



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica
en caliente para la Avenida Tumbes, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Delgado Cardenas, Johnny (orcid.org/0000-0001-6364-0177)

ASESOR:

Mg. De la Cruz Vega, Sleyther Arturo (orcid.org/0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CALLAO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi abuelo por haberme iluminado con su sabiduría cada momento de mi vida.

A mis padres, hermanos e hija por su cariño y apoyo constante e incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo y a mi asesor de tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEORICO	4
III.- METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación:	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	16
IV.- RESULTADOS	17
V.- DISCUSIÓN	26
VI.- CONCLUSIONES	31
VII.- RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica de las mezclas asfálticas.....	7
Tabla 2. Cantidad de briquetas para Ensayo Marshall.....	13
Tabla 3. <i>Cantidad de briquetas cilíndricas para mezclas asfálticas con distintas dosificaciones de fibras de bambú para el ensayo de inmersión-compresión.</i>	14
Tabla 4. <i>Cantidad de vigas prismáticas para mezclas asfálticas con distintas dosificaciones de fibras de bambú para el ensayo de flexión.</i>	14
Tabla 5. Resultados obtenidos para la mezcla asfáltica patrón.	17
Tabla 6. Resultados de las mezclas asfáltica con incorporación de fibra de bambú en diversas dosificaciones.....	17
Tabla 7. Resultados de la estabilidad de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.	18
Tabla 8. Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.	19
Tabla 9. Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.	20
Tabla 10. Resultados del ensayo de inmersión-compresión de las briquetas con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.....	23
Tabla 11. Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.	24
Tabla 12. Comparación de resultados de resistencia a flexión con respecto al patrón...	25

INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Ensayo Marshall.	8
Figura 2. Briquetas sometidas a inmersión.	9
Figura 3. Briquetas sometidas a compresión.	9
Figura 4. Ensayo de resistencia a la flexión en vigas de mezcla asfáltica.	10
Figura 5. Planta de bambú.	11
Figura 6. Variación de la estabilidad con la incorporación de fibra de bambú.	18
Figura 7. Peso unitario versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.	19
Figura 8. Porcentaje de vacíos totales versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.	20
Figura 9. Porcentaje de VMA versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.	21
Figura 10. Porcentaje de VFA versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.	22
Figura 11. Variación de la resistencia a la compresión simple al incorporar diferentes dosificaciones de fibra de bambú.	23
Figura 12. Variación del módulo de rotura con la incorporación de fibra de bambú en diferentes dosificaciones.	25

RESUMEN

El objetivo de la investigación es determinar cómo afecta la incorporación de la fibra de bambú en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022.

La metodología empleada fue aplicada, con diseño experimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo, estando la población conformada por 81 especímenes de asfalto, de los cuales 63 fueron briquetas cilíndricas y 18 fueron vigas prismáticas, siendo toda la población utilizada como muestra.

Los resultados que se obtuvieron son el incremento de la estabilidad hasta 0.75% de fibra de bambú (2550 Lb), el peso específico se incrementó hasta 0.50% de fibra (2.352 gr/cm^3), para los vacíos de aire la dosificación más óptima fue de 1.00% de fibra de bambú, mientras que la resistencia a la compresión se incremento hasta 0.75% de fibra (7.04 MPa) y para la resistencia a la flexión la dosificación óptima fue también de 0.75% de fibra (0.9 MPa).

Finalmente se concluye que la incorporación de fibra de bambú mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, tanto las propiedades físicas como mecánicas, siendo la dosificación óptima, de manera global, 0.75% de fibra de bambú.

Palabras Clave: Fibra de bambú, mezcla asfáltica, propiedades físico-mecánicas.

ABSTRACT

The objective of the research is to determine how the incorporation of bamboo fiber affects the properties of the hot mix asphalt for Tumbes Avenue, 2022.

The methodology used was applied, with an experimental design, explanatory level and quantitative approach, with the population made up of 81 asphalt specimens, of which 63 were cylindrical briquettes and 18 were prismatic beams, the entire population being used as a sample.

The results obtained are the increase in stability up to 0.75% of bamboo fiber (2550 Lb), the specific weight increased up to 0.50% of fiber (2.352 gr/cm³), for air voids the most optimal dosage was of 1.00% bamboo fiber, while the compressive strength increased to 0.75% fiber (7.04 MPa) and for flexural strength the optimal dosage was also 0.75% fiber (0.9 MPa).

Finally, it is concluded that the incorporation of bamboo fiber improves the properties of the hot mix asphalt, both physical and mechanical properties, with the optimal dosage, globally, being 0.75% bamboo fiber.

Keywords: Bamboo fiber, asphalt mixture, physical-mechanical properties.

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los países más desarrollados son aquellos que presentan casi la totalidad de su red vial pavimentada, permitiendo a los usuarios crecer económicamente (Kurrey y Singh, 2020, p. 305). Actualmente existen más de 36 millones de kilómetros de vías, siendo ocupado el primer lugar por Estados Unidos, con 6.6 millones de kilómetros al año 2016, la India con 4.7 millones de kilómetros y China con 4.6 millones de kilómetros y de estas vías la gran mayoría son de pavimento flexible (Pinedo y Vaca, 2018). Por lo cual se vienen desarrollando estudios a nivel mundial para crear tecnologías y técnicas para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del asfalto. (Jia et al., 2020, p. 1). En este contexto, en la actualidad se emplea la adición de diferentes tipos de fibras sintéticas (poliéster, polietileno, policarbonato) y naturales (fibras de coco, bambú, etc.) para optimizar el desempeño del asfalto y, por consiguiente, el del pavimento flexible (Li et al, 2020, p. 6).

Por ejemplo, destaca el estudio de Jiménez (2019, p. 105) quien realizó en Costa Rica una investigación donde demostró que al incorporar fibras de bambú en la mezcla asfáltica contribuyen a mejorar el desempeño mecánico del pavimento flexible, mejorando la resistencia a la tensión diametral, así como resistencia a la fatiga y la deformación. Asimismo, destaca también el estudio realizado por Naranjo (2020, p. 41) quien realizó en Ecuador un estudio en el cual demostró que la fibra de coco mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente reduciendo los tiempos de mezcla, rotura y curado debido a su capacidad de absorción y aeración. Por otra parte, en el Perú también se ha realizado algunos estudios que permiten mejorar el desempeño del pavimento asfáltico, tomando en cuenta que muchas vías a nivel nacional no cumplen con su tiempo de vida útil por lo cual requieren reparaciones y trabajos de mejoramiento de serviciabilidad del pavimento afín de garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios (Pilares, 2018). Para ello resulta importante estudiar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, las cuales según lo señalado por González y Luquillas (2019, p. 80) son aquellas que están relacionadas a su comportamiento mecánico frente a la acción de cargas impuestas en él, como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

En así que en nuestro país destaca el estudio de Llauce (2019, p. 82) quien realizó en Lima una investigación en la que demostró que las geomallas de bambú incrementan la capacidad portante (resistencia a la compresión) del pavimento flexible. Por otro lado, Castro et al. (2020) realizó en Lima una investigación en la que demostró que la fibra de coco incrementa el porcentaje óptimo de asfalto y ligeramente la resistencia a la compresión, pero influye en la relación estabilidad / flujo pues se obtuvo un valor muy por debajo del máximo permisible y una adecuada estabilidad en comparación a la mezcla convencional.

Sin embargo, a nivel local, en el departamento de Tumbes aún no se han hecho estudios relacionados a la incorporación de fibras naturales como el bambú en las mezclas asfálticas. En este contexto la presente investigación toma como objeto de estudio a la Avenida Tumbes, desde el cruce de la Av. Miguel Grau con la Av. Piura, de 428 m de longitud.

Es así que en la presente investigación se formula la siguiente pregunta general: ¿De qué manera la incorporación de la fibra de bambú afecta las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022? Además, se plantean cinco problemas específicos. El primer problema específico, ¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente? El segundo problema específico, ¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta el peso específico de la mezcla asfáltica en caliente? El tercer problema específico, ¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta los vacíos de aire de la mezcla asfáltica en caliente? El cuarto problema específico, ¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente? Y el quinto problema específico: ¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente?

Esta investigación tiene valor científico ya que nos permitirá aplicar los procesos y conocimientos de la universidad, lo que nos ayudará a ampliar nuestros conocimientos a nivel universitario, profesional e influir en otros estudiantes para que puedan crear nuevos temas y entornos.

Este proyecto se justifica de manera social, debido a que, ante la problemática actual sobre pavimentos flexibles deteriorados, se propone una nueva alternativa

para mejorar las propiedades de resistencia de estos pavimentos empleando para ello la fibra de bambú.

La investigación tiene justificación ambiental debido a la búsqueda de mejora de las propiedades de la mezcla asfáltica utilizando métodos alternativos y naturales, reduciendo de esta manera los residuos y desechos agrícolas al reutilizarlos y preservando el medioambiente.

Por otro lado, la investigación presenta el siguiente objetivo general: determinar cómo afecta la incorporación de la fibra de bambú en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022. Asimismo, la investigación presenta cinco objetivos específicos. El primer objetivo específico: determinar la variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú. El segundo objetivo específico: determinar la variación del peso específico de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú. El tercer objetivo específico, determinar la variación de los vacíos de aire en la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú. El cuarto objetivo específico, determinar la variación de la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú. Y el quinto objetivo específico, determinar la variación de la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú.

Por otro lado, la investigación presenta la siguiente hipótesis general: la incorporación de fibra de bambú logra que se mejore las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022. Asimismo, presenta cinco hipótesis específicas. La primera hipótesis específica: La incorporación de fibra de bambú mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente. La segunda hipótesis específica: la incorporación de fibra de bambú incrementa el peso específico de la mezcla asfáltica en caliente. La tercera hipótesis específica: la incorporación de fibra de bambú disminuye los vacíos de aire de la mezcla asfáltica en caliente. La cuarta hipótesis específica: la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente incorporando fibra de bambú tiene una variación alta. Y la quinta hipótesis específica: la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente incorporando fibra de bambú tiene una variación moderada.

II.- MARCO TEÓRICO

Dentro de los **antecedentes internacionales** podemos mencionar al estudio realizado por Jia, Sheng, Kim y Zhao (2021) en el artículo científico titulado: *Efectos de la fibra de bambú sobre las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas*, en la revista Construction and Building Materials, tuvo el objetivo de evaluar los efectos de refuerzo de la fibra de bambú sobre las propiedades mecánicas de los ligantes y mezclas asfálticas bajo diversas condiciones de carga y temperatura. Llegaron a la conclusión de que la resistencia al corte a alta temperatura y la flexibilidad a baja temperatura de los ligantes asfálticos mejoraron con la inclusión de fibra de bambú. Asimismo, la adición de solo 0,3% de fibra de bambú mejoró la resistencia a la formación de surcos y la fatiga de las mezclas asfálticas. En general, los valores del módulo dinámico de las mezclas asfálticas aumentaron con la adición de fibra de bambú. Los resultados demostraron que la inclusión de fibra de bambú mejora la rigidez y el rendimiento de agrietamiento de la mezcla asfáltica a temperatura intermedia. pero las mejoras no son significativas a alta temperatura. Por otro lado, es importante mencionar que esta investigación proporcionó una referencia para la aplicación de fibra de bambú en mezclas asfálticas.

Asimismo, podemos mencionar a Liu, Li, Wu, Jiang y Shi (2021) en el artículo científico titulado: *La fibra de bambú tiene propiedades de ingeniería y un rendimiento adecuado como refuerzo para la mezcla asfáltica*, en la revista Construction and Building Materials, tuvo el objetivo de evaluar el impacto potencial de la fibra de bambú en las propiedades de la mezcla asfáltica, en comparación con la fibra de lignina. Llegaron a la conclusión de que ambos tipos de fibra vegetal mejoran el grado de reticulación entre las moléculas de asfalto, mejorando así ligeramente la estabilidad térmica de la mezcla asfáltica a alta temperatura y disminuyendo efectivamente su sensibilidad a la temperatura. Las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica de fibra de lignina superaron a las de la fibra de bambú, mientras que la mezcla asfáltica de fibra de bambú exhibió un excelente rendimiento en carretera (especialmente estabilidad a altas temperaturas, resistencia al agrietamiento a bajas temperaturas y estabilidad a la humedad), notablemente mejor que el de la fibra de lignina. Asimismo, se obtuvo que la fibra

de bambú puede formar una estrecha conexión con la mezcla y aumentar la proporción de asfalto estructural en la mezcla a través de la absorción.

También destaca Jiménez (2019) en el artículo científico titulado: *Análisis del desempeño mecánico de una mezcla asfáltica modificada con fibra de bambú*, en la Revista Infraestructura Vial de Costa Rica, tuvo el objetivo de analizar el desempeño mecánico de una mezcla asfáltica modificada con fibra de bambú aplicando la metodología SUPERPAVE. Llegando a la conclusión que fue posible lograr un incremento de la capacidad que tiene la mezcla para resistir la fatiga, así como también su capacidad de soportar la humedad, siendo posible afirmar que esto hace recomendable el uso de esta fibra, resaltando que gracias a la incorporación del 1% de fibra de bambú se mejora la resistencia a la tensión diametral generando un incremento de ésta de hasta 3.5%. Por ello, al final, se llegó a la conclusión que al incorporar dicho material se mejora el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica.

Dentro de los **antecedentes nacionales** podemos mencionar al estudio realizado por Llauce (2019) en su tesis: *Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria*, para obtener su título de Ingeniero Civil en la UPC. Planteó como objetivo: evaluar cómo influye la colocación de geomalla de bambú en la interface de la base y subbase para que cumpla la función de reforzamiento en pavimentos flexibles. Resulta de vital importancia señalar que se trató de un estudio que se caracterizó por ser aplicado, explicativo y, asimismo, experimental. Además, es imprescindible mencionar que la población estuvo conformada población por los pavimentos flexibles de la ciudad de Lima, eligiéndose como muestra al pavimento que se pertenece específicamente a la avenida Bauzate y Meza en el distrito de La Victoria. Asimismo, como instrumentos se hizo uso de los formatos de ensayos de laboratorio. Como los más importantes resultados se puede mencionar que gracias a la incorporación de estas geomallas se logró incrementar la capacidad de soporte (CBR) del pavimento flexible en hasta 20% respecto al pavimento convencional. Finalmente se llegó a la conclusión que se logra incrementar la capacidad portante del pavimento flexible convencional agregándole en el diseño una geomalla biaxial o multiaxial de bambú.

Asimismo, Castro, Romero, Vásquez y Arriola (2020) en el artículo científico titulado: *Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente*, en la Revista Ciencia, Tecnología e Innovación, realizaron en Lima la investigación que presentó por objetivo: evaluar de qué manera influye la fibra de coco en la mezcla asfáltica en caliente. Como los más importantes resultados señalaron que este material ejerce una influencia positiva en el porcentaje óptimo de asfalto y ligeramente la resistencia a la compresión, pero negativamente en la relación estabilidad / flujo. Es por ello que al final, se llegó a concluir que dicho material mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente pero cuando se incorpora en pequeñas cantidades.

Por otro lado, Lau (2019) en su tesis: *Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima – 2019*, para obtener su título de Ingeniero Civil en la UCV. Planteó como objetivo: evaluar el beneficio de la ceniza de bambú en la mezcla asfáltica para la ciudad de Lima. Como los más importantes resultados se pueden mencionar que incorporando 1% de cenizas de bambú se logró que en relación al flujo y los vacíos se logró una importante mejora, mientras que, con respecto a la estabilidad, se debe señalar que esta sufrió una marcada disminución (aproximadamente 41%) si se compara con el diseño que fue utilizado como patrón. Por otro lado, se debe mencionar que al momento de emplear el 2% de esta ceniza, la estabilidad no se vio tan afectada, habiéndose presenciado una reducción sólo del 12%, sin embargo, lamentablemente tanto el flujo como también los vacíos no lograron el cumplimiento de las especificaciones. Al final se pudo concluir que al incorporarse dicha ceniza la mezcla se comporta mejor, si se toma en cuenta el clima donde fue elaborada la investigación, es decir, Lima.

Con respecto a las **bases teóricas** resulta imprescindible mencionar, para comenzar, el tema de asfalto. Según señala Pilares (2018, p. 15) este material viene a ser una mezcla de hidrocarburos de diferentes pesos moleculares. Por consiguiente, resulta imprescindible señalar que las propiedades de este material serán determinadas por la composición química, así como también la distribución de los hidrocarburos.

Las mezclas asfálticas, de acuerdo con lo señalado Menéndez (2016, p. 173) son aquellas que resultan al combinar agregados minerales, filler, asfalto, así como también, de ser necesario, aditivos. Estas se emplean como superficie de rodadura en pavimentos de tipo flexibles.

Tabla 1. *Composición típica de las mezclas asfálticas.*

Componente	Unidad	Agregados recubiertos
Agregado grueso	% peso	86.6
Agregado fino	% peso	7.0
Filler (relleno)	% peso	3.0
Asfalto	% peso	4.0
Agregado grueso	% volumen	64.5
Agregado fino	% volumen	5.1
Filler (relleno)	% volumen	2.1
Asfalto	% volumen	8.3
Contenido de vacíos	% volumen	20.0

Fuente: Menéndez, 2016.

Asimismo, existen varios tipos de mezclas asfálticas. Por ejemplo, existe la mezcla asfáltica en caliente, la cual se caracteriza porque se calienta el asfalto previamente a la mezcla a llevarse a cabo con los agregados. Asimismo, se pueden incorporar mejoradores de adherencia, así como también es posible llevar a cabo la incorporación de material procedente de reciclado. También existe la mezcla asfáltica en frío, la cual se diferencia de la anterior porque el cemento asfáltico se mezcla con el emulsificante y agua, luego de lo cual se combina con los agregados sin llegar a ser necesario que la temperatura de dicho material sea modificada. Y también existen las mezclas especiales, las cuales son llamadas de esa manera puesto que su empleo se da bajo circunstancias especiales como la presencia de una elevada carga vehicular. Uno de los principales ejemplos son los famosos asfaltos con matriz de piedra, conocidos también como SMA por sus siglas en inglés.

Por otro lado, es importante mencionar a las propiedades que presenta la mezcla asfáltica en caliente. De acuerdo con González y Luquillas (2018, p. 58) las propiedades más importantes que presenta la mezcla asfáltica en caliente son: la estabilidad, el peso específico, el porcentaje de vacíos (que se obtienen del ensayo

Marshall) y la resistencia a la compresión y flexión (que se obtienen del ensayo de inmersión-compresión y del ensayo de flexión respectivamente).

La estabilidad puede ser entendida como la capacidad para soportar desplazamientos horizontales y deformaciones cuando se aplican cargas vehiculares. Es importante mencionar que esta depende en gran medida del porcentaje de asfalto de la mezcla (Gutarra, 2018, p. 59).

El peso específico, definido como el peso por unidad de volumen, es sumamente importante para analizar de una manera correcta la relación existente entre la densidad y los vacíos en la mezcla (González y Luquillas, 2018, p. 58).

Los vacíos pueden entenderse como las bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. Es importante mencionar que la durabilidad del pavimento depende del porcentaje de vacíos. Para el análisis de vacíos se considera: los vacíos en el agregado mineral - VMA, vacíos llenos de asfalto – VFA y los vacíos totales de la mezcla – VTM (Menéndez, 2016, p. 255).

Por su parte, respecto al Ensayo Marshall (MTC E 504) se debe señalar que la finalidad que este posee es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. Asimismo, este ensayo brinda también información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente como la densidad (peso específico), los contenidos de vacíos, la estabilidad, entre otras (González y Luquillas, 2018, p. 58).

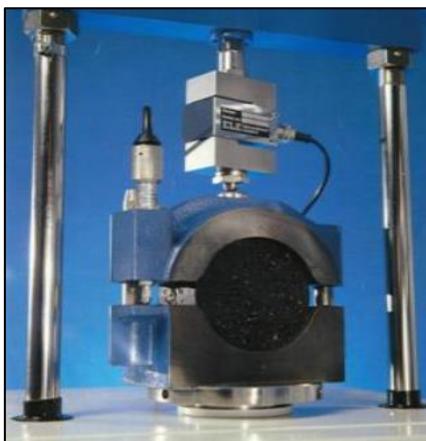


Figura 1. Ensayo Marshall.

Fuente: Propia.

Por otro lado, el ensayo de inmersión-compresión tiene gran importancia puesto que de su aplicación se puede llegar a conocer pérdida de resistencia que es originada por el agua sobre la mezcla, hablando específicamente de la resistencia a la compresión. Resulta imprescindible mencionar que esta pérdida se expresa en el parámetro conocido como el Índice de resistencia retenida o “R”, el cual resulta de la comparación entre probetas secas y mojadas. Asimismo, se debe señalar que de acuerdo con el MTC (2016) las normas que rigen este tema son: MTC E 513 y MTC E 518. En este contexto cabe señalar que por su parte la norma MTC E 513 comprende las indicaciones para llevar a cabo la elaboración de la briqueta, y medir la resistencia a compresión simple mientras que por su parte, MTC E 518 brinda una exposición detallada del procedimiento del análisis de briquetas, en aire y agua, brindando a su vez el valor de R.



Figura 2. Briquetas sometidas a inmersión.

Fuente: Propia.



Figura 3. Briquetas sometidas a compresión.

Fuente: Propia.

Por otra parte, si se requiere conocer la resistencia a la flexión se puede hacer uso del ensayo con carga en el tercio de la viga prismática (MTC E 709), cuyas dimensiones son por lo general: 6*6*20 pulg. La resistencia a la flexión (la cual se expresa en el módulo de rotura MR) es un parámetro muy importante, puesto que los pavimentos son esforzados en flexión durante las cargas de tráfico (Menéndez, 2016, p. 292).



Figura 4. Ensayo de resistencia a la flexión en vigas de mezcla
Fuente: Propia.

Respecto al tema de fibras de bambú es importante señalar que de acuerdo a lo expuesto por Chen et al. (2022, p. 605) estas suelen estar conformadas en un 65 % por celulosa, el cual viene a ser el biopolímero que por lo general está presente en la mayoría de fibras naturales que se pueden usar con el asfalto. Si bien existen muchas especies de bambú, resulta imprescindible mencionar que en este estudio se empleará la especie *Guadua Angustifolia* la cual se caracteriza por ser de una resistencia mecánica alta (Jiménez, 2019, p. 20). Asimismo, es importante mencionar que aproximadamente esta fibra conforma el 60% del peso total de la caña. También, debido a que posee en el interior una estructura que cuenta con paredes intercaladas con orientación distinta, ello le brinda a esta fibra alta resistencia por lo que se deduce que sea bastante probable que ayude a mejorar la resistencia de la mezcla asfáltica (Jia et al., 2021, p. 2).



Figura 5. Planta de bambú.

Fuente: Propia.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación

Según lo expuesto por Ñaupas et al. (2018, p. 136) se puede decir que una investigación es aplicada, cuando se lleva a cabo mediante el uso del conocimiento existente con la finalidad de llegar a la resolución de un problema determinado. Por ello con esta premisa se afirma que este estudio **es** aplicado, porque ello se sustenta en que busca alcanzar la solución de un problema específico en base a la teoría existente relacionada a ella.

Diseño de investigación

De acuerdo con Ñaupas et al. (2018, p. 354) se puede decir que una investigación presenta un diseño experimental, cuando la variable es manipulada para con ello lograr probar la hipótesis. Con esta premisa se afirma que este estudio es experimental, porque ello se sustenta en que la variable será manipulada y la hipótesis probada empleando ensayos de laboratorio.

Enfoque de investigación

Según lo expuesto por Cabezas, Andrade y Torres (2018, p. 19) el enfoque cuantitativo es aquel enfoque que se caracteriza por apoyarse en medidas numéricas y análisis estadísticos para la búsqueda de datos con el fin de probar hipótesis o teorías. De esta manera, esta investigación **tiene** un enfoque cuantitativo, ya que **hace** uso de la medición numérica y la observación con la finalidad de poder recolectar datos para probar las hipótesis planteadas.

3.2. Variables y operacionalización

Variable cuantitativa 1:

Fibras de bambú: Estas fibras se extraen de la planta de bambú y se caracterizan por estar conformadas por un 65 % de celulosa, el cual viene a ser el biopolímero que por lo general está presente en la mayoría de fibras naturales que se pueden usar con el asfalto.

Variable cuantitativa 2:

Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente: las propiedades más importantes que presenta este material son: la estabilidad, el peso específico, el porcentaje de vacíos (que se obtienen del ensayo Marshall) y la resistencia a la compresión y flexión (que se obtienen del ensayo de inmersión-compresión y del ensayo de flexión respectivamente).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población estuvo conformada por 81 especímenes de asfalto, de los cuales 63 fueron briquetas cilíndricas y 18 fueron vigas prismáticas. Estas cantidades fueron elegidas de acuerdo a lo establecido por la norma MTC E 504 para el ensayo Marshall, el cual comprende dos fases: para determinar el contenido de asfalto (3 briquetas por cada incremento del %C.A., siendo un total 12 briquetas) y para determinar la estabilidad y flujo (3 briquetas por cada tipo de mezcla, siendo un total de 15 briquetas).

También se emplearon las normas MTC E 513 y MTC E 518 (que señalan mínimo 6 briquetas cilíndricas por cada tipo de mezcla asfáltica para el ensayo de inmersión – compresión, el cual determina la resistencia a la compresión y el efecto que tiene el agua en dicha resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica). También se hizo uso de la norma MTC E 709 (que señala que se deben elaborar como mínimo 3 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a la flexión)

Es así que la población elegida quedó conformada de la siguiente manera:

Tabla 2. Cantidad de briquetas para Ensayo Marshall.

Fases del ensayo	Cantidad de briquetas	% Concreto asfáltico (%CA)	% Fibra de bambú
Contenido de C.A.	12	4.5, 5.0, 5.5, 6.0	
Estabilidad y flujo	15		0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25
Total	27		

Fuente: Propia.

Tabla 3. Cantidad de briquetas cilíndricas para mezclas asfálticas con distintas dosificaciones de fibras de bambú para el ensayo de inmersión-compresión.

Tipo de espécimen	Porcentaje de fibra de bambú					
	0% (Patrón)	0.25%	0.50%	0.75%	1%	1.25%
Cantidad de briquetas	6	6	6	6	6	6
Total	36					

Fuente: Propia.

Tabla 4. Cantidad de vigas prismáticas para mezclas asfálticas con distintas dosificaciones de fibras de bambú para el ensayo de flexión.

Tipo de espécimen	Porcentaje de fibra de bambú					
	0% (Patrón)	0.25%	0.50%	0.75%	1%	1.25%
Cantidad de vigas	3	3	3	3	3	3
Total	18					

Fuente: Propia.

Muestra:

En este estudio, **hubo** una muestra del mismo tamaño que la población experimental $N = n$ e **incluyó** 81 especímenes de asfalto, por lo que se utilizaron todos.

Muestreo:

Se ha empleado un muestreo no probabilístico por conveniencia puesto que toda la población fue utilizada como muestra distribuyendo la cantidad de especímenes de mezcla asfáltica de acuerdo con lo señalado por las normas peruanas mencionadas anteriormente.

Unidad de análisis:

La unidad de análisis **fue** el concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este estudio se empleó la técnica de observación experimental de los ensayos de las normas expuestas anteriormente con el fin de evaluar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de distintas dosificaciones de fibra de bambú, recopilándose los suficientes datos para llegar a cumplir con los objetivos propuestos.

Asimismo, como instrumentos se utilizaron los formatos de recolección de datos acordes a las normativas de ensayos mencionadas anteriormente. De esta manera, los formatos utilizados fueron:

- Formato de ensayo Marshall.
- Formato de ensayo de inmersión-compresión.
- Formato de ensayo de flexión.

3.5. Procedimientos

Primero. Se recolectaron los agregados a emplearse, determinando sus características y propiedades físicas.

Segundo: Se recolectó la fibra de bambú y se analizó químicamente.

Tercero: Se realizó el diseño de mezcla determinando el contenido de asfalto más apropiado para la mezcla asfáltica en caliente.

Cuarto. Se determinaron las propiedades de estabilidad, densidad (peso específico) y porcentaje de vacíos de aire de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

Quinto. Se realizó el ensayo de inmersión-compresión para las briquetas con distintas dosificaciones de fibra de bambú.

Sexto. Se realizó el ensayo de resistencia a la flexión para las vigas con distintas dosificaciones de fibra de bambú.

Séptimo: Se realizó el capítulo de resultados, conclusión, discusión y recomendaciones.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se realizaron:

- El registro de datos de los ensayos y panel fotográfico.
- Procesamiento de datos empleando Microsoft Excel 2016.
- Análisis estadístico descriptivo empleando el programa SPSS v.27.
- Análisis estadístico inferencial empleando el programa SPSS v. 27 y prueba de hipótesis general y específicas.
- Discusión de resultados comparando los datos obtenidos con los resultados de investigaciones anteriores.

3.7. Aspectos éticos

Con respecto al tema de la ética y los valores morales, resulta imprescindible mencionar que el estudio brindó resultados originales y, asimismo, ha mostrado un gran respeto por propiedad intelectual, resaltando que se han citado de manera correcta las investigaciones que fueron empleadas tanto como bases teóricas, así como antecedentes, mencionando a sus respectivos autores. Asimismo, se enfatiza el cumplimiento con todo el reglamento establecido por parte del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo, siendo importante resaltar también, que se cumplió con lo expuesto en la norma ISO 690, y con las normas nacionales (MTC), así como con las extranjeras (ASTM) que rigen el tema de mezclas asfálticas.

Es sumamente importante mencionar que la presente investigación se desarrolló con honestidad y confianza de no haber cometido plagio de tesis o artículos de otros autores, enfatizando el respeto por sus aportes, empleando el programa Turnitin y garantizando que se ha respetado el porcentaje máximo de similitud que establece la Universidad César Vallejo.

IV.- RESULTADOS

Mezcla asfáltica patrón

Se exponen a continuación los resultados de la mezcla asfáltica patrón elaborada:

Tabla 5. Resultados obtenidos para la mezcla asfáltica patrón.

Propiedades	Especificaciones (MTC)	Resultado
Flujo (mm)	2.00 - 3.50	3.35
Peso Unitario Promedio (gr/cm ³)	-	2.330
Estabilidad Corregida Promedio (Lb.)	>1832	2190
Vacíos llenos de asfalto VFA – Promedio (%)	-	73.76
Vacíos totales de la mezcla VTM – Promedio (%)	3.0 – 5.0	3.67
Vacíos en el agregado mineral VMA–Promedio (%)	>14	15.18

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: El valor de la estabilidad de la mezcla asfáltica patrón es de 2180 Lb, resultado de la gradación densa tipo MAC-02, con un porcentaje del cemento asfáltico de 5.00 % y sin la incorporación de fibras. El Flujo para la mezcla patrón expone 3.20 mm.

Mezcla asfáltica modificada con fibras de bambú.

Tabla 6. Resultados de las mezclas asfáltica con incorporación de fibra de bambú en diversas dosificaciones.

PROPIEDADES	PATRÓN	MEZCLA ASFÁLTICA (con adición de fibra de bambú)				
		0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%
Flujo (mm)	3.35	3.20	3.15	3.05	2.80	2.65
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.340	2.350	2.352	2.347	2.342	2.331
Estabilidad Corregida (Lb)	2190	2480	2520	2550	2330	2180
Vacíos llenos de asfalto (%)	73.76	76.84	77.15	78.37	79.86	80.23
Vacíos totales de la mezcla (%)	3.67	3.22	3.19	3.11	3.07	3.01
Vacíos en el agregado mineral (%)	15.18	14.94	15.03	15.25	15.48	15.62

Fuente: Elaboración Propia.

La interpretación de cada una de estas propiedades se lleva a cabo a continuación, en relación con cada objetivo específico.

OE1: Se determinó la variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar la fibra de bambú, resultando que la dosificación óptima fue 0.75% de esta fibra.

Tabla 7. Resultados de la estabilidad de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

PROPIEDAD	Especificación MTC	PATRÓN	RESULTADOS				
			MEZCLA ASFÁLTICA (con adición de fibra de bambú)				
			0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%
Estabilidad Corregida (Lb)	>1832	2190	2480	2520	2550	2330	2180

Fuente: Elaboración Propia.

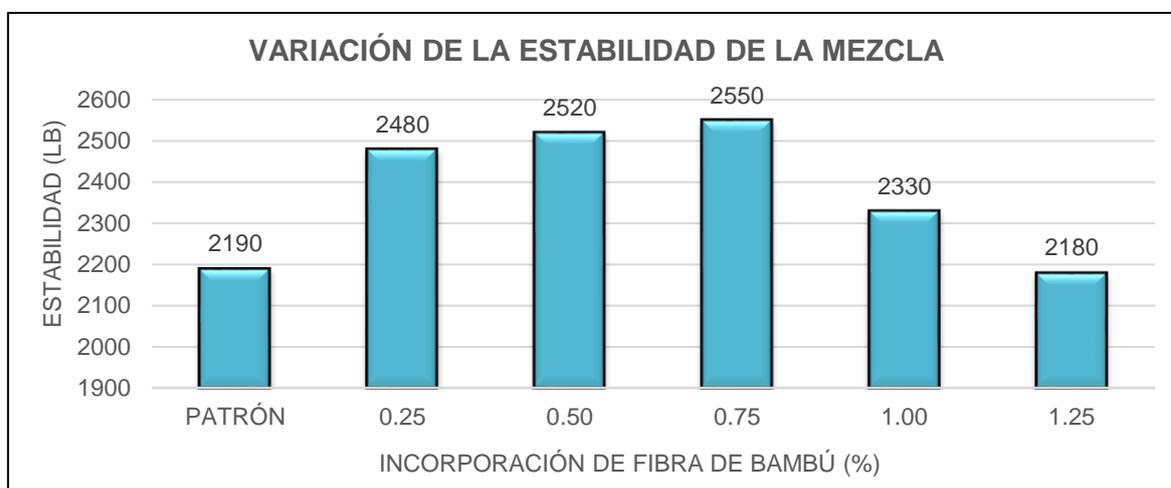


Figura 6. Variación de la estabilidad con la incorporación de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Figura N°6 mostrada anteriormente se aprecia que al incorporar fibra de bambú se tiene un efecto positivo en la estabilidad de la mezcla asfáltica cuando el porcentaje de incorporación de dicha fibra es menor o igual a 0.75%, puesto que a mayores cantidades ya se aprecia un descenso de la estabilidad.

Resulta imprescindible señalar que el incremento de la estabilidad más notable se origina con una incorporación de fibra de bambú de 0.75%, con lo cual fue posible alcanzar un valor máximo de 2550 Lb. Por el contrario, la dosificación que tuvo menor estabilidad fue 1.25% con un valor de 2180 Lb, siendo incluso menor a la mezcla patrón.

Finalmente es posible concluir que la dosificación de fibra de bambú más óptima fue 0.75%, puesto que dicha dosificación permitió que la estabilidad incremente hasta en un 16.4% respecto del patrón. Resulta importante recalcar que en la presente investigación se empleó fibras de 4 mm de longitud. Se debe mencionar también que esta longitud de la fibra de bambú fue elegida debido a que en estudios previos se ha demostrado que las fibras de bambú de 4 mm al no presentar problemas de doblado durante la mezcla (como las fibras de 12 mm) mejora la trabajabilidad de la mezcla (Jiménez, 2019).

OE2: Se determinó la variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar la fibra de bambú, resultando que la dosificación óptima fue 0.50% de esta fibra.

Tabla 8. Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

PROPIEDAD	RESULTADOS					
	PATRÓN	MEZCLA ASFÁLTICA (con adición de fibra de bambú)				
		0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%
Peso Específico Promedio (gr/cm ³)	2.340	2.350	2.352	2.347	2.342	2.331

Fuente: Elaboración Propia.

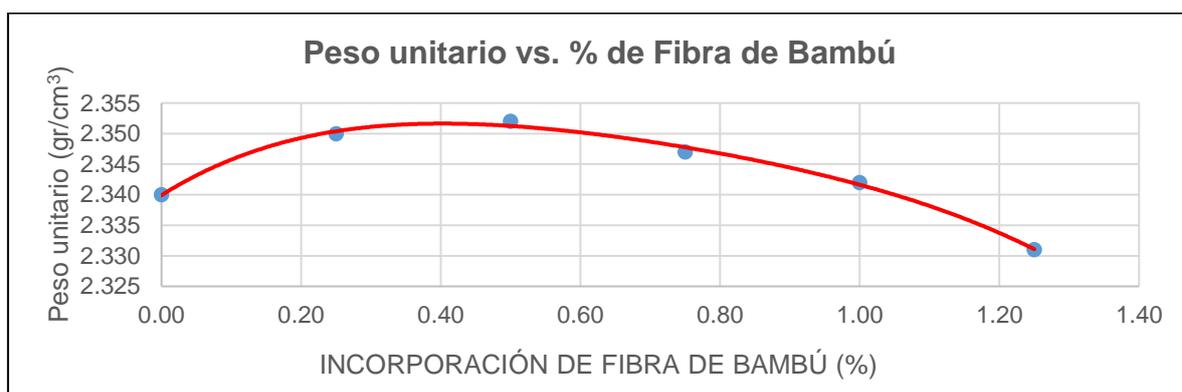


Figura 7. Peso unitario versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Figura N°7 mostrada anteriormente se aprecia que al incorporar fibra de bambú se tiene un efecto positivo en el peso específico de la mezcla asfáltica cuando el porcentaje de incorporación de dicha fibra es menor o igual a 0.50%, puesto que a mayores cantidades ya se aprecia un descenso del peso específico o unitario.

Resulta imprescindible señalar que el incremento del peso específico más notable se origina con una incorporación de fibra de bambú de 0.50%, con lo cual fue posible alcanzar un valor máximo de 2.352 gr/cm³. Por el contrario, la dosificación que tuvo menor peso específico fue 1.25% con un valor de 2.331 gr/cm³, siendo incluso menor a la mezcla patrón.

Finalmente es posible concluir que la dosificación de fibra de bambú más óptima fue 0.50%, puesto que dicha dosificación permitió que el peso específico incremente hasta en un 0.05% respecto del patrón.

OE3: Se determinó la variación de los vacíos de aire en la mezcla asfáltica al incorporar la fibra de bambú. Se determinó el porcentaje de vacíos totales de la mezcla (VTM), los vacíos llenos de asfalto (VFA) y los vacíos en el agregado mineral (VMA). Se puede apreciar una mayor efectividad de la película del asfalto hasta el 0.25 % de dosificación, generando menores vacíos de aire.

Tabla 9. Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

PROPIEDAD	Especificación MTC	RESULTADOS					
		PATRÓN	MEZCLA ASFÁLTICA (con adición de fibra de bambú)				
			0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%
VFA Promedio (%)	-	73.76	76.84	77.15	78.37	79.86	80.23
VTM Promedio (%)	3.0 – 5.0	3.67	3.22	3.19	3.11	3.07	3.01
VMA Promedio (%)	>14	15.18	14.94	15.03	15.25	15.48	15.62

Fuente: Elaboración Propia.

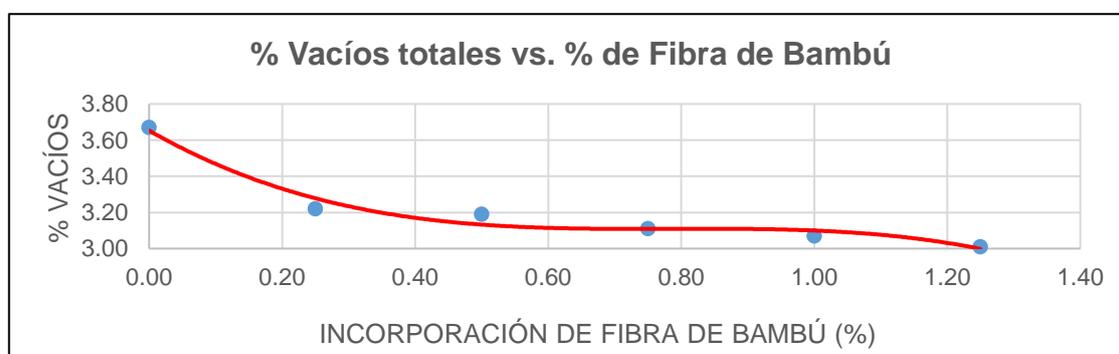


Figura 8. Porcentaje de vacíos totales versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Figura N°8 mostrada anteriormente se aprecia que al incorporar fibra de bambú produce una disminución de los vacíos totales (VTM) en la mezcla asfáltica a medida que se incrementa la dosificación de fibra de bambú. Así, se obtuvo para la mezcla patrón un VTM de 3.67%, resultando para la dosificación de 0.25% un VTM de 3.22%, para 0.50% de fibra se obtuvo un VTM de 3.19%, para 0.75% de fibra se obtuvo un VTM de 3.11%, para 1.00% de fibra se obtuvo un VTM de 3.07% y para 1.25% de fibra se obtuvo un VTM de 3.01%. Es así que el valor más alto de VTM fue de 3.22% para el 0.25% de fibra de bambú mientras que el VTM más bajo fue 3.01% para el 1.25% de fibra de bambú, lo cual se traduce en un descenso del VTM en 12.3% y 18% en relación al patrón, respectivamente. Finalmente es posible concluir que la dosificación de fibra de bambú más óptima fue 0.50%, que obtuvo un valor más equilibrado en el rango establecido por el MTC (VTM: 3.0 – 5.0).

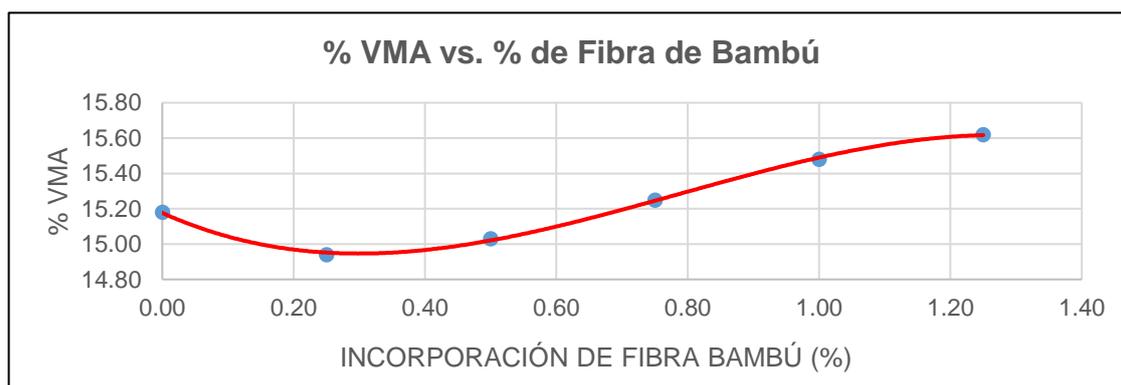


Figura 9. Porcentaje de VMA versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Figura N°9 mostrada anteriormente se aprecia que al incorporar fibra de bambú produce una disminución de los vacíos en el agregado mineral (VMA) para la primera dosificación para luego aumentar el VMA a medida que se incrementa la dosificación de fibra de bambú. Así, se obtuvo para la mezcla patrón un VMA de 15.18%, mientras que para la dosificación de 0.25% se obtuvo un VMA de 14.94%, para 0.50% de fibra se obtuvo un VMA de 15.03%, para 0.75% de fibra se obtuvo un VMA de 15.25%, para 1.00% de fibra se obtuvo un VMA de 15.48% y para 1.25% de fibra se obtuvo un VMA de 15.62%. Es así que el valor más alto de VMA fue de 15.62% para el 1.25% de fibra de bambú mientras que el

VMA más bajo fue 14.94% para el 0.25% de fibra de bambú, lo cual se traduce en un incremento y descenso del VMA en +2.82% y -1.58% en relación al patrón, respectivamente. Finalmente es posible concluir que la dosificación de fibra de bambú más óptima fue 1.25%, que obtuvo un valor más alto de VMA (15.62%) cumpliéndose con lo indicado por el MTC (VMA>14%).

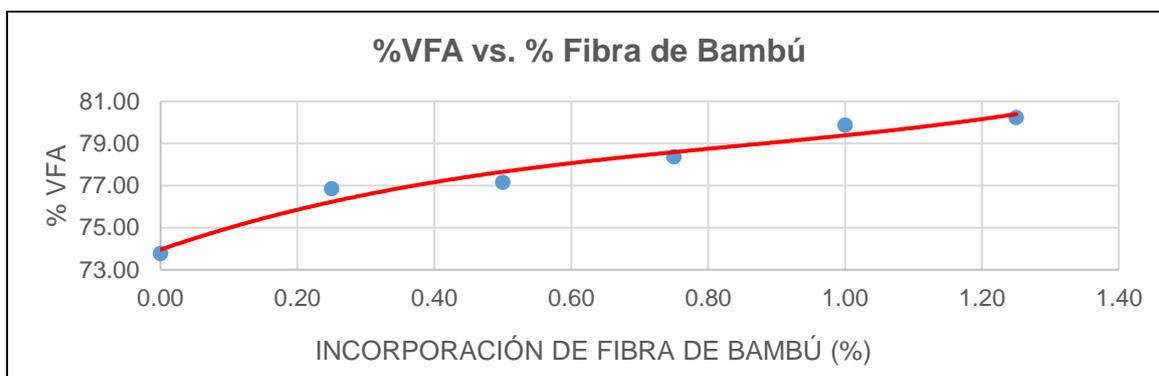


Figura 10. Porcentaje de VFA versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Figura N°10 mostrada anteriormente se aprecia que al incorporar fibra de bambú produce un incremento de los vacíos llenos de asfalto (VFA) en la mezcla asfáltica a medida que se incrementa la dosificación de fibra de bambú. Así, se obtuvo para la mezcla patrón un VFA de 73.76%, resultando para la dosificación de 0.25% un VFA de 76.84%, para 0.50% de fibra se obtuvo un VFA de 77.15%, para 0.75% de fibra se obtuvo un VFA de 78.37%, para 1.00% de fibra se obtuvo un VFA de 79.86% y para 1.25% de fibra se obtuvo un VFA de 80.23%. Es así que el valor más alto de VFA fue de 80.23% para el 1.25% de fibra de bambú mientras que el VFA más bajo fue 76.84% para el 0.25% de fibra de bambú, lo cual se traduce en un aumento del VFA en 8.1% y 4.2% en relación al patrón, respectivamente. Finalmente es posible concluir que la dosificación de fibra de bambú más óptima fue 0.75%, que obtuvo un valor más equilibrado de VFA (78.37%).

OE4: Se determinó la variación de la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú, resultando la dosificación óptima 0.75% de dicha fibra.

Del ensayo de inmersión-compresión se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultados del ensayo de inmersión-compresión de las briquetas con diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

% de Fibra de Bambú	Denominación	Promedio de la resistencia a la compresión		Índice de resistencia conservada (%)
		MPa	Kg/cm ²	
Patrón (0%)	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	3.85	39.26	84.06
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.58	46.70	
25%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	4.42	45.07	85.66
	Baño de aire a 25°C por 24 h	5.16	52.62	
50%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	5.73	58.43	88.84
	Baño de aire a 25°C por 24 h	6.45	65.77	
75%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	6.38	65.06	90.63
	Baño de aire a 25°C por 24 h	7.04	71.79	
1.00%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	4.27	43.54	87.32
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.89	49.86	
1.25%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	3.98	40.58	85.78
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.64	47.32	

Fuente: Elaboración Propia.

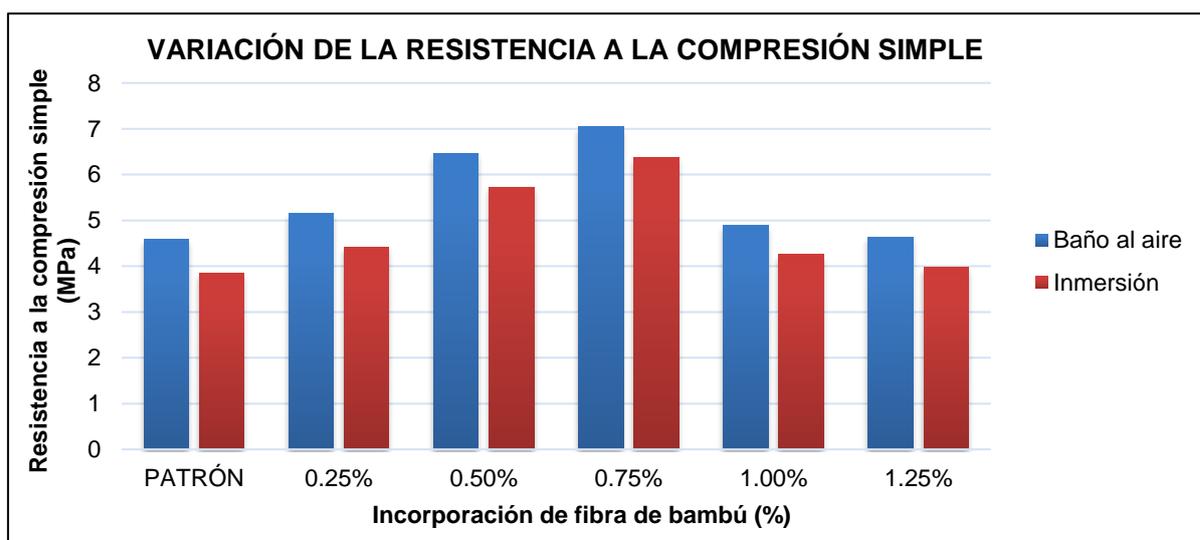


Figura 11. Variación de la resistencia a la compresión simple al incorporar diferentes dosificaciones de fibra de bambú.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De la Tabla 10 y Figura 11 se muestra la variación de la resistencia a la compresión simple, de las mezclas en condiciones secas, en donde los valores de resistencia a la compresión simple de la mezcla mejorada son mayores que los valores de la mezcla asfáltica convencional (patrón), pero sólo hasta la dosificación de 0.75% de fibra de bambú, puesto que a mayores cantidades de esta fibra ya se aprecia un descenso del valor de la resistencia a la compresión simple.

Asimismo, es importante mencionar que el índice de resistencia conservada es, en general, bastante favorable cuando se incorpora la fibra de bambú, es decir que frente a la acción del agua aún se conserva más del 85% de la resistencia a la compresión simple, siendo el mayor índice de resistencia conservada 90.63% para una dosificación de fibra de bambú de 0.75%.

OE5. Se determinó la variación de la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú, resultando la dosificación óptima 0.75% de dicha fibra.

Se procedió a realizar el ensayo para medir la resistencia a la flexión (llevado a cabo en vigas a los tercios del tramo). El ensayo de rotura se realizó a una temperatura de 21 °C, donde los especímenes permanecieron a dicha temperatura por aproximadamente 3 horas. La longitud de la luz libre entre apoyos para determinar el módulo de rotura era de 432 mm (17”).

Tabla 11. Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO								
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			MÁX. CARGA APLICADA		MÓDULO DE ROTURA			
% de fibra	VIGA Dimensiones	Promedio (mm)	Long. Libre (mm)	P _{máx} (kg)	P (N)	R (MPa)	R (kg/cm ²)	% Var. respecto al patrón
		Patrón (0%)	Ancho	150.00	432.00	450	4511	0.6
	Altura	142.50						
0.25%	Ancho	150.00	432.00	520	5099	0.7	6.9	13%
	Altura	142.25						
0.50%	Ancho	150.00	432.00	680	6669	0.9	9.0	48%
	Altura	142.45						
0.75%	Ancho	150.00	432.00	710	6963	0.9	9.4	54%
	Altura	142.50						

1.00%	Ancho	150.00	432.00	640	6276	0.8	8.5	39%
	Altura	142.35						
1.25%	Ancho	150.00	432.00	560	5492	0.7	7.4	22%
	Altura	140.25						

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Comparación de resultados de resistencia a flexión con respecto al patrón.

% DE FIBRA	NÚMERO DE PETICIONES A LA FALLA		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	
	% variación respecto al patrón	Observación	% variación respecto al patrón	Observación
PATRÓN (%)	-	-	-	-
0.25%	16%	Mayor al patrón	13%	Mayor al patrón
0.50%	21%	Mayor al patrón	48%	Mayor al patrón
0.75%	22%	Mayor al patrón	54%	Mayor al patrón
1.00%	19%	Mayor al patrón	39%	Mayor al patrón
1.25%	17%	Mayor al patrón	22%	Mayor al patrón

Fuente: Elaboración Propia.

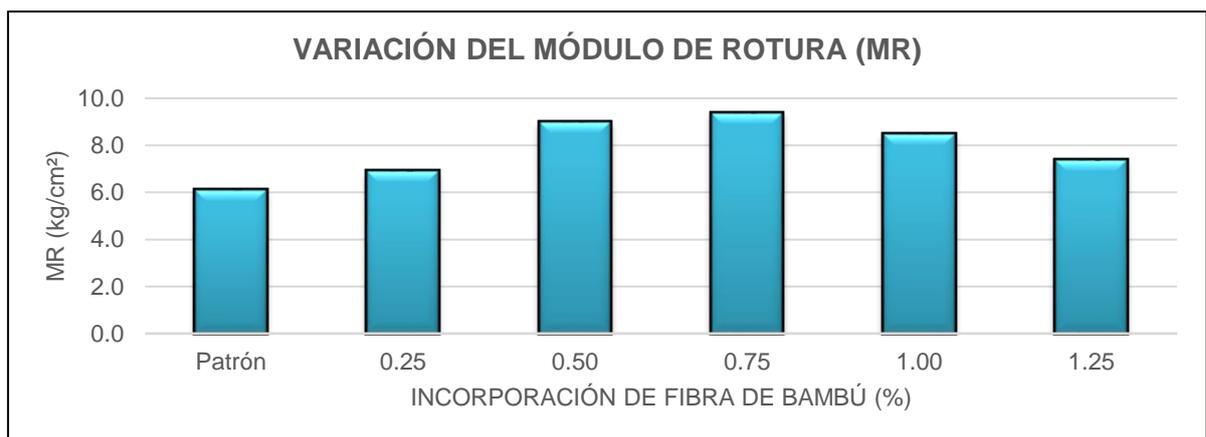


Figura 12. Variación del módulo de rotura con la incorporación de fibra de bambú en diferentes dosificaciones.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: De las Tablas 11 y 12 y de la Figura 12 se puede apreciar que la resistencia a la flexión (expresada en el módulo de rotura) se incrementa con la incorporación de la fibra de bambú, pero sólo hasta la dosificación de 0.75%, puesto que a mayor cantidad de fibra el módulo de rotura (MR) comienza a disminuir. Por lo tanto, se puede afirmar que la dosificación más favorable resultó ser el 0.75% de fibra de bambú (MR=9.4 kg/cm²), mientras que la dosificación más desfavorable fue 0.25% (MR=6.9 kg/cm²).

V.- DISCUSIÓN

Según los resultados de Castro et al. (2022) en su investigación afirmaron que, al incorporar fibra de coco en la mezcla asfáltica en caliente, empleando para ello diferentes dosificaciones de 0.50%, 0.80% y 1.00% obteniendo como resultado una reducción de la estabilidad respecto a la mezcla convencional patrón, la cual fue de 2838.00 Lbs, mientras que con la incorporación de fibra de coco se obtuvo una estabilidad de 2629 Lbs, 2653 Lbs. y 2630 Lbs, para cada dosificación mencionada. Con ello estos autores están cumpliendo con la normativa peruana del MTC puesto que la misma indica una estabilidad mínima de la mezcla asfáltica de 815 Lbs. Sin embargo, si lo comparamos con el presente estudio, es posible afirmar que existe una marcada discrepancia, puesto que en la presente investigación, al emplear la fibra de bambú se obtuvo un incremento de la estabilidad en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo una estabilidad de 2190 Lb, mientras que al incorporar la fibra de bambú en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25% se obtuvo una estabilidad de 2480 Lb, 2520 Lb, 2550 Lb, 2330 Lb Y 2180 Lb, respectivamente. Esto quiere decir que la adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a su estabilidad, logrando mejorarla. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento de la estabilidad solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de fibra de bambú (obteniéndose un valor de estabilidad de 2550 Lb), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de la estabilidad, siendo el menor de la estabilidad de 2180 Lb para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así que al final se concluye que, en lo concerniente a la estabilidad, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú para la presente investigación.

De acuerdo con los resultados de Lau (2019) en su investigación afirma que al incorporar ceniza de bambú en la mezcla asfáltica en caliente, empleando para ello diferentes dosificaciones de 1.00%, 2.00% y 3.00% obteniendo como resultado un incremento del peso específico respecto a la mezcla convencional, el cual fue de 2.312 gr/cm³, mientras que con la incorporación de ceniza de bambú se obtuvo un peso específico de 2.329 gr/cm³, 2.345 gr/cm³ y 2.329 gr/cm³ respectivamente, para

cada dosificación mencionada. Sin embargo, es importante mencionar que de acuerdo con esos resultados se apreció que a una dosificación mayor de 2% de ceniza de bambú ya se aprecia un descenso del peso específico, por ello este autor concluyó que, con respecto al peso específico de la mezcla asfáltica, la dosificación de ceniza de bambú más viable fue de 2% de dicha ceniza. Si lo comparamos con el presente estudio, es posible afirmar que existe una marcada similitud, puesto que en la presente investigación, al emplear la fibra de bambú se obtuvo un incremento del peso específico en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo un peso específico de 2.340 gr/cm^3 , mientras que al incorporar la fibra de bambú en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25% se obtuvo un peso específico de 2.350 gr/cm^3 , 2.352 gr/cm^3 , 2.347 gr/cm^3 , 2.342 gr/cm^3 y 2.331 gr/cm^3 , respectivamente. Esto quiere decir que la adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a su peso específico, logrando mejorarla. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento del peso específico solo ocurre hasta una dosificación de 0.50% de fibra de bambú (obteniéndose un valor de peso específico de 2.352 gr/cm^3), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso del peso específico, siendo el menor peso específico (incluso menor a la mezcla convencional) 2.331 kg/cm^3 para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente al peso específico, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.50% de fibra de bambú para la presente investigación.

De acuerdo con los resultados de Sheng et al. (2022) en su investigación evaluaron la variación de los vacíos de aire en la mezcla asfáltica, al incorporar fibra de bambú en la mezcla asfáltica en caliente, empleando para ello diferentes dosificaciones de 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4%, con lo que obtuvieron, para el VFA un incremento respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 71.7%, mientras que con la incorporación de fibra de bambú se obtuvo un VFA de 72.7%, 74.4%, 74.8% y 74.9% respectivamente, para cada dosificación mencionada. Respecto al VMA estos autores obtuvieron un incremento respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 15.0%, mientras que con la incorporación de fibra de bambú se obtuvo un VMA de 15.1%, 15.7%, 15.8% y 15.9% respectivamente, para cada dosificación mencionada. Respecto al VTA estos autores obtuvieron una disminución respecto

a la mezcla convencional, la cual fue de 4.3%, mientras que con la incorporación de fibra de bambú se obtuvo un VTA de 4.1%, 4.1%, 4.0% y 4.0% respectivamente, para cada dosificación mencionada. De manera global, los autores concluyeron que, respecto a los vacíos, la dosificación más óptima fue de 0.4% fibra de bambú. Si lo comparamos con el presente estudio, es posible afirmar que existe una marcada similitud, puesto que en la presente investigación, al emplear la fibra de bambú se obtuvo un incremento del VFA en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo un VFA de 73.76%, mientras que al incorporar la fibra de bambú en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25% se obtuvo un VFA de 76.84%, 77.15%, 78.37%, 79.86% y 80.23%, respectivamente. Respecto al VMA en la presente investigación se obtuvo un incremento respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 15.18%, mientras que con la incorporación de fibra de bambú se obtuvo un VMA de 14.94%, 15.03%, 15.25%, 15.48 y 15.62% respectivamente, para cada dosificación mencionada. Respecto al VTA se obtuvo una disminución respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 3.67%, mientras que con la incorporación de fibra de bambú se obtuvo un VTA de 3.22%, 3.19%, 3.11%, 3.07% y 3.01% respectivamente, para cada dosificación mencionada. Esto quiere decir que la adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a los vacíos en la mezcla, habiéndose cumplido con el rango de valores estipulados por la normatividad MTC para VTM (3.0 – 5.0) y VMA (>14), resultando la dosificación más óptima a emplearse, respecto a los vacíos en la mezcla asfáltica, el 1.00% de fibra de bambú.

De acuerdo con los resultados de Liu et al. (2021) en su investigación afirma que al incorporar ceniza de bambú en la mezcla asfáltica en caliente, empleando para ello diferentes dosificaciones de 13%, 15% y 18% obteniendo como resultado un incremento de la resistencia a la compresión respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 5.79 MPa, mientras que con la incorporación de ceniza de bambú se obtuvo una resistencia a la compresión de 6.57 MPa, 6.88 MPa y 6.98 MPa respectivamente, para cada dosificación mencionada. Por ello los autores afirmaron que la ceniza de bambú y la resistencia a la compresión se encuentran en una relación directamente proporcional, puesto que a mayor porcentaje de ceniza mayor es la resistencia a la compresión. Si lo comparamos con el presente estudio, es

posible afirmar que existe una marcada similitud, puesto que en la presente investigación, al emplear la fibra de bambú se obtuvo un incremento de la resistencia a la compresión en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo una resistencia a la compresión de 4.58 MPa, mientras que al incorporar la fibra de bambú en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25% se obtuvo una resistencia a la compresión de 5.16 MPa, 6.45 MPa, 7.04 MPa, 4.89 MPa y 4.64 MPa, respectivamente. Esto quiere decir que la adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a la resistencia a la compresión, logrando mejorarla. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento de la resistencia a la compresión solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de fibra de bambú (obteniéndose un valor de resistencia a la compresión de 7.04 MPa), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de la resistencia a la compresión, siendo la menor resistencia a la compresión 4.64 MPa para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente a la resistencia a la compresión, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú para la presente investigación.

De acuerdo con los resultados de Gutarra (2018) en su investigación afirma que al incorporar fibras acrílicas en la mezcla asfáltica en caliente, empleando para ello diferentes dosificaciones de 0.15%, 0.20% y 25% obteniendo como resultado un incremento de la resistencia a la flexión respecto a la mezcla convencional, la cual fue de 0.6 MPa, mientras que con la incorporación de fibras acrílicas se obtuvo una resistencia a la flexión de 0.7 MPa, 0.9 MPa y 1.0 MPa respectivamente, para cada dosificación mencionada. Por ello el autor afirmó que la fibra acrílica y la resistencia a la flexión se encuentran en una relación directamente proporcional, puesto que a mayor porcentaje de ceniza mayor es la resistencia a la compresión. Si lo comparamos con el presente estudio, es posible afirmar que existe similitud, puesto que en la presente investigación, al emplear la fibra de bambú se obtuvo un incremento de la resistencia a la flexión en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo una resistencia a la flexión de 0.6 MPa, mientras que al incorporar la fibra de bambú en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25% se obtuvo una resistencia a la flexión de 0.7 MPa, 0.9 MPa, 0.9 MPa, 0.8 MPa y 0.7 MPa, respectivamente. Esto quiere decir que la

adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a la resistencia a la flexión, logrando mejorarla. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento de la resistencia a la flexión solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de fibra de bambú (obteniéndose un valor de resistencia a la flexión de 0.9 MPa), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de la resistencia a la flexión, siendo la menor resistencia a la flexión 0.7 MPa para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente a la resistencia a la flexión, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú para la presente investigación.

VI.- CONCLUSIONES

1. La adición de fibra de bambú genera un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a su estabilidad, logrando mejorarla. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento de la estabilidad solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de fibra de bambú (obteniéndose un valor de estabilidad de 2550 Lb), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de la estabilidad, siendo el menor de la estabilidad de 2180 Lb para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así que al final se concluye que, en lo concerniente a la estabilidad, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú.
2. En relación con el peso específico, esta propiedad mejoró al adicionar la fibra de bambú en la mezcla asfáltica. Pero, cabe señalar que este incremento del peso específico solo ocurre hasta una dosificación de 0.50% de fibra de bambú (peso específico de 2.352 gr/cm³), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de esta propiedad, siendo el menor peso específico (incluso menor a la mezcla convencional) 2.331 kg/cm³ para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente al peso específico, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.50% de fibra de bambú.
3. Respecto a los vacíos de aire en la mezcla se analizaron los parámetros de VFA, VTA y VMA con la adición de fibra de bambú. Se generó un impacto positivo en la mezcla asfáltica en lo concerniente a los vacíos en la mezcla, habiéndose cumplido con el rango de valores estipulados por la normatividad MTC para VTM (3.0 – 5.0) y VMA (>14), resultando la dosificación más óptima a emplearse, respecto a los vacíos en la mezcla asfáltica, el 1.00% de fibra de bambú.
4. La adición de fibra de bambú logró mejorar la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica. Sin embargo, se debe mencionar que este incremento de la resistencia a la compresión solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de

fibra de bambú (7.04 MPa), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de esta propiedad, siendo la menor resistencia a la compresión 4.64 MPa para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente a la resistencia a la compresión, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú.

5. Al emplear la fibra de bambú se produjo un incremento de la resistencia a la flexión en la mezcla asfáltica, logrando superar a la muestra patrón (convencional), la cual obtuvo una resistencia a la flexión de 0.6 MPa. Sin embargo, resulta imprescindible señalar que este incremento solo ocurre hasta una dosificación de 0.75% de fibra de bambú (0.9 MPa), puesto que a mayores dosificaciones ya se aprecia un descenso de la resistencia a la flexión, siendo la menor resistencia a la flexión 0.7 MPa para la dosificación de 1.25% de fibra de bambú. Es así como al final se concluye que, en lo concerniente a la resistencia a la flexión, la dosificación óptima a emplearse resultó ser 0.75% de fibra de bambú.

VII.- RECOMENDACIONES

Se recomienda realización de muchos más estudios empleando diferentes longitudes de fibra de bambú y con más variaciones en los porcentajes (dosificaciones) de dicha fibra.

Se recomienda verificar siempre que los equipos de laboratorio se encuentren correctamente calibrados (como la máquina para ensayo Marshall, las balanzas electrónicas, etc.) puesto que de esta manera se garantizará que los resultados obtenidos son confiables, para ello se debe solicitar el apoyo de una empresa especialista en calibración de equipos que debe estar certificada por INACAL, de manera indispensable.

Se recomienda en futuras investigaciones realizar estudios comparativos con los resultados obtenidos con fibras de origen sintético o artificial, como las fibras de polipropileno o poliéster, incorporadas en la mezcla asfáltica en caliente, con la finalidad de determinar la opción más viable para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica.

Se recomienda siempre seguir las especificaciones técnicas en cuanto a los equipos, procedimientos y materiales de laboratorio establecidas por el MTC. Para llevar a cabo los ensayos de la mezcla asfáltica en caliente resulta imprescindible mantener siempre una adecuada temperatura tanto de los agregados, así como también de los ligantes y equipos.

REFERENCIAS

- ABANTO Espinoza, Luis Carlos y SALINAS Sánchez, Eloy. Análisis de la estabilización de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2021. 141 p.
- AMAYA Navarrete, Mario Edgar. Estabilización de suelos superficiales del NAICM con óxido de calcio (CaO). Tesis (Maestría en Ingeniería). Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2017. 89 p
- ARGANDOÑA Puma, Diego Armando y PALOMINO Blanco, Julio. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo obtenido de la Av. Kari Grande Vía Rumi Wasi – San Sebastián utilizado a nivel de subrasante en la Región Cusco, estabilizado con ceniza de cascara de arroz y cal en porcentajes 7%-5%, 12%-5% y 15%-5%; respectivamente. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco, Perú, Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. 207 p
- ARRIETA, Mario Edgar et al. Óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos. XXIX Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/335193052_Oxido_de_calcio_en_la_estabilizacion_de_suelos_arcillosos
- ÁVILA Álvarez, Gerson Stiff. Mejoramiento de la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba mediante la adición de porcentajes de óxido de calcio-2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huánuco, Perú, Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, 2021. 334 p.
- BAENA Paz, Guillermina. Metodología de la Investigación. Ciudad de México, Grupo Editorial Patria, 2017, 141 p.
- BALDOVINO, Jair de Jesús Arrieta et al. Optimizing the evolution of strength for lime-stabilized rammed soil. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical

Engineering [en línea]. 2019, 11(4), 882–891. ISSN 1674-7755 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.jrmge.2018.10.008

BEHNOOD, Ali. Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques. *Transportation Geotechnics* [en línea]. 2018, 17, 14–32. ISSN 2214-3912 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.trgeo.2018.08.002

CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Sangolquí, Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 137 p

CASTILLO Parra, Byron Fernando. *Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras*. Tesis (Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes). Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2017. 149 p.

CASTRO, Harold. et al. Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente. *Revista de Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. [en línea]. 2022. 7(2), 176-190. ISSN: 2313-1926. [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1506/2156>

CHEN, Yulong et al. Shear deformation and failure of unsaturated sandy soils in surface layers of slopes during rainwater infiltration. *Measurement* [en línea]. 2020, 149, 107001. ISSN 0263-2241 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.measurement.2019.107001

CHENG, Yongzhen et al. Engineering and mineralogical properties of stabilized expansive soil compositing lime and natural pozzolans. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2018, 187, 1031–1038. ISSN 0950-0618 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.08.061

- CUADROS Surichaqui, Claudia María. Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2017. 213 p.
- DHAR, Subhradeep y Monowar HUSSAIN. The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. International Journal of Geotechnical Engineering [en línea]. 2019, 1–13. ISSN 1939-7879 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2019.1598623
- DÍAZ Córdova, Ricardo Ramiro y CARDOSO Huanci, Maymiguen. Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal SM-533 EMP.PE5N (Puente Tonchima)-EMP-SM-504 (Sector Shica) L=9+530 km, en los Distritos de Habana y Calzada, Provincia de Moyobamba, Región San Martín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2018. 101 p.
- ERCOLI, M. et al. Integrated GPR and laboratory water content measures of sandy soils: From laboratory to field scale. Construction and Building Materials [en línea]. 2018, 159, 734–744. ISSN 0950-0618 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.11.082
- GUAMÁN Iler, Israel Isaías. Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 138 p.
- HASRIANA et al. Bearing capacity improvement of soft soil subgrade layer with Bio Stabilized Bacillus Subtilis. MATEC Web of Conferences [en línea]. 2018, 181, 01001. ISSN 2261-236X [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1051/matecconf/201818101001

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Ciudad de México, Editorial McGraw-Hill, 2014. 613 p.
- HU, Jilei, Qihua CHEN y Huabei LIU. Relationship between earthquake-induced uplift of rectangular underground structures and the excess pore water pressure ratio in saturated sandy soils. *Tunnelling and Underground Space Technology* [en línea]. 2018, 79, 35–51. ISSN 0886-7798 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.tust.2018.04.039
- HU, Jun et al. Engineering characteristics and reinforcement approaches of organic sandy soil. *Advances in Civil Engineering* [en línea]. 2018, 2018, 1–12. ISSN 1687-8094 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1155/2018/7203907
- JALAL, Fazal E. et al. On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2020, 2020, 1–23. ISSN 1687-8442 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1155/2020/1510969
- JIA, Haichuan et al. Effect of laboratory aging on the stiffness and fatigue cracking of asphalt mixture containing bamboo fiber. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2022, 333, 130120. ISSN 0959-6526 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.jclepro.2021.130120
- JIANG et al. Analysis of Strength Development and Soil–Water Characteristics of Rice Husk Ash–Lime Stabilized Soft Soil. *Materials* [en línea]. 2019, 12(23), 3873. ISSN 1996-1944 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/ma12233873
- KHAJEH, Aghileh et al. An experimental investigation on geotechnical properties of a clayey soil stabilised with lime and zeolite in base and subbase courses. *Road Materials and Pavement Design* [en línea]. 2021, 1–18. ISSN 2164-7402 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/14680629.2021.1997789

- KURREY, Vikash. y SINGH, Ajay. (2020). Comparative study on stone mastic asphalt mix for coir fiber and bamboo fiber. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management* [en línea]. 2020, 3(8), 305-310. [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://journals.resaim.com/ijresm/article/view/185>
- LAU Marres, Hugo Germán. Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 192 p.
- LI, Ning, He ZHAN, Xin YU, Wei TANG y Qinglei XUE. Investigation of the aging behavior of cellulose fiber in reclaimed asphalt pavement. En línea. *Construction and Building Materials*, noviembre de 2020, p. 121559. ISSN 0950-0618. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121559>. [consultado el 27/06/2022]
- LLAUCE Noriega, Alex Enrique. Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Peruanas de Ciencias Aplicadas, 2019, 107 p.
- LÓPEZ Sumarriva, José Johel y ORTIZ Pinares, Grely. Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay, Perú, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2018. 94 p
- LU, Junfu et al. Macro-Micromechanical Properties of Sandy Pebble Soil of Different Coarse-Grained Content. *Earth Sciences Research Journal* [en línea]. 2018, 22(1), 65–71. ISSN 2339-3459 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: [doi:10.15446/esrj.v22n1.66105](https://doi.org/10.15446/esrj.v22n1.66105)
- MÁRQUEZ Martínez, Diana Karolina. Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el

distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería, 2019. 78 p.

MARTÍN Mayo, Ruth y MORALES Velásquez, Tatiana. Análisis comparativo entre los aditivos oxido de calcio y cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de suelos arcillosos – Huánuco 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huánuco, Perú, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2019. 151 p.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de diseño geométrico de carreteras. 2018 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2014 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MISIR, Gizem y Mustafa LAMAN. Estimating the bearing capacity of single reinforced granular fill overlying clay. Geotextiles and Geomembranes [en línea]. 2018, 46(6), 817–829. ISSN 0266-1144 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.geotexmem.2018.07.012

ÑAUPAS Paitán, Humberto, VALDIVIA Dueñas, Marcelino Raúl, PALACIOS Vilela, Jesús Josefa y ROMERO Delgado, Hugo Eusebio. Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá, Ediciones de la U, 2018, 560 p.

OGUAGHAMBIA, O. A., F. O. OKAFOR y V. C. ANOKWUTE. Application of Scheffe’s Model for stabilization of Amuro-okigwe subgrade using male inflorescence of oil palm ash. Nigerian Journal of Technology [en línea].

2019, 38(1), 60. ISSN 2467-8821 [consultado el 1 de mayo de 2022].
Disponible en: doi:10.4314/njt.v38i1.9

PARRA Gómez, Manuel Gerardo. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2018. 81 p.

PINEDO Díaz, Diana Isabel y VACA López, Renson Relmer. (2018). Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2018. 136 p.

PITUELLO, C. et al. Effects of biochar on the dynamics of aggregate stability in clay and sandy loam soils. *European Journal of Soil Science* [en línea]. 2018, 69(5), 827–842. ISSN 1351-0754 [consultado el 2 de mayo de 2022].
Disponible en: doi:10.1111/ejss.12676

POONI, J. et al. Durability of enzyme stabilized expansive soil in road pavements subjected to moisture degradation. *Transportation Geotechnics* [en línea]. 2019, 21, 100255. ISSN 2214-3912 [consultado el 1 de mayo de 2022].
Disponible en: doi:10.1016/j.trgeo.2019.100255

QUISPE Moreno, Franco Tito. Evaluación del óxido de calcio para estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante del Jirón Carlos Sowersby, Distrito de Carhuamayo, Junín – Junín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2021. 147 p.

QUISPE Serrano, Esperanza y SAÑAC Vilca, Magaly. Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay, Perú, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2019. 119 p.

- RAMOS Vásquez, Juan David y LOZANO Gómez, Juan Pablo. Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2019. 79 p
- SRIRAM KARTHICK RAJA, P. y T. THYAGARAJ. Effect of short-term sulphate contamination on lime-stabilized expansive soil. *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea]. 2019, 1–13. ISSN 1939-7879 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2019.1641665
- TALEB BAHMED, Ismehen et al. Prediction of geotechnical properties of clayey soils stabilised with lime using artificial neural networks (ANNs). *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea]. 2017, 13(2), 191–203. ISSN 1939-7879 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2017.1329966
- TIWARI, Nitin y Neelima SATYAM. An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal* [en línea]. 2020, 23(5), 1214–1222. ISSN 2215-0986 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.jestch.2019.12.006
- VARGAS, Gabriela et al. The effect of four calcium-based amendments on soil aggregate stability of two sandy topsoils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* [en línea]. 2018, 182(2), 159–166. ISSN 1436-8730 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1002/jpln.201700562
- WANG, Yixian et al. Behavior of Fiber-Reinforced and Lime-Stabilized Clayey Soil in Triaxial Tests. *Applied Sciences* [en línea]. 2019, 9(5), 900. ISSN 2076-3417 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/app9050900

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Fibra de bambú	Las fibras de bambú consisten en fibras naturales compuestas en un 65 % por celulosa, biopolímero que consiste en macromoléculas sintetizadas por los seres vivos y con el cual están compuestas la mayoría de las fibras que se utilizan para combinar con materiales como concreto o asfalto. (JIMENEZ, 2019, p. 20).	La fibra de bambú se obtiene del árbol de bambú, poseen alta resistencia mecánica, se caracterizan por presentar forma delgada, ahusada y con textura voluminosa y se incorporarán en dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.0% y 1.25% a la mezcla asfáltica con fines de incrementar su capacidad de resistir el esfuerzo mecánico.	Dosificación	Incorporación de fibra de bambú en cantidades de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1% y 1.25%.	RAZÓN
VD: Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente	Las propiedades más importantes que presenta la mezcla asfáltica en caliente son: la estabilidad, el peso específico, el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión y flexión, las cuales influyen en su desemepeño durante el tránsito de vehículos (GONZÁLEZ y LUQUILLAS, 2018, p. 58)	Son las propiedades de la estabilidad, el peso específico, el porcentaje de vacíos (que se obtienen del ensayo Marshall) y la resistencia a la compresión y flexión (que se obtienen del ensayo de inmersión-compresión y del ensayo de flexión respectivamente) que presenta el asfalto ante la sollicitación continua de carga vehicular.	Estabilidad	Estabilidad corregida	RAZÓN
			Peso específico	Densidad	RAZÓN
			Vacíos de aire	Vacíos llenos de asfalto (VFA)	RAZÓN
				Vacíos en el agregado mineral (VMA)	RAZÓN
				Vacíos totales de la mezcla (VTM)	RAZÓN
			Resistencia a la compresión	Índice de resistencia conservada	RAZÓN
				Promedio de la resistencia a la compresión	RAZÓN
			Resistencia a la flexión	Máxima carga aplicada	RAZÓN
Módulo de rotura	RAZÓN				

ANEXO 02: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VI: FIBRA DE BAMBÚ	Dosificación	Adición de fibra de bambú en cantidades de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1% y 1.25%.	Formato de ensayo de análisis granulométrico (MTC E 204)	Enfoque: Cuantitativo. Diseño de investigación: Experimental Tipo de investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Explicativo-correlacional
¿De qué manera la incorporación de la fibra de bambú afecta las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022??	Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de bambú en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022	La incorporación de fibra de bambú logra que se mejore las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022					
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	VD: PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	Estabilidad	Estabilidad corregida	Ensayo Marshall (MTC E 504)	Población: 81 especímenes de mezcla asfáltica (63 briquetas cilíndricas y 18 vigas prismáticas) Muestra: Igual que la población (81 especímenes de mezcla asfáltica)
PE1:	OE1:	HE1:					
¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar la variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú	La incorporación de fibra de bambú mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.					
PE2:	OE2:	HE2:					
¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta el peso específico de la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar la variación del peso específico de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú.	La incorporación de fibra de bambú incrementa el peso específico de la mezcla asfáltica en caliente.		Peso específico	Densidad	Ensayo Marshall (MTC E 504)	

PE3:	OE3:	HE3:
¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta los vacíos de aire de la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar la variación de los vacíos de aire en la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú	La incorporación de fibra de bambú disminuye los vacíos de aire de la mezcla asfáltica en caliente.
PE4:	OE4:	HE4:
¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar la variación de la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú.	La resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en caliente incorporando fibra de bambú tiene una variación alta.
PE5:	OE5:	HE5:
¿De qué manera la incorporación de fibra de bambú afecta la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar la variación de la resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibra de bambú	La resistencia a la flexión de la mezcla asfáltica en caliente incorporando fibra de bambú tiene una variación moderada.

Vacíos de aire	Vacíos llenos de asfalto (VFA)	Ensayo Marshall (MTC E 504)
	Vacíos en el agregado mineral (VMA)	Ensayo Marshall (MTC E 504)
	Vacíos totales de la mezcla (VTM)	Ensayo Marshall (MTC E 504)
Resistencia a la compresión	Índice de resistencia conservada	Ensayo de inmesión-compresión (MTC 513, MTC 518)
	Promedio de la resistencia a la compresión	Ensayo de inmesión-compresión (MTC 513, MTC 518)
Resistencia a la flexión	Máxima carga aplicada	Ensayo de flexión (MTC 709)
	Módulo de rotura	Ensayo de flexión (MTC 709)

Muestreo:
Por conveniencia

ANEXO 04: Validez

	VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	

Tesis: "Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022"

Autor: Bach. Delgado Cárdenas, Johnny.

Fecha: 23/06/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.													X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
4. Organización	Existe una organización lógica.													X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

APORTES Y/O SUGERENCIAS:

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

- PROCEDE SU APLICACIÓN
- DEBE CORREGIR

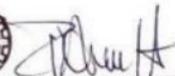
X

NOMBRE DEL ESPECIALISTA:

Dr. Ing. Roberto Acuña Huamán

N° CIP: 149476

FIRMA Y SELLO:



ROBERTO ACUÑA HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 149476

Tesis: "Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022"

Autor: Bach. Delgado Cárdenas, Johnny

Fecha: 23/06/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.												X	
12. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
13. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
14. Organización	Existe una organización lógica.												X	
15. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
16. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
17. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
18. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
19. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
20. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

APORTES Y/O SUGERENCIAS:

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

- PROCEDE SU APLICACIÓN
- DEBE CORREGIR

NOMBRE DEL ESPECIALISTA:

Mg. Ing. Elmer Quahualucho Troncoso

N° CIP: 229961

FIRMA Y SELLO:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL CUSCO

Ing. Elmer Quahualucho Troncoso
INGENIERO CIVIL
CIP: 229961

Tesis: "Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la avenida Tumbes, 2022"

Autor: Bach. Delgado Cárdenas, Johnny

Fecha: 23/06/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.												X	
22. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
23. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
24. Organización	Existe una organización lógica.												X	
25. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
26. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
27. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
28. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
29. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
30. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

APORTES Y/O SUGERENCIAS:

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

• PROCEDE SU APLICACIÓN

• DEBE CORREGIR

NOMBRE DEL ESPECIALISTA:

Mg. Ing. Yancarlos Michel Quispe Pimentel

N° CIP: 233542

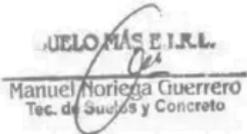
FIRMA Y SELLO:



 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Yancarlos Michel Quispe Pimentel
 INGENIERO CIVIL
 CIP 233542

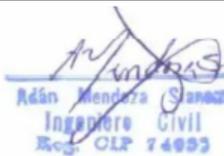
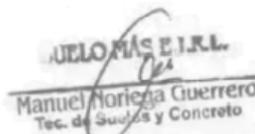
ANEXO 05. Ensayos de laboratorio

Ensayo Marshall – mezcla patrón.

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes						
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"							
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS							
FECHA:	21-08-22							
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)								
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN							
DISEÑO:	Cemento Asfáltico (C.A.)		5.50%				Peso por briqueta	
	Piedra triturada de ¾"	(35%)	94.5%	1260 (gr)			1260 gramos	
	Arena gruesa chancada	(40%)						
	Arena gruesa zarandeada	(25%)						
	Fibra de bambú		0.0%	0.0 (gr)				
BRIQUETA		N°	1	2	3	4	5	6
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Peso específico de la arena gruesa chancada -Bulk		2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
3	Peso específico de la arena natural zarandeada -Bulk		2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
4	Peso específico aparente de la fibra		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico		1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	C.A. en peso de la mezcla	%	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla	%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla	%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla	%	33.89	33.89	33.89	33.89	33.89	33.89
11	Total de mezcla	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Peso específico teórico máximo		2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
14	Peso de la briqueta al aire	gr	1238.9	1240.5	1241.4	1239.8	1236.7	1241.4
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)	gr	1242	1243	1244	1242	1240	1244
16	Peso de la briqueta en el agua	gr	718	720	721	719	717	721
17	Agua absorbida	%	0.60	0.80	0.90	0.60	0.50	0.90
18	Volumen de la briqueta	c.c.	527	529	526	525	523	526
19	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/c.c.	2.354	2.359	2.368	2.364	2.370	2.368
20	Vacios totales en la mezcla (VTM)	%	4.24	4.35	3.98	3.42	3.32	3.98
21	Vacios en agregado mineral (V.M.A.)	%	15.38	15.45	15.24	14.89	14.96	15.24
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)	%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10	74.64
23	Estabilidad sin corregir	Lb	2240.00	2340.00	2450.00	2100.00	2360.00	2450.00
24	Factor de estabilidad	K	0.98	0.98	0.98	1	1	0.98
25	Estabilidad corregida	Lb	2195	2200	2150	2140	2260	2210
26	Estabilidad corregida – promedio	Lb	2190					
27	Peso unitario	gr/c.c.	2.340	2.348	2.354	2.342	2.330	2.353
28	Peso unitario – promedio	gr/c.c.	2.340					
29	Flujo	mm	3.48	3.30	3.44	3.30	3.38	3.43
30	Flujo – promedio	mm	3.35					
31	Vacios totales de la mezcla (VTM) - promedio	%	3.67					
32	VMA – promedio	%	15.18					
33	VFA – promedio	%	73.26					
34	Coefficiente de variación para la estabilidad		4.42					
35	Coefficiente de variación para el flujo		3.93					
Observaciones:								
		 Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto			 Adán Mendera Ingeniero Civil Reg. CLP 74993			

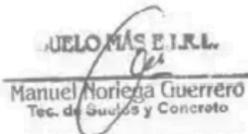
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo Marshall – mezcla con adición de fibra de bambú (0.25%)

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes						
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"							
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS							
FFCHA:	21-08-22							
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)								
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm (0.25%)							
DISEÑO:	Cemento Asfáltico (C.A.)		5.50%	1260 (gr)			Peso por briqueta	
	Piedra triturada de ¾"	(35%)	94.5%				1263.15 gramos	
	Arena gruesa chancada	(40%)						
	Arena gruesa zarandeada	(25%)						
	Fibra de bambú	4 mm	0.25%	3.15 (gr)				
BRIQUETA								
		N°	1	2	3	4	5	6
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Peso específico de la arena gruesa chancada -Bulk		2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
3	Peso específico de la arena natural zarandeada -Bulk		2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
4	Peso específico aparente de la fibra		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico		1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
7	C.A. en peso de la mezcla	%	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla	%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla	%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla	%	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82
11	Total de mezcla	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Peso específico teórico máximo		2.461	2.461	2.461	2.461	2.461	2.461
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
14	Peso de la briqueta al aire	gr	1244.9	1245.5	1246.4	1245.8	1240.7	1246.4
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)	gr	1248	1249	1250	1249	1242	1250
16	Peso de la briqueta en el agua	gr	726	724	725	723	721	725
17	Agua absorbida	%	0.90	1.10	1.20	0.80	0.70	1.20
18	Volumen de la briqueta	c.c.	525	526	524	526	521	524
19	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/c.c.	2.374	2.376	2.384	2.381	2.389	2.384
20	Vacios totales en la mezcla (VTM)	%	3.12	3.58	3.08	3.22	3.42	3.08
21	Vacios en agregado mineral (V.M.A.)	%	14.85	14.42	14.23	14.78	14.64	14.23
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)	%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10	74.64
23	Estabilidad sin corregir	Lb	2540.00	2520.00	2536.00	2520.00	2450.00	2485.00
24	Factor de estabilidad	K	0.98	0.98	0.98	1	1	0.98
25	Estabilidad corregida	Lb	2489	2469	2486	2520	2450	2485
26	Estabilidad corregida – promedio	Lb	2480					
27	Peso unitario	gr/c.c.	2.348	2.368	2.374	2.342	2.355	2.338
28	Peso unitario – promedio	gr/c.c.	2.350					
29	Flujo	mm	3.18	3.23	3.21	3.19	3.17	3.22
30	Flujo – promedio	mm	3.20					
31	Vacios totales de la mezcla (VTM) - promedio	%	3.22					
32	VMA – promedio	%	14.94					
33	VFA – promedio	%	76.84					
34	Coefficiente de variación para la estabilidad		6.08					
35	Coefficiente de variación para el flujo		5.25					
Observaciones:								
 Adán Mendoza Sانشon Ingeniero Civil Reg. OLP 74093				 SUELO MÁS E.I.R.L. Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto				

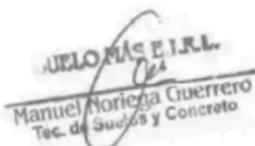
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo Marshall – mezcla con adición de fibra de bambú (0.50%)

 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes								
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"							
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS							
FECHA:	21-08-22							
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)								
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm (0.50%)							
DISEÑO:	Cemento Asfáltico (C.A.)		5.50%	1260 (gr)		Peso por briqueta 1266.30 gramos		
	Piedra triturada de ¾"	(35%)	94.5%					
	Arena gruesa chancada	(40%)						
	Arena gruesa zarandeada	(25%)						
	Fibra de bambú	4 mm	0.50%	6.30 (gr)				
BRIQUETA		N°	1	2	3	4	5	6
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Peso específico de la arena gruesa chancada -Bulk		2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
3	Peso específico de la arena natural zarandeada -Bulk		2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
4	Peso específico aparente de la fibra		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico		1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla	%	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
7	C.A. en peso de la mezcla	%	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla	%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla	%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla	%	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82
11	Total de mezcla	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Peso específico teórico máximo		2.461	2.461	2.461	2.461	2.461	2.461
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
14	Peso de la briqueta al aire	gr	1244.9	1245.5	1246.4	1245.8	1240.7	1246.4
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)	gr	1248	1249	1250	1249	1242	1250
16	Peso de la briqueta en el agua	gr	726	724	725	723	721	725
17	Agua absorbida	%	0.90	1.10	1.20	0.80	0.70	1.20
18	Volumen de la briqueta	c.c.	525	526	524	526	521	524
19	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/c.c.	2.374	2.376	2.384	2.381	2.389	2.384
20	Vacios totales en la mezcla (VTM)	%	3.12	3.58	3.08	3.22	3.42	3.08
21	Vacios en agregado mineral (V.M.A.)	%	14.85	14.42	14.23	14.78	14.64	14.23
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)	%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10	74.64
23	Estabilidad sin corregir	Lb	2489.00	2580.00	2438.00	2633.00	2517.00	2538.00
24	Factor de estabilidad	K	1.00	0.98	1.00	0.98	1	1.00
25	Estabilidad corregida	Lb	2489	2528	2438	2580	2517	2538
26	Estabilidad corregida – promedio	Lb	2520					
27	Peso unitario	gr/c.c.	2.348	2.358	2.364	2.352	2.341	2.363
28	Peso unitario – promedio	gr/c.c.	2.352					
29	Flujo	mm	3.18	3.13	3.11	3.19	3.16	3.12
30	Flujo – promedio	mm	3.15					
31	Vacios totales de la mezcla (VTM) - promedio	%	3.19					
32	VMA – promedio	%	15.03					
33	VFA – promedio	%	77.15					
34	Coefficiente de variación para la estabilidad		6.22					
35	Coefficiente de variación para el flujo		5.48					
Observaciones:								
				 SUELO MÁS E.I.R.L. Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto		 Adán Mendoza Sandoval Ingeniero Civil Reg. CLP 74993		

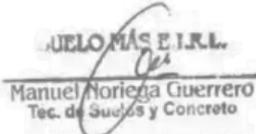
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo Marshall – mezcla con adición de fibra de bambú (0.75%)

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L.					
JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes							
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"						
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS						
UBICACIÓN:	21-08-22						
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)							
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm (0.75%)						
DISEÑO:	Cemento Asfáltico (C.A.)		5.50%				
	Piedra triturada de ¾"	(35%)	94.5%				
	Arena gruesa chancada	(40%)					
	Arena gruesa zarandeada	(25%)					
	Fibra de bambú	4 mm	0.75%				
		1260 (gr)	9.45 (gr)				
		Peso por briqueta					
		1269.45 gramos					
BRIQUETA	N°	1	2	3	4	5	6
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Peso específico de la arena gruesa chancada –Bulk	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
3	Peso específico de la arena natural zarandeada –Bulk	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
4	Peso específico aparente de la fibra	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla	%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
7	C.A. en peso de la mezcla	%	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla	%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla	%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla	%	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82
11	Total de mezcla	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Peso específico teórico máximo		2.461	2.461	2.461	2.461	2.461
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
14	Peso de la briqueta al aire	gr	1244.9	1245.5	1246.4	1245.8	1240.7
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)	gr	1248	1249	1250	1249	1242
16	Peso de la briqueta en el agua	gr	726	724	725	723	721
17	Agua absorbida	%	0.90	1.10	1.20	0.80	0.70
18	Volumen de la briqueta	c.c.	525	526	524	526	521
19	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/c.c.	2.374	2.376	2.384	2.381	2.389
20	Vacios totales en la mezcla (VTM)	%	3.12	3.58	3.08	3.22	3.42
21	Vacios en agregado mineral (V.M.A.)	%	14.85	14.42	14.23	14.78	14.64
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)	%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10
23	Estabilidad sin corregir	Lb	2544.00	2484.00	2616.00	2575.00	2558.00
24	Factor de estabilidad	K	0.98	0.98	0.98	1	1
25	Estabilidad corregida	Lb	2494	2435	2564	2575	2558
26	Estabilidad corregida – promedio	Lb	2550				
27	Peso unitario	gr/c.c.	2.348	2.328	2.354	2.332	2.345
28	Peso unitario – promedio	gr/c.c.	2.347				
29	Flujo	mm	3.08	3.05	3.01	3.04	3.06
30	Flujo – promedio	mm	3.05				
31	Vacios totales de la mezcla (VTM) - promedio	%	3.11				
32	VMA – promedio	%	15.25				
33	VFA – promedio	%	78.37				
34	Coefficiente de variación para la estabilidad		5.98				
35	Coefficiente de variación para el flujo		4.17				
Observaciones:							
							

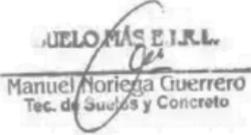
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo Marshall – mezcla con adición de fibra de bambú (1.00%)

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes								
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"									
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS									
FECHA:	21-08-22									
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)										
TIPO DE MEZCLA:		MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm (1.00%)								
DISEÑO:		Cemento Asfáltico (C.A.)		5.50%	1260 (gr)			Peso por briqueta		
		Piedra triturada de ¾"	(35%)	94.5%				1272.60 gramos		
		Arena gruesa chancada	(40%)							
		Arena gruesa zarandeada	(25%)							
		Fibra de bambú	4 mm	1.00%						
BRIQUETA		N°	1	2	3	4	5	6		
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75		
2	Peso específico de la arena gruesa chancada -Bulk		2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73		
3	Peso específico de la arena natural zarandeada -Bulk		2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72		
4	Peso específico aparente de la fibra		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19		
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico		1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024		
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla		%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
7	C.A. en peso de la mezcla		%	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587		
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla		%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90		
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla		%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72		
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla		%	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82		
11	Total de mezcla		%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
12	Peso específico teórico máximo			2.461	2.461	2.461	2.461	2.461		
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados			2.64	2.64	2.64	2.64	2.64		
14	Peso de la briqueta al aire		gr	1244.9	1245.5	1246.4	1245.8	1240.7		
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)		gr	1248	1249	1250	1249	1242		
16	Peso de la briqueta en el agua		gr	726	724	725	723	721		
17	Agua absorbida		%	0.90	1.10	1.20	0.80	0.70		
18	Volumen de la briqueta		c.c.	525	526	524	526	521		
19	Peso específico Bulk de la briqueta		gr/c.c.	2.374	2.376	2.384	2.381	2.389		
20	Vacíos totales en la mezcla (VTM)		%	3.12	3.58	3.08	3.22	3.42		
21	Vacíos en agregado mineral (V.M.A.)		%	14.85	14.42	14.23	14.78	14.64		
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)		%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10		
23	Estabilidad sin corregir		Lb	2400.00	2357.00	2381.00	2298.00	2336.00		
24	Factor de estabilidad		K	0.98	0.98	0.98	1	1		
25	Estabilidad corregida		Lb	2352	2310	2334	2298	2336		
26	Estabilidad corregida – promedio		Lb	2330						
27	Peso unitario		gr/c.c.	2.332	2.336	2.354	2.362	2.325		
28	Peso unitario – promedio		gr/c.c.	2.342						
29	Flujo		mm	2.75	2.88	2.64	2.88	2.72		
30	Flujo – promedio		mm	2.80						
31	Vacíos totales de la mezcla (VTM) - promedio		%	3.07						
32	VMA – promedio		%	15.48						
33	VFA – promedio		%	79.86						
34	Coeficiente de variación para la estabilidad			4.86						
35	Coeficiente de variación para el flujo			3.98						
Observaciones:		 								

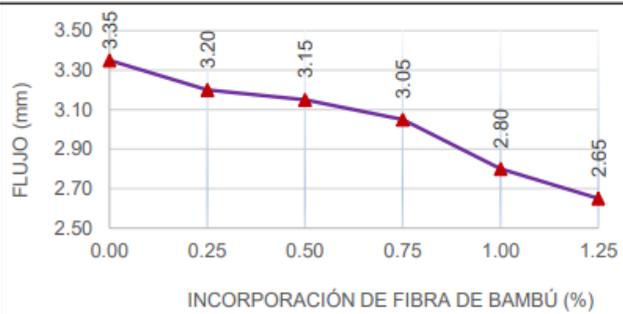
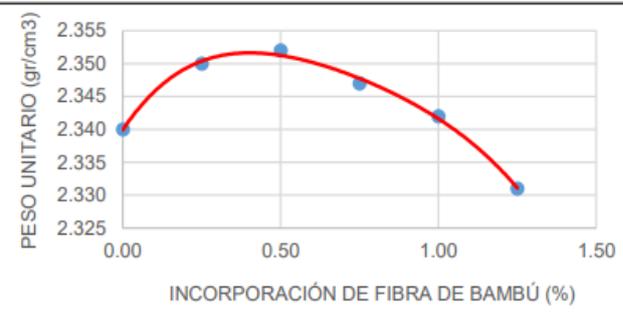
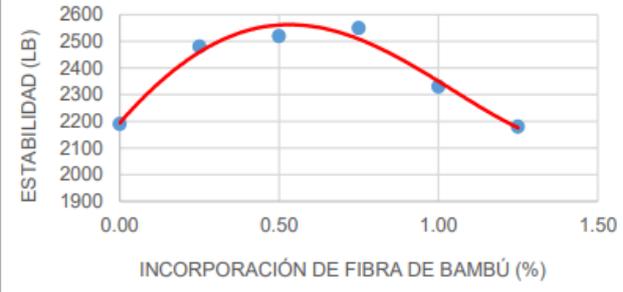
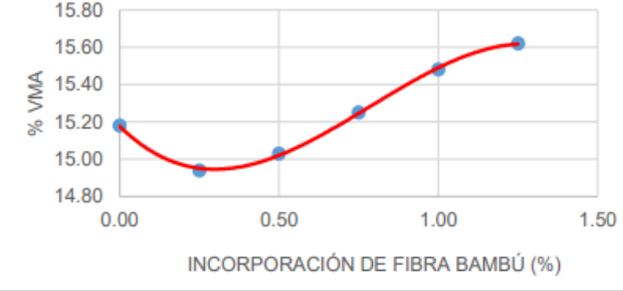
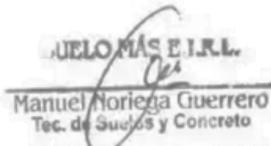
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo Marshall – mezcla con adición de fibra de bambú (1.25%)

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L.					
JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes							
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"						
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS						
UBICACIÓN:	21-08-22						
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)							
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm (1.25%)						
DISEÑO:	Cemento Asfáltico (C.A.)	5.50%	1260 (gr) 15.75 (gr)				
	Piedra triturada de ¾"	(35%)					
	Arena gruesa chancada	(40%)					
	Arena gruesa zarandeada	(25%)					
	Fibra de bambú	4 mm					
			Peso por briqueta				
			1275.75 gramos				
BRIQUETA							
	N°	1	2	3	4	5	6
1	Peso específico de la piedra chancada de ¾" -Bulk	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Peso específico de la arena gruesa chancada –Bulk	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
3	Peso específico de la arena natural zarandeada –Bulk	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
4	Peso específico aparente de la fibra	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
5	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024
6	Fibra de bambú en peso de la mezcla	%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
7	C.A. en peso de la mezcla	%	5.587	5.587	5.587	5.587	5.587
8	Arena gruesa chancada en peso de la mezcla	%	38.90	38.90	38.90	38.90	38.90
9	Arena natural zarandeada en peso de la mezcla	%	24.72	24.72	24.72	24.72	24.72
10	Piedra chancada de ¾" en peso de la mezcla	%	33.82	33.82	33.82	33.82	33.82
11	Total de mezcla	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Peso específico teórico máximo		2.461	2.461	2.461	2.461	2.461
13	Peso específico Bulk de la combinación de agregados		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
14	Peso de la briqueta al aire	gr	1244.9	1245.5	1246.4	1245.8	1240.7
15	Peso de la briqueta en el aire (condición SSS)	gr	1248	1249	1250	1249	1242
16	Peso de la briqueta en el agua	gr	776	774	775	773	771
17	Agua absorbida	%	0.90	1.10	1.20	0.80	0.70
18	Volumen de la briqueta	c.c.	525	526	524	526	521
19	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/c.c.	2.374	2.376	2.384	2.381	2.389
20	Vacios totales en la mezcla (VTM)	%	3.12	3.58	3.08	3.22	3.42
21	Vacios en agregado mineral (V.M.A.)	%	14.85	14.42	14.23	14.78	14.64
22	Asfalto absorbido por el agregado total (VFA)	%	71.89	72.56	74.64	74.89	72.10
23	Estabilidad sin corregir	Lb	2214.00	2198.00	2189.00	2150.00	2133.00
24	Factor de estabilidad	K	1	0.98	1	0.98	1
25	Estabilidad corregida	Lb	2214	2154	2189	2106	2133
26	Estabilidad corregida – promedio	Lb	2180				
27	Peso unitario	gr/c.c.	2.332	2.346	2.342	2.337	2.324
28	Peso unitario – promedio	gr/c.c.	2.331				
29	Flujo	mm	2.65	2.54	2.67	2.58	2.64
30	Flujo – promedio	mm	2.65				
31	Vacios totales de la mezcla (VTM) - promedio	%	3.01				
32	VMA – promedio	%	15.62				
33	VFA – promedio	%	80.23				
34	Coefficiente de variación para la estabilidad		3.12				
35	Coefficiente de variación para el flujo		1.46				
Observaciones:							
							

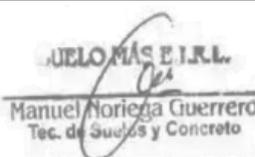
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Resumen de resultados de ensayo Marshall.

	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes																												
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"																												
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS																												
UBICACIÓN:	21-08-22																												
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6926 Y 6927)																													
TIPO DE MEZCLA:	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON FIBRAS DE BAMBÚ DE 4 mm																												
RESUMEN DE RESULTADOS																													
 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>Flujo (mm) vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>Flujo (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>3.35</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>3.20</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>3.15</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>3.05</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>2.80</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>2.65</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	Flujo (mm)	0.00	3.35	0.25	3.20	0.50	3.15	0.75	3.05	1.00	2.80	1.25	2.65	 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>Peso Unitario (gr/cm³) vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>Peso Unitario (gr/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>2.340</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>2.350</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>2.355</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>2.345</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>2.340</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>2.330</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	Peso Unitario (gr/cm³)	0.00	2.340	0.25	2.350	0.50	2.355	0.75	2.345	1.00	2.340	1.25	2.330
Incorporación (%)	Flujo (mm)																												
0.00	3.35																												
0.25	3.20																												
0.50	3.15																												
0.75	3.05																												
1.00	2.80																												
1.25	2.65																												
Incorporación (%)	Peso Unitario (gr/cm³)																												
0.00	2.340																												
0.25	2.350																												
0.50	2.355																												
0.75	2.345																												
1.00	2.340																												
1.25	2.330																												
 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>% VFA vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>% VFA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>73.00</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>76.50</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>77.00</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>78.50</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>79.50</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>80.50</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	% VFA	0.00	73.00	0.25	76.50	0.50	77.00	0.75	78.50	1.00	79.50	1.25	80.50	 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>Estabilidad (LB) vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>Estabilidad (LB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>2200</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>2450</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>2500</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>2550</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>2300</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>2150</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	Estabilidad (LB)	0.00	2200	0.25	2450	0.50	2500	0.75	2550	1.00	2300	1.25	2150
Incorporación (%)	% VFA																												
0.00	73.00																												
0.25	76.50																												
0.50	77.00																												
0.75	78.50																												
1.00	79.50																												
1.25	80.50																												
Incorporación (%)	Estabilidad (LB)																												
0.00	2200																												
0.25	2450																												
0.50	2500																												
0.75	2550																												
1.00	2300																												
1.25	2150																												
 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>% Vacíos vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>% Vacíos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>3.60</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>3.20</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>3.15</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>3.10</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>3.05</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>3.00</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	% Vacíos	0.00	3.60	0.25	3.20	0.50	3.15	0.75	3.10	1.00	3.05	1.25	3.00	 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <caption>% VMA vs. Incorporación de Fibra de Bambú (%)</caption> <thead> <tr> <th>Incorporación (%)</th> <th>% VMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>15.20</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>14.90</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>15.00</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>15.25</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>15.50</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>15.60</td></tr> </tbody> </table>	Incorporación (%)	% VMA	0.00	15.20	0.25	14.90	0.50	15.00	0.75	15.25	1.00	15.50	1.25	15.60
Incorporación (%)	% Vacíos																												
0.00	3.60																												
0.25	3.20																												
0.50	3.15																												
0.75	3.10																												
1.00	3.05																												
1.25	3.00																												
Incorporación (%)	% VMA																												
0.00	15.20																												
0.25	14.90																												
0.50	15.00																												
0.75	15.25																												
1.00	15.50																												
1.25	15.60																												
Observaciones:	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>SUELO MÁS E.I.R.L. Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Adán Mendoza Sanabria Ingeniero Civil Reg. CIP 74093</p> </div> </div>																												

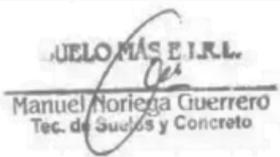
Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo de inmersión – compresión.

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes		
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"			
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS			
UBICACIÓN:	05-09-22			
ENSAYO DE INMERSIÓN – COMPRESIÓN (ASTM D 6926 Y 6927)				
% DE FIBRA DE BAMBÚ	DENOMINACIÓN	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)
		MPa	Kg/cm ²	
Patrón (0%)	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	3.85	39.26	84.06
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.58	46.70	
25%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	4.42	45.07	85.66
	Baño de aire a 25°C por 24 h	5.16	52.62	
50%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	5.73	58.43	88.84
	Baño de aire a 25°C por 24 h	6.45	65.77	
75%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	6.38	65.06	90.63
	Baño de aire a 25°C por 24 h	7.04	71.79	
1.00%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	4.27	43.54	87.32
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.89	49.86	
1.25%	Inmersión en Baño María 60°C por 24h	3.98	40.58	85.78
	Baño de aire a 25°C por 24 h	4.64	47.32	
<u>Observaciones:</u>		 SUELO MÁS E.I.R.L. Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto		
		 Adán Mendoza Ingeniero Civil Reg. CLP 74003		

Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

Ensayo de flexión en vigas con cargas a los tercios del tramo.

		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L. JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES ☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes						
PROYECTO:	TESIS "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"							
SOLICITA:	BACH. JOHNNY DELGADO CÁRDENAS							
UBICACIÓN:	05-09-22							
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (MTC E 709)								
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO								
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS								
VIGA		MÁX. CARGA APLICADA		MÓDULO DE ROTURA				
% de fibra	Dimensiones	Promedio (mm)	Long. Libre (mm)	P _{máx} (kg)	P (N)	R (MPa)	R (kg/cm ²)	% Var. respecto al patrón
Patrón (0%)	Ancho	150.00	432.00	450	4511	0.6	6.1	---
	Altura	142.50						
0.25%	Ancho	150.00	432.00	520	5099	0.7	6.9	13%
	Altura	142.25						
0.50%	Ancho	150.00	432.00	680	6669	0.9	9.0	48%
	Altura	142.45						
0.75%	Ancho	150.00	432.00	710	6963	0.9	9.4	54%
	Altura	142.50						
1.00%	Ancho	150.00	432.00	640	6276	0.8	8.5	39%
	Altura	142.35						
1.25%	Ancho	150.00	432.00	560	5492	0.7	7.4	22%
	Altura	140.25						
NÚMERO DE PETICIONES A LA FALLA								
% DE FIBRA	% variación respecto al patrón	Observación		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
				% variación respecto al patrón	Observación			
PATRÓN (%)	-	-		-	-			
0.25%	16%	Mayor al patrón		13%	Mayor al patrón			
0.50%	21%	Mayor al patrón		48%	Mayor al patrón			
0.75%	22%	Mayor al patrón		54%	Mayor al patrón			
1.00%	19%	Mayor al patrón		39%	Mayor al patrón			
1.25%	17%	Mayor al patrón		22%	Mayor al patrón			
Observaciones:								
			 SUELO MÁS E.I.R.L. Manuel Noriega Guerrero Tec. de Suelos y Concreto		 Adán Mendoza Sandoval Ingeniero Civil Reg. CLP 74953			

Fuente: SUELO MÁS E.I.R.L.

ANEXO 06. Certificados de calibración

	<p>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016</p>	
CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-18569-2022		
PROFORMA : 5423A	Fecha de emisión : 2022-07-20	
SOLICITANTE : SUELO MÁS E.I.R.L.		
Dirección : JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES		
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA		TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.
Tipo : ELECTRÓNICA		TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.
Marca : OHAUS		Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Modelo : PAJ4102		Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
N° de Serie : B641138449		Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Capacidad Máxima : 4100 g		
Resolución : 0,01 g		
División de Verificación : 0,1 g		
Clase de Exactitud : II		
Capacidad Mínima : 5 g		
Procedencia : CHINA		
N° de Parte : No Indica		
Identificación : No Indica		
Ubicación : LABORATORIO		
Variación de ΔT Local : 10 °C		
Fecha de Calibración : 2022-07-20		
LUGAR DE CALIBRACIÓN		
Instalaciones de SUELO MÁS E.I.R.L.		
MÉTODO DE CALIBRACIÓN		
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.		
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.		
El presente documento carece de valor sin firma y sello.		
		 Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico CFP: 0316
		Página : 1 de 3
	<p>Av. Candela de Lemos N°117 San Miguel, Lima</p>	<p>(01) 262 91 81 (51) 944 401 005</p>
		<p>Informa@testcontrol.com.pe www.testcontrol.com.pe</p>

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-18574-2022

O.T. : 5423A

Fecha de emisión : 2022-07-20

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SUELO MÁS E.I.R.L.

Dirección : JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA MARSHALL
Marca : NO INDICA
Modelo : MA-75
N° Serie : 156
Intervalo de indicación : 0 - 5000KG
Resolución : 0,1 KG
Procedencia : PERU
Código de identificación : NO INDICA
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2022-07-20

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

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de SUELO MÁS E.I.R.L.

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

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

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

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	25,9°C	27,2°C
HUMEDAD RELATIVA	52,0%	48,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-18578-2022

PROFORMA : 5423A

Fecha de emisión : 2022-07-20

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : SUELO MÁS E.I.R.L.

Dirección : JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MÁQUINA DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Marca : METROTEST

Modelo : MC-152

N° de Serie : 112

Identificación : NO INDICA

Procedencia : PERUANA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-07-20

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

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de SUELO MÁS E.I.R.L.

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

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida.

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

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	27,8 °C	28,4 °C
HUMEDAD RELATIVA	51 % HR	53 % HR

Los resultados en el presente documento en sus datos son utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316



ANEXO 07. Panel fotográfico



Foto N°1. Materiales empleados en la mezcla asfáltica: Filler, arena, grava, cemento asfáltico, fibra de bambú.



Foto 2. Colocación de mezcla en los moldes.



Foto 3. Compactación de briquetas.



Foto 4. Pesaje de briquetas.



Foto 5. Ensayo Marshall.



Foto 7. Av. Tumbes cruce con Av. Miguel Grau.



Foto 8. Vista de la Av. Tumbes a la altura del Puente Tumbes.



Foto 9. Vista 1 de la Av. Tumbes cruce con Av. Piura.



Foto 10. Vista 2 de la Av. Tumbes cruce con Av. Piura.

ANEXO 08. Boleta de ensayos realizados en laboratorio



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
SUELO MÁS E.I.R.L.**

JR. CAHUIDE N° 248 - EL MILAGRO - TUMBES
☎ 522092 - CEL 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

R.U.C. 20409424245

**BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA**

N° B001 - 00000216

Cliente : JOHNNY DELGADO CARDENAS
Dirección : ----
DNI : 70285619

Observaciones

FECHA EMISION 10/09/2022		FEC. VENCIMIENTO.	ORDEN COMPRA / PEDIDO	GUIA	COND. PAGO CONTADO	
CANTIDAD.	U.M	DESCRIPCIÓN			PRECIO UNIT.	IMPORTE (Inc. IGV)
1	UNIDAD	ENSAYOS VARIOS TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE BAMBÚ EN LAS PROPIEDADES DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA TUMBES, 2022"			2782.50	2782.50

SON: DOS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y DOS CON 50/100 SOLES



OP. GRAVADA (S/)	2358.00
TOTAL IGV (S/)	424.50
IMPORTE TOTAL (S/)	2782.50

Representación Impresa de BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA , Autorizado por Resolución 0340060002156/SUNAT Puede ser consultado en: www.mifact.net





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Tumbes, 2022", cuyo autor es DELGADO CARDENAS JOHNNY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, 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.

LIMA, 28 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO DNI: 70407573 ORCID: 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 28-11- 2022 23:28:52

Código documento Trilce: TRI - 0459563