33	Factor de Estabilidad (Tabla)		0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg	909	922	919	916
36	Fluencia	mm.	2.79	2.82	2.79	2.80
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm.	3254	3269	3288	3270

**Observaciones :**

  
**Alejandro V. Begoza Giroldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

**RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI**  
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

**Anexo 5. Certificados de ensayos de laboratorio (ensayo Marshall diseño mezcla asfáltica con adición de 1.5% de ceniza de cascara de almendra).**


**INGEOCAL E.I.R.L.** INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.  
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

**ENSAYO MARSHALL, CON 1.5 % ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ALMENDRA**  
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)


<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: May-23

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.40	5.40	5.40	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	%	35.76	35.76	35.76	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	%	57.90	57.90	57.90	
5	% de caucho reciclado (10) = (100-2)*C	%	0.95	0.95	0.95	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1013	1013	1013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	2.625
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	2.619
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1213.1	1214.5	1207.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr.	1213.2	1213.1	1208.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	690.0	687.2	686.7	
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c.	523.2	525.9	521.4	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc.	2.319	2.309	2.316	2.315
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.392	2.392	2.392	2.392
19	Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))	gr/cc.	2.417	2.417	2.417	
20	% de Vacios = 100 * (18-17) / 18	%	3.1	3.5	3.2	3.23
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.541	2.541	2.541	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(18-21)/(23*21)	%	126	126	126	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.30	85.96	86.22	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.63	10.59	10.62	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	13.60	13.60	13.70	13.6
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.21	4.21	4.21	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	78.14	77.83	77.50	77.8
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1098	1095	1099	
33	Factor de Estabilidad (Tabla)		0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg	1054	1051	1055	1053
36	Fluencia	mm.	3.05	3.02	3.05	3.04
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm.	3458	3477	3459	3465

**Observaciones :**

  
**Alejandro V. Begoza Giraldo**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 139180

**RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI**  
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

 **CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com**

**Anexo 6. Certificados de ensayos de laboratorio (ensayo Marshall diseño mezcla asfáltica con adición de 2.5% de ceniza de cascara de almendra).**


**INGEOCAL E.I.R.L.** INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.  
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

**ENSAYO MARSHALL, CON 2.5 % ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ALMENDRA**  
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

<b>TESIS</b>	Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023		
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b>	: F.L.G.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FISICA DE ASFALTO	<b>ING. RESP.</b>	: A.B.G.
<b>CANTERA</b>	: BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO	<b>FECHA</b>	: <b>May-23</b>

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.40	5.40	5.40	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A	%	35.29	35.29	35.29	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B	%	57.90	57.90	57.90	
5	% de caucho reciclado (15) = (100-2)*C	%	142	142	142	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1013	1013	1013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	2.625
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.530	2.530	2.530	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	2.619
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	2.994
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1213.4	1213.3	1208.9	
14	Peso de la Probeta Saturada (01Hora)	gr.	1213.0	1213.0	1208.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	690.0	687.2	686.7	
16	Volumen de la Probeta = (14-15)	c.c.	523.0	525.8	521.3	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16)	gr/cc.	2.320	2.308	2.319	2.316
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.384	2.384	2.384	2.384
19	Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))	gr/cc.	2.418	2.418	2.418	
20	% de Vacios = 100*(18-17)/18	%	2.7	3.2	2.7	2.87
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.543	2.543	2.543	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.709	2.709	2.709	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(18-17)/(23*21)	%	126	126	126	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.30	85.83	86.26	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	1102	10.96	1102	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	13.50	13.40	13.40	13.4
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.21	4.21	4.21	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	8185	8182	82.23	81.9
32	Estabilidad sin Corregir	kg	862	860	857	
33	Factor de Estabilidad (Tabla)		0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida = 32*33	kg	828	826	823	825
36	Fluencia	mm.	3.30	3.33	3.30	3.31
37	Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36)	kg/cm.	2506	2482	2492	2493

**Observaciones :**

  
**RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI**  
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo  
 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling\_267@hotmail.com

## Anexo 7. Certificados de calidad del asfalto



INFORME DE ENSAYO (ASFALTO LÍQUIDO MC 30)		N° GDCN-LAB-1908-2022		
FECHA DE RECEPCIÓN: 10.10.2022	FECHA DE REPORTE: 10.10.2022	CÓDIGO DE MUESTRA: 15972		
HORA DE RECEPCIÓN: 09:45	TANQUE DE MUESTREO : 14	PROCEDENCIA: "JEFATURA OPERACIONES"		
VOLUMEN CERTIFICADO: *****	BUQUE/TANQUE: *****	DESTINO: "PLANTA CONCHÁN"		
ENSAYOS	METODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES	
	ASTM		MIN.	MAX.
<b>DENSIDAD:</b>				
Gravedad API a 60°F, °API	D3142-11	21.7	Reportar	
Gravedad Específica a 15.6/15.6°C	D3142-11	0.9236	Reportar	
<b>FLUIDEZ:</b>				
Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	D2170/D2170M-18	56.50	30	60
Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D2170/D2170M-18	15.74		
<b>ADHERENCIA:</b>				
Revestimiento y Desprendimiento, %	D3625-12	> 95	Reportar	
<b>CONTAMINANTES:</b>				
Contenido de Agua, % volumen	D95-13e1	0.0	0	
<b>VOLATILIDAD:</b>				
Punto de Inflamación Tag Cops Abierta, °C	D3143-13	41.0	38	
<b>Destilación:</b>				
Destilación: D402-14				
Volumen Total Destilado hasta 360°C, %Vol.				
a 225°C		21.7		25
a 280°C		64.0	40	70
a 316°C		89.1	75	93
Residuo de la Destilación a 360°C, % del Vol. por diferencia		56.3	50	
<b>Pruebas al Residuo de la Destilación:</b>				
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poise	D 2171-10	985	300	1200
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/mín, cm	D113-17	>150	100	
- Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15	99.7	99.0	
<b>OBSERVACIONES:</b> Según la Norma ASTM D 2027 "Standard Specifications for Cutback Asphalt (Medium Curing Type), el ensayo mandatorio en el residuo de la destilación es la viscosidad a 60°C y opcionalmente la penetración a 25°C, en ningún caso se requiere de ambos ensayos.				
La temperatura óptima de riego para este producto se encuentra entre 34 y 64°C				
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.				
1. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.				
2. La muestra fue proporcionada por el cliente.				
3. (A): American Society for Testing and Materials				
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR:	APROBADO POR:		
COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO				
COPIA 2 : INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS	80859	GONZALO CALDERON AVILA FICHA: 00800		

GDCNLAB-PG-015-F-02, Rev. 7

Pag 1 de 2

FIN DE INFORME.....

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ

Gerencia Departamento Refinación Conchán  
Panamericana Sur km 26,5 - Lurín  
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330



Petroperu



@petroperu\_si

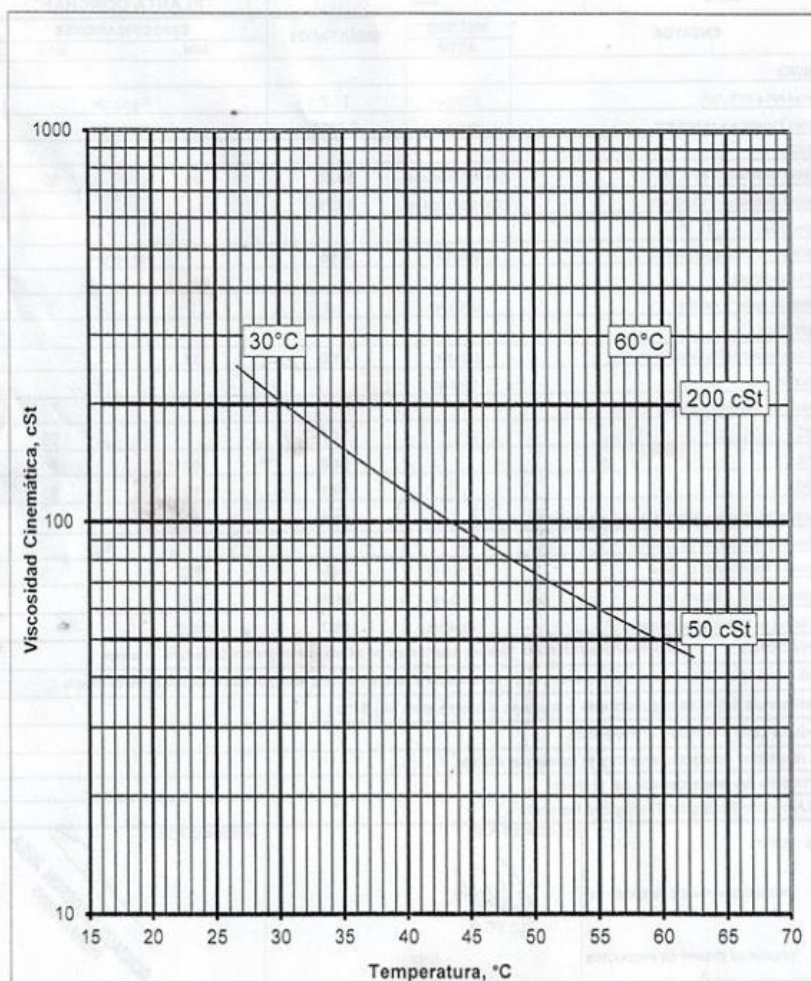


/GDCNpetroperu



/petroperu

**Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341**  
**Rango de Temperatura Optima de Riego**  
**TQ. 14 - A. L. MC-30 - 10.10.2022 - 09:45 horas**



*[Handwritten signature]*  
50 857

**GOZALDO CALDERON**  
FICHA: 008006  
Pag 2 de 2

Gerencia Departamento Refinación Conchán  
Panamericana Sur km 26,5 - Lurin  
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330



**Anexo 8.** *Panel fotográfico.*



**Fotografía 1.** *Ensayo granulométrico agregado fino*



**Fotografía 2.** *Ensayo granulométrico agregado grueso*



**Fotografía 3. Peso de briquetas**



**Fotografía 4.** *Mezcla de material para moldeo*



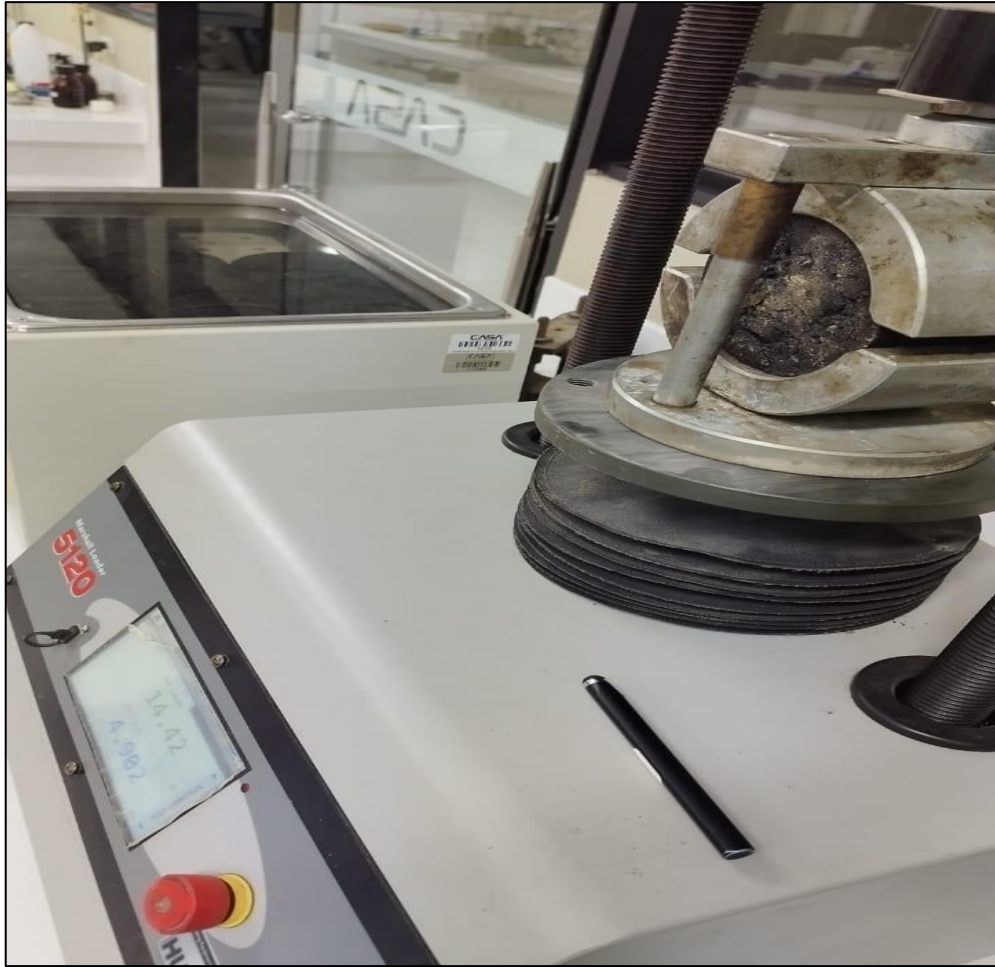
**Fotografía 5.** *Codificación de briquetas para colocar a baño maría*



**Fotografía 6. *Peso de la muestra para moldeo***



**Fotografía 7.** *ensayo de resistencia y flujo*



**Fotografía 8.** *Ensayo de resistencia a deformación*





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación de la ceniza de cáscara de almendra en la mezcla asfáltica para mejorar la estabilidad, Laredo, 2023", cuyos autores son ARMAS PALOMINO NANDO MOISES, ROJAS ORBEGOSO JORGE JHONATAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 04 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO <b>DNI:</b> 18102931 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4701-3074	Firmado electrónicamente por: CASTILLOCH el 16- 07-2023 16:04:04

Código documento Trilce: TRI - 0569823