



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL CON MENCIÓN EN
CARRETERAS, PUENTES Y TÚNELES**

**Uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfálticatibia para reducir
el efecto de la temperatura**

TESIS

Para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Vial con Mención
en Carreteras, Puentes y Túneles

AUTOR

Bachiller Garcia Mendoza, Alan

(ORCID: 0000.0003.0766.1824)

ASESOR

Doctor Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel

(ORCID: 0000.0002.4568.9759)

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Garcia Mendoza, Alan

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 43397348

Datos de asesor

Doctor Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 31615059

Datos del jurado

JURADO 1: Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno, DNI N°07410234,
ORCID 0000-0003-0512-8954

JURADO 2: Doctor Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino, DNI N°07065758,
ORCID 0000-0002-8873-189x

JURADO 3: Doctor Altamirano Herrera, Aníbal, DNI N°10426902, ORCID
0000-0003-2940-0078

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 732527

Código del Programa: 2.01.05

DEDICATORIA

A mis padres Glicerio y Martina, por ese ejemplo constante de auto superación y fortaleza para continuar siempre hacia adelante, enfrentando la vida con amor y lucha.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a toda la planta de catedráticos de la Maestría en Ingeniería Vial de la Universidad Ricardo Palma, en especial a mi asesor y gran maestro el Dr. Tamara Rodríguez, Joaquin Samuel, por la paciencia, enseñanza y orientación al desarrollar la presente tesis de maestría.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del problema.....	13
1.2 Formulación del Problema.....	14
1.3 Importancia y justificación del estudio	14
1.4 Delimitaciones de la investigación.....	15
1.5 Objetivos de la Investigación	16
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Marco Histórico	17
2.2 Investigaciones relacionadas al tema	21
2.3 Estructura Teórica y científica que sustenta el estudio.....	21
2.4 Definición de Términos Básicos	40
2.5 Hipótesis.....	43
2.6 Variables	44
CAPITULO III	46
3 MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.1 Tipo de la Investigación	46

3.2 Población y muestra.....	47
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	47
CAPÍTULO IV.....	48
4 Resultados y análisis de resultados	48
4.1. Análisis y Discusión de Resultados.....	53
CAPITULO V	60
5 Conclusiones y recomendaciones	60
5.1 Conclusiones de la investigación	60
5.2 Recomendaciones de la investigación.....	61
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	62
CAPITULO VII	65
7 Anexos	65

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	37
TABLA 2: Cultivo de palma aceitera en el Perú	40
TABLA 3: Relación de variables Independiente	45
TABLA 4: Relación de variables Dependiente	45
TABLA 5: Peso específico promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%	48
TABLA 6: Vacíos con aire según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50%y 2.00%	49
TABLA 7: Flujo según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%	50
TABLA 8: Estabilidad corregida según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%	51
TABLA 9: Índice de rigidez según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%	52

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1: Descarga de mezcla asfáltica	27
FIGURA 2: Reducción de temperaturas	28

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica durante su fabricación a fin de reducir el efecto de la temperatura, a través del ensayo Marshall en el año 2021. El método de la investigación que se utilizó fue el método deductivo, de orientación cuantitativa, la recolección de datos fue retrolectiva, longitudinal. Siendo el diseño experimental. El mejor peso específico es del asfalto convencional, pero a medida que se aumenta el aceite de palma, se incrementa el peso específico. En los vacíos del aire se puede encontrar que se rechaza la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula para este resultado. Así mismo se ve en los flujos. Podemos concluir que la mayor cantidad de vacíos, se da con aceite de palma al 1.00% y 1.50%, sin que se muestre diferencias significativas entre los grupos estudiados, por lo que el porcentaje de vacíos. Así mismo se concluye que el flujo es del asfalto convencional, pero a medida que aumentamos el aceite de palma, se incrementa el flujo. La mejor estabilidad corregida es asfalto convencional a medida en que incrementamos la concentración de aceite reducimos la estabilidad corregida y el mayor índice de rigidez es asfalto convencional y a medida en que incrementamos la concentración de aceite reduce el índice de rigidez.

Palabras Clave: Aceite de palma crudo, mezcla asfáltica tibia, efecto de la temperatura.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the percentage of use of crude palm oil in the asphalt mixture during its manufacture in order to reduce the effect of temperature, through the Marshall test in the year 2021. The research method that was used was the deductive method, quantitatively oriented, the data collection was retrolective, longitudinal. Being the experimental design. The best specific weight is conventional asphalt but as palm oil increases, the specific weight increases. In air voids it can be found that the alternate hypothesis is rejected and we accept the null hypothesis for this result. The same is seen in the flows. We can conclude that the largest number of gaps occurs with palm oil at 1.00% and 1.50%, without showing significant differences between the groups studied, so the percentage of gaps. We also see that the best specific gravity is from conventional asphalt, but as we increase palm oil, the specific gravity increases. Likewise, it is concluded that the flow is from conventional asphalt, but as we increase palm oil, the flow increases. The best corrected stability is conventional asphalt as we increase the oil concentration we reduce the corrected stability and the highest stiffness index is conventional asphalt and as we increase the oil concentration it reduces the stiffness index.

Keywords: Crude palm oil, warm asphalt mix, temperature effect.

INTRODUCCIÓN

En el Perú la mayoría de los pavimentos asfálticos fueron hechos con mezcla asfáltica tibia con el método Marshall donde intervienen la granulometría continua. Las temperaturas son sensiblemente inferiores a las utilizadas en pavimentación con concretos asfálticos convencionales, exigiéndose que sus características y su comportamiento en servicio sean iguales o superiores. Por eso se requiere innovar el diseño de mezcla asfáltica con la incorporación de aceite de palma crudo para ver sus efectos de impacto ambiental. La incorporación de aceite crudo de palma en mezcla asfáltica tibia permite la reducción de la temperatura, en producción dentro de la normativa técnica peruana.

El diseño de mezcla asfáltica tibia con incorporación de aceite de palma crudo, para determinar el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su fabricación a fin de reducir el efecto de la temperatura, a través del ensayo Marshall, año 2021.

El método empleado en el trabajo consiste en determinar la temperatura en función del porcentaje de dosificación de aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su fabricación a fin de reducir el efecto de la temperatura a través del ensayo Marshall

La limitación que tiene la investigación fue el acceso al insumo de aceite de palma crudo que requiere el diseño de mezcla asfáltica, a causa de la pandemia global del COVID_19, retrasando el inicio de los estudios y los resultados del diseño.

La investigación se realizó en 4 capítulos los cuales se detallan a continuación:

El capítulo I: Se describe la problemática de la mezcla asfáltica tibia, así como la importancia y justificación de utilizar el aceite de palma crudo y materiales en el diseño de mezcla

asfáltica tibia, delimitar la investigación: espacial, temporal, teórica, clima, y Covid_19. Y finalmente resolver los objetivos trazados en la investigación.

El capítulo II: Se refiere a la teoría científica básica que sustenta la investigación como libros, manuales, normativas. Marco histórico se refiere a como el aceite de palma crudo fue avanzando en el tiempo. Las investigaciones relacionadas con el tema, son artículos, tesis, revistas que se parecen a la investigación. Y tiene que tener relación con las variables y las hipótesis.

El capítulo III: El marco metodológico se utiliza para poder desarrollar los objetivos, mediante el método, tipo, nivel y diseño de la investigación. Con una población y muestra a analizar, utilizando técnicas e instrumento de recolección de datos y finalmente describir los procedimientos de análisis de los datos.

El capítulo IV: Se presenta el resultado y análisis de resultado, aquí mostrar todos los resultados de los objetivos propuestos, para luego discutir los resultados obtenidos con un patrón o investigación similares.

Finalmente se da respuesta a los objetivos propuestos con las conclusiones para luego recomendar algunos aportes de la investigación referente al diseño de mezcla asfáltica tibia con aceite de palma crudo.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema.

En el siglo XXI, el cambio climático es uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la humanidad. Dicho cambio, se observó según el siglo XX, el cambio global de la variación de temperaturas y el nivel de CO₂.

El cambio se debe en gran parte a la emisión de gases que aumentan la temperatura ambiente. Entre estos gases destaca el dióxido de carbono, que es producido por las actividades humanas.

Durante miles de años, las emisiones de dióxido de carbono se han mantenido estables, sin embargo, estas emisiones han aumentado significativamente desde la Revolución Industrial.

Desde la década de 1980, se observa una tendencia importante hacia la investigación, el desarrollo y la innovación en productos, procesos y servicios destinados a crear sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la mitigación o adaptación al cambio climático como un tema complejo. La industria del transporte no está exenta de esta tendencia, ya que es una de las mayores contaminadoras y la primera fuente de contaminación ambiental en las zonas urbanas.

Las mezclas asfálticas tibias son elaboradas, extendidas y compactadas a temperaturas sensiblemente inferiores a las utilizadas en la pavimentación con concretos asfálticos convencionales, exigiéndose que sus características y su comportamiento en servicio sean iguales o superiores.

En el presente trabajo de investigación, se realiza la incorporación del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia para ver sus efectos de impacto ambiental. La incorporación de aceite crudo de palma en mezcla asfáltica tibia permite la reducción de la temperatura, se ejecutará dentro de la normativa técnica peruana.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo se relaciona el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su producción para reducir el efecto de la temperatura, utilizando el ensayo Marshall?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la relación entre el peso específico del asfalto convencional, comparado con el peso específico de la mezcla con aceite de palma?
- b. ¿Cuál es la relación entre la cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional comparado con la cantidad de vacíos, con aceite de palma?
- c. ¿Cuál es la relación entre el flujo del asfalto convencional, comparado con el flujo de aceite de palma?
- d. ¿Cuál es la relación entre la estabilidad corregida del asfalto convencional comparado con la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma?
- e. ¿Cuál es la relación entre el índice de rigidez del asfalto convencional comparado con el índice de rigidez de la mezcla con aceite de palma?

1.3 Importancia y justificación del estudio

La mayoría de los pavimentos actuales están hechos de una mezcla asfáltica en caliente, que consiste en betún y agregados minerales. El componente es generalmente una

mezcla de grueso, fino y llenante mineral. Los agregados y asfalto en caliente se mezclan normalmente entre 150 y 180 °C y para su compactado se recomiendan temperaturas entre 130 y 150 °C.

Una mezcla asfáltica en tibio que cumpla las necesidades para cualquier tipo de proyecto vial, será muy importante y beneficioso para cada persona que trabaje y este ubicada alrededor del proyecto, más aún cuando el medio ambiente no se verá afectado. Así mismo es importante señalar que este nuevo diseño de asfalto podrá contribuir en la mejora de propiedades de asfalto común. El objetivo final es poder elaborar mejores carpetas asfálticas en las carreteras de nuestro país, adicionalmente este tema incorpora conceptos de nueva biotecnología para estar a la vanguardia en pavimento y brindar producto de calidad a las carreteras del Perú.

1.4 Delimitaciones de la investigación

1.4.1 Teórica

El proyecto de investigación planteada, para marco teórico no se cuenta con tesis de nivel de posgrado, por lo cual se considera tesis pregrados y revistas.

1.4.2 Espacial

La investigación se efectuará a través de ensayos en laboratorio en Lima Perú.

1.4.3 Temporal

Este trabajo de estudio será durante el periodo 2021 a 2022.

1.4.4 Recurso

Se encuentra con recurso presupuestal de autofinanciamiento, que no influirá negativamente en la investigación.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Determinar la relación entre el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su fabricación a fin de reducir el efecto de la temperatura, a través del ensayo Marshall, año 2021.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar la relación entre el peso específico del asfalto convencional, comparado con el peso específico de la mezcla con aceite de palma.
- b. Identificar la relación entre la cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional comparado con la cantidad de vacíos, con aceite de palma.
- c. Determinar la relación entre el flujo del asfalto convencional, comparado con el flujo de aceite de palma.
- d. Identificar la relación entre la estabilidad corregida del asfalto convencional comparado con la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma.
- e. Determinar la relación entre el índice de rigidez del asfalto convencional comparado con el índice de rigidez de la mezcla con aceite de palma.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Histórico

García y Inga (2020). Indicó en su tesis la variación de las propiedades mecánicas obtenidas del ensayo marshall entre las mezclas asfálticas tibias producidas con diferentes tecnologías y las mezclas asfálticas en caliente. Perú. Tuvieron como objetivo tomando datos de investigaciones anteriores y haciendo un análisis estadístico, determinar el rango de variación de las propiedades mecánicas obtenidas del ensayo Marshall entre las mezclas asfálticas tibias producidas con diferentes tecnologías respecto a las mezclas asfálticas en caliente. Concluyeron que: La menor variación de estabilidad obtenidas del ensayo Marshall de la mezcla asfálticas tibias producidas con diferentes tecnologías respecto a las mezclas asfálticas en caliente es 0.72%, dicha variación se presenta cuando se usa mezcla asfáltica tibia con Genamin BTA al 3% a una temperatura de 121 °C”. “La menor variación de fluencia obtenidas del ensayo Marshall de las mezclas asfálticas tibias producidas con diferentes tecnologías respecto a las mezclas asfáltica en caliente es 0%, dicha variación se presenta cuando se usa mezcla asfáltica tibia con zeolita a 0.09% y con una temperatura de 140 °C.

Méndez et al. (2014). Indicó en su tesis el diseño de mezcla asfáltica tibia, mediante la metodología marshall, utilizando asfalto espumado. Salvador. Tuvieron como objetivo elaborar el diseño de una mezcla asfáltica tibia mediante la metodología Marshall utilizando asfaltos espumosos. Concluyeron que: La dosificación de los agregados utilizada para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente y mezcla asfáltica tibia, se realizó con base a la metodología Bailey, obteniendo el proporcionamiento siguiente: grava ¾” 15%, grava

½” 35% y también arena triturada en el 50 por ciento, con el cual se espera la compactación adecuada de los agregados para mejorar las propiedades de la mezcla tibia. El diseño para la mezcla en caliente fue similar para la mezcla tibia con el uso de asfalto espumado, los cuales se analizaron con la metodología Marshall para mezclas densas, preparando la mezcla óptima para producir y colocar en la zona de trabajo. La mezcla de asfalto tibio espumado se trabaja a temperaturas iguales o algo más bajas que la mezcla en caliente, debe cumplirse siempre con los parámetros de calidad que demanda las normas, en este sentido tanto la mezcla asfáltica tibia como la caliente deben tener el mismo diferencial de temperatura de compactación en campo, para condiciones térmicas de producción similares; obteniendo la curva de compactación de las distintas mezclas en niveles adecuados, en el estudio se obtuvieron temperaturas de 102°C y 106°C, para mezcla asfáltica en caliente y también para la mezcla asfáltica tibia.

Álvarez et al. (2013), por otro lado indicó en su trabajo de investigación la compactabilidad y el desempeño de mezclas asfálticas tibias, en un laboratorio colombiano. En esta investigación se realiza la reducción de temperatura de las mezclas asfálticas, que conlleva ventajas importantes, si es que son comparadas con la construcción de las mezclas asfálticas en caliente (MAC), esto significa ahorros de energía, reducción de las emisiones y mejor seguridad laboral. Se evalúan la compactabilidad y su relación con el desempeño de las mezclas tibias y su diseño en laboratorio (se evaluó la deformación permanente y la resistencia de fisuración), para ello se trabajaron tres fabricaciones con modificadores, tipo el Advera, Sasobit y Evotherm. Los hallazgos mostraron que la compactabilidad en laboratorio de las mezclas tibias era similar o superior a las calientes, estos resultados

permiten menores contenidos óptimos de asfalto que se seleccionaron respecto a la densidad de diseño específico (96%). Para el desempeño, el incluir aditivos para mezcla tibia logró una reducción de la resistencia de la mezcla previniendo deformaciones permanentes, siendo casi igual la resistencia al agrietamiento.

Álvarez et al. (2012), realiza un trabajo sobre la Estructura interna de las mezclas asfálticas tibias que se compactan en el laboratorio, dicho trabajo realizado en Colombia, en el cual se analiza la estructura interna de especímenes de la mezcla tibia, compactados empleando el Compactador Giratorio Superpave (CGS) y el Compactador Giratorio de Tejano (CGTx). Los resultados fueron analizados respecto de las características de los vacíos que se evaluaron con una tomografía multicorte computarizada con Rayos-X y técnicas de análisis de imágenes, los hallazgos recomiendan la adición de aditivos de mezcla tibia que corresponde a una reducción de temperatura para la compactación de especímenes, no generaron cambios estadísticamente significativos de la distribución vertical de los contenidos de vacíos de la distribución de asfalto en caliente. Por otro lado, se muestran diferencias con respecto al tamaño de los vacíos, existiendo evidencia de discrepancias en condición de compactación del agregado, y por ende, se recomienda investigaciones adicionales para la validación de la equivalencia de las mezclas asfálticas tanto tibias como calientes.

Álvarez et al. (2012), en su investigación sobre el Análisis de vacíos en mezclas asfálticas tibias hecha en Colombia aclaran que la evaluación de la estructura interna de las mezclas tibias (calculada en términos de las características de los vacíos conectados (VC)), fueron fabricadas con los aditivos: Asphamin, Sasobit, y Evotherm. El contenido de vacíos que forman rutas conectadas en espécimen de compactación, siendo mejor su relación con

la respuesta de mezclas asfálticas (e.g., permeabilidad) que el contenido total de vacíos. El análisis de vacíos se basó con la aplicación de tomografías con rayos-X multicorte y posteriormente el análisis de imágenes. Los resultados sugieren que es necesario realizar otras investigaciones que caractericen a las mezclas compactadas en campo, que se producen a niveles de densificación muy similares a los que se obtienen en los laboratorios de suelos. La inclusión de aditivos de las mezclas asfálticas tibias y la correspondiente a la reducción de la temperatura, reportan que no afectaron la estructura interna de especímenes compactados en laboratorio (115 mm de altura) producidos para evaluación de mezcla asfáltica.

Lopera y Córdoba (2013) realizó un trabajo relacionado con el Diseño de mezclas asfálticas tibias a partir de asfalto y aceite crudo de palma realizado en Colombia. Este trabajo reporta el análisis del aceite crudo de palma como aditivo que reduce los niveles de viscosidad del asfalto. Se estudiaron 3 muestras distintas, procedentes de tres lugares del país seleccionando la muestra de “dismaprim” por cumplir con los controles de calidad. La gradación de esta mezcla se logró en 54.1% de gruesos, 41.7% de finos y 4.2% de cal hidratada como llenante mezclandolo con asfalto de penetración 60-70, el cual fuera modificado con aceite crudo de palma al 1%. El diseño realizado se basó en los parámetros del método Marshall, la temperatura de producción de la mezcla se logró reducir de 155°C a 126°C, por otro lado la viscosidad del asfalto permitió la mejora del desempeño de las mezclas tibias en comparación a las calientes.

2.2 Investigaciones relacionadas al tema

Lopera Palacios (2011), realizó una investigación en relación al diseño y la producción de mezclas tibias, a partir de mezclas con asfalto mas aceite crudo de palma, trabajo realizado en Colombia que tuvo como finalidad el diseño de mezclas tibias, a base de asfalto biológico, compuesto con aceite crudo de Palma y asfalto base, el cual buscó reducir la temperatura para producir dicha mezcla, además de la reducción de la viscosidad asfáltica. El trabajo concluye que las mezclas asfáltica tibias genera una solución en la reducción del impacto del ambiente, ya que el calentamiento de los materiales y su combustión producen altos niveles de gases.El aceite crudo de palma Colombiano es una buena alternativa para mitigar la contaminación de los asfaltos calientes.

2.3 Estructura Teórica y científica que sustenta el estudio.

2.3.1 Mezclas asfálticas calientes (MAC)

Padilla Rodríguez (2004). Las mezclas asfálticas en caliente es la más usada actualmente, y se define a esta como una combinación entre agregados, lígate hidrocarbonado y aditivos en los casos requeridos, de tal manera en que toda la mezcla asfáltica quede recubierta por una película homogénea de lígate entre ellas. El proceso de la fabricación de la mezcla asfáltica en caliente está en calentar el ligante junto con el agregado con polvo mineral para que aporte a la combinación de estas, y después ser llevado a obra a temperatura muy superior al ambiente.

Esta mezcla asfáltica tiene que tener como finalidad mostrar un buen desempeño del pavimento construido durante la vida útil de la carretera, lo cual debe diseñarse para cada tipo de diseño que va a estar orientado y las condiciones

climáticas que esta mezcla soportará ya que si no cumple con las condiciones climáticas la mezcla asfáltica puede ser dañina para el desarrollo del proyecto.

Una vez vaciada de la pavimentadora la mezcla asfáltica y con la temperatura conforme se tiene que asegurar que la superficie esté correctamente diseñada conforme los planos para poder vaciar la mezcla, ya vaciada y extendida la mezcla se compacta para que tenga sus propiedades resistentes al desgaste que se produce por las ruedas de los vehículos, que al pasar la sollicitación del peso de estos a las subcapas del pavimento, así absorbiendo el peso distribuido por capas.

A. Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente

Las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente son las siguientes:

Durabilidad: Propiedad de la mezcla asfáltica que hace que el pavimento sea capaz de resistir la desintegración por el paso del tránsito y al medio ambiente.

Estabilidad: Capacidad de la mezcla asfáltica para resistir las cargas por el peso de los vehículos sin que se produzcan deformaciones.

Vacíos de aire: Son espacios diminutos de aire que están dentro de la mezcla ya compactada y se va a tener en cuenta dependiendo del diseño que se requiera.

Flexibilidad: Adaptación de deformaciones de la mezcla por asentamiento de la base y sub base sin agrietarse.

Resistencia a la fatiga: Capacidad del pavimento de soportar esfuerzos provocados por el peso y las repetidas veces que pasan los vehículos.

Impermeabilidad: Estas mezclas deben ser impermeables en su totalidad, de manera que en la superficie el agua no ingrese hacia las capas inferiores del pavimento, para que no ocasione y no pierda su capacidad de soporte.

Resistencia al deslizamiento: Es la capacidad de deslizamiento del pavimento, es muchas ocasiones cuando está húmedo.

Trabajabilidad: Capacidad de colocación y compactación fácilmente de la mezcla.

B. Consideraciones de diseño.

El diseño de la mezcla asfáltica en caliente consiste en seleccionar la granulometría y el asfalto indicado para que una vez elaborada la mezcla, esta cumpla con las condiciones que exige el diseño por el proyectista. Los métodos para la dosificación tienen el objetivo de hallar el porcentaje de asfalto que sea óptimo para que a la hora de combinar con los agregados cumpla con las propiedades diseñadas.

Para elaboración de la mezcla asfáltica, debe de cumplir que los agregados y asfaltos deben ser analizados para comprobar si están aptos para la construcción del pavimento.

Para esta tesis el diseño de mezcla asfáltica a utilizarse será el Método Marshall, el cual está empleado de ensayos mecánicos para la obtención de la mezcla.

Este método se aplica a mezclas en caliente con cementos asfálticos con agregados de tamaño máximo igual que 25mm. Este método se puede utilizar en campos como el laboratorio.

Este desarrollo de esta técnica se basa en la elaboración de varias probetas, según la norma de 2 ½” de altura y de 4” de diámetro, las cuales van a variar en su porcentaje porque se añade ligantes, para esto se emplea a menudo cinco contenidos de cemento asfáltico, los cuales pueden variar entre ellos en 0.5%, pudiendo estar arriba y abajo del óptimo, cada ligante, requiere la fabricación de tres probetas.

Estas probetas se elaboran con procedimientos de mezclado establecidos, permitiendo el calentamiento y la compactación. Las temperaturas para este proceso dependen del tipo de cemento.

La compactación de la mezcla se realiza dentro de unos moldes se realiza mediante un martillo Marshall, compuesto de acero, y tiene una base plana y circular de 3 7/8” de diámetro, pesa 10 lb (4.54 kg) y se diseña para obtener una altura de caída es de 18”. Las probetas se compactan en un promedio de 75 golpes por cara.

La principal característica del método narrado se basa en el análisis de la densidad y los huecos, además de un ensayo de la fluidez y la estabilidad de dichas probetas.

Para obtener la estabilidad de las probetas, se emplea el valor de la carga máxima, para alcanzar a realizar el ensayo y la compresión lateral en la máquina

del ensayo de Marshall, la cual cuenta con un diseño para la aplicación de las cargas a las probetas por unas mordazas semicirculares, que se trabajan a una velocidad para la deformación de 51 mm por minuto. La fluidez es la deformación, medidas en cuartos de milímetros, y se practica desde que comienza la aplicación de la fuerza hasta la máxima fuerza.

2.3.2 Mezclas asfálticas tibia (MAT)

Ulloa Calderón (2011), manifiesta que las mezclas asfálticas tibias (MAT o Warm Mix Asphalt, WMA), son tecnología europeas desarrolladas en base al Protocolo de Kyoto y también la Comunidad Económica Europea en 1997, esto se logró como respuesta a la contaminación ambiental y al efecto invernadero. Empresas como La National Asphalt Pavement Association (NAPA), y otras, como la cooperación con la Federal Highway Administration (FHWA), han ido incorporando las mezclas asfálticas tibias a partir de la Conferencia Mundial del Asfalto en el año 2004, en Nashville, Tennessee para mitigar los problemas del medio ambiente.

El fin de estas tecnologías es lograr bajar la temperatura de trabajo, para la compactación, por lo cual diversos métodos buscan disminuir la viscosidad de los ligantes asfálticos para que puedan utilizarse en las mezclas discontinuas y continuas. Estas técnicas se dividen en cuatro categorías:

- ✓ Disminución de la viscosidad mediante aditivos orgánicos.
- ✓ Asfaltos espumados.
- ✓ Tecnologías de base acuosa.
- ✓ Empleo de emulsiones.

Cuando se disminuye la temperatura de la mezcla y de la compactación, esta debe oscilar entre los 10 y los 50 grados centígrados (Pavia Systems & NAPA), esto va a depender mucho del tipo de aditivo que se esté utilizando, así como también del proceso de fabricación de la mezcla. La disminución de las temperaturas de estos procesos reduce el consumo de energía y pueden lograr buenas condiciones laborales para los trabajadores de la obra, lo que aporta hacia la trabajabilidad de la mezcla asfáltica y por ende una mejor compactación.

Al disminuir las temperaturas de producción de mezcla tibia, así como de su compactación, se puede reducir gases como dióxido de carbono, dióxido de sulfuro, monóxido de carbono, óxido nitroso y otros compuestos volátiles que se emanarían con las mezclas calientes, de esta manera las mezclas tibias también reducen los costos económicos de la fabricación de mezclas asfálticas vinculado a las políticas ambientales para el control de emisiones.

Por otro lado, cuando se realizan proyectos de mezclas tibias se generan reducción de costos entre uno a 10 y un 30 por ciento de combustible que se emplea para calentar los agregados y la mezcla, ya que las temperaturas están por debajo de las mezclas calientes, en ese sentido se obtiene una reducción de el uso de combustibles, para la mezcla, así como para la humedad de los agregados y mejora de las condiciones de operación de la planta. (Figura 1)



Figura 1: Comparación de la mezcla asfáltica tibia y caliente en su descarga (derecha e izquierda) Fuente: Boletín Técnico PITRA. (2011)

A. Beneficios de la Mezcla Tibia

El nivel de enfriamiento de una mezcla tibia es inferior al las mesclas calientes, ya que la tibia presenta una menor gradiente diferencial entre la temperatura de la mezcla y la ambiental, de esta forma se facilita el transporte de la mezcla a mayores distancias por lo que se puede contar con mayor tiempo para su instalación y la debida compactación.

Otro beneficio importante es disminuir el envejecimiento prematuro de la carpeta asfáltica, ya que esto se debe a que las mezclas se producen a baja presión y a baja temperatura, de esta manera también disminuye la capacidad oxidativa, la rigidez y la rigidez del ligante asfáltico, lo que permite una mayor durabilidad y resistencia a la carpeta. En este sentido, la capacidad de compresión ocurre con menos gasto de energía, y permite la apertura mas temprano al tráfico, esto permite incorporar carpetas recicladas al proceso.

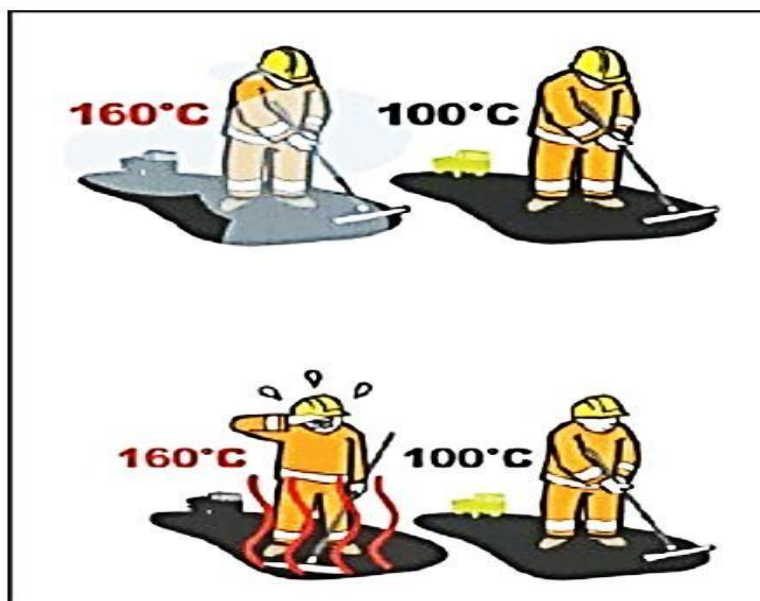


Figura 2: Disminución de la temperatura para la colocación y la compactación.

Fuente: Boletín Técnico PITRA. (2011)

2.3.3 Diseño de marshall

Cáceres Morales (2007), refiere que el concepto del método Marshall fue desarrollado por el ex ingeniero de asfalto de Mississippi, Bruce Marshall. El propósito del método Marshall es determinar el contenido óptimo de betún para una composición dada de agregados. El método también proporciona información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente y determina la densidad óptima y el contenido de vacíos que se deben observar durante la construcción del pavimento.

El método Marshall es aplicable solo a mezclas bituminosas (calientes) que utilizan cementos asfálticos de viscosidad o permeables que contienen un tamaño de agregado de 25,0 mm o menos. Este método se puede utilizar para el diseño en el laboratorio, así como para el control de campo de mezclas asfálticas (calientes) para pavimentación.

El método Marshall emplea muestras de prueba, normalizadas internacionalmente, que las conforman probetas de 2,5 pulgadas de espesor y de 4 pulgadas de diámetro. Se prepara una serie de probetas, cada una del mismo grado, pero con diferentes tipos de bitumen, mediante un proceso específico de calentamiento, mezcla y compactación del agregado asfáltico. Los parámetros más importantes del diseño de mezclas Marshall son: análisis de relaciones de densidad de vacío y pruebas de estabilidad y fluidez de muestras presurizadas.

A. Preparación para realizar el procedimiento Marshall AASHTO T 245.

Cáceres Morales (2007). Indico que diferentes agregados y bitúmenes presentan diferentes características. Estas características tienen un impacto sobre la naturaleza misma del pavimento. El primer paso en el método de diseño, entonces, es determinar las cualidades (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento etc.) que debe tener la mezcla de pavimentación, y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades. Una vez efectuado lo anterior, se procede con la preparación de los ensayos.

B. Selección para la muestra de material.

Cáceres Morales (2007), refiere que la primera preparación de ensayos se basa en recolectar muestras de agregado y asfálticas, que se usarían en la mezcla para el trabajo de pavimentación. La muestra extraída debe tener propiedades idénticas al asfalto a usarse en la mezcla final. De forma idéntica debe pasar con la muestra del agregado, ya que los datos recolectados de dichos procedimientos determinan los componentes y las proporciones de la fórmula

para la mezcla asfáltica. Los procesos son exactos siempre y cuando los componentes del ensayo del laboratorio tienen las mismas características que los componentes del producto final.

Muchos problemas graves suceden, que pueden ir desde una inadecuada trabajabilidad de la mezcla hasta fallas muy tempranas de la estructura de los pavimentos, estas posibles causas se pueden determinar a tiempo analizando longitudinalmente las variaciones que ocurren entre los materiales que se estudiaron a nivel del laboratorio versus los materiales usados realmente.

C. Preparación de agregados.

Cáceres Morales (2007), explica que existe una relación entre el nivel de la temperatura y la viscosidad de los cementos asfálticos que se emplearían, por ende la temperatura del mezclado se debe conocer con antelación, así mismo la temperatura de compactación. Por lo tanto, los procedimientos previos priorizan el agregado, con el objetivo de conocer sus propiedades. Estos procedimientos son el secado del agregado, el cálculo del peso específico, y el análisis de granulometría.

D. Secado de agregados.

Cáceres Morales (2007), refiere que el método Marshall necesita de que los agregados del ensayo estén completamente secos, tanto como sea posible, esto previene que la humidificación altere los resultados del ensayo, en tal sentido las muestras de cada agregado del ensayo debe estar en una bandeja separadas una de otras. Luego de ello se calienta en un horno a 110°C, después

de transcurrido un tiempo prudencial las muestras calientes se pesan y se registran.

La muestra se lleva al horno por segunda vez, y una vez calentada se vuelve a pesar y se registra nuevamente. El proceso se repite hasta que la muestra tenga un peso constante en dos calentamientos consecutivos, esto nos refiere la mayor evaporación de la humedad en la muestra.

E. Análisis granulométrico por vía humedad.

Cáceres Morales (2007), manifiesta que el análisis de la granulometría por vía húmeda es una técnica que se emplea para conocer las dimensiones de las partículas usado para identificar las proporciones de partículas de tamaño diferente en las muestras del agregado. Esta información es importante porque las especificaciones de la mezcla deben determinar las proporciones requeridas de las partículas de agregado de diferentes tamaños para producir una mezcla final en caliente con las propiedades deseadas.

El análisis de segmentación húmeda incluye los siguientes pasos:

- ✓ Las muestras de agregado son secadas y pesadas.
- ✓ Posteriormente las muestras se lavan con un tamiz de 0.0075mm (No. 200), y se remueve cualquier polvo o impureza que cubra los agregados.
- ✓ Después de lavada la muestra se seca calentándose y pesándola.
- ✓ El peso seco de cada muestra es registrado. La cantidad de polvo mineral puede ser determinada si se comparan los pesos registrados de las muestras antes y después del lavado.

F. Determinación del peso específica.

Cáceres Morales (2007), también reporta que el peso específico es la fracción de peso-volumen de la unidad de la sustancia analizada, con una proporción del peso volumen de una unidad de agua idéntica. Dicho peso específico de las muestras de agregado se determina comparando el peso del volumen que encuentras en el agregado con el mismo volumen de agua, en condiciones térmicas iguales. El peso específico se expresa en múltiples pesos específicos del agua el cual tiene siempre el valor de uno.

Para el cálculo de dicho peso específico de muestras secas de los agregados, se determina un punto referencial para la medición de dichos pesos, los cuales son necesarios para calcular las proporciones de agregados, cantidad de asfalto, los vacíos existentes que se usan en los métodos de diseño.

G. Preparación de muestras de ensayos.

Cáceres Morales (2007), en su trabajo preparan muestras para probar posibles mezclas superficiales, cada una de las cuales contiene cantidades ligeramente diferentes de bitumen. El rango de contenido de bitumen utilizado en el gránulo de prueba se estableció sobre la base de experimentos previos con agregados mixtos. Este rango es el punto de partida para que el laboratorio determine con precisión el contenido de bitumen de la mezcla final. La proporción de agregado en la mezcla se determina sobre la base de los resultados del análisis de tamaño de partícula.

La mezcla se prepara de la siguiente forma:

- ✓ El betún y los agregados se calientan para luego ser mezclados por completo hasta que las partículas del agregado se encuentren totalmente revestidas del betún y esto simula diversos procesos de calentamiento para el mezclado.
- ✓ Las mezclas del betún calientes se ubican en moldes pre-horneados Marshall preparándolos para la compactación, y aquí se emplea el martillo Marshall de compactación para este fin, el martillo también se calienta para un óptimo trabajo con la mezcla.
- ✓ Las briquetas se compactan con golpes de un martillo Marshall, siendo el número de golpes de 35, 50 ó 75 lo cual se diseña en función al tránsito, las caras de las briquetas por ambos lados reciben la misma cantidad de golpes para luego en una probeta Marshall recibir 35 golpes, un total de 70. Una probeta se lleva a los 50 golpes para obtener 100 golpes, y después se completan todas las compactaciones y se enfrían las probetas para ser extraídas.

H. Determinación de peso específico total (AASHTO T166).

Cáceres Morales (2007), refiere que todo peso específico de las probetas son calculados inmediatamente después de la compactación y enfriado hasta la temperatura ambiental, con el fin de calcular la densidad de vacíos.

I. Ensayos para la estabilización y flujo

Cáceres Morales (2007), refiere que un ensayo de estabilidad debe dirigirse a calcular la resistencia a la deformación de la carpeta, la fluencia o flujo observará la deformación bajo una carga.

- ✓ Las briquetas sufren un calentamiento con agua a 60° centígrados. La temperatura aplicada es la más alta que los pavimentos puedan experimentar en funcionamiento.
- ✓ La briqueta se retira del agua para posteriormente ser secada de inmediato con un aparato Marchall, este aparato aplica una carga sobre la probeta, para luego ser medida en sus valores de carga máxima y de deformación , a este concepto se le denomina fluencia.
- ✓ La carga de un ensayo se aplica a una briqueta, a una velocidad de 51 milímetros por minuto hasta que pueda fallar la estructura de la muestra, esta falla se le denomina carga máxima.
- ✓ Cuando la briqueta falla por acción de la carga se anota el valor de estabilidad Marshall, leyéndole el medidor de fluencia.

J. Valor de estabilidad Marshall.

Cáceres Morales (2007), reportó que el valor de estabilidad Marshall se considera como una medida en donde la probeta puede ceder. Cuando la carga se aplica de forma lenta ambos cabezales se aproximan dando lugar a que aumente la carga sobre la briqueta, de esta forma es similar al leer indicadores de cuadrante. Luego de esta fase se quita la carga una vez que se tiene el valor máximo.

Para muchos los materiales se evalúan fundamentalmente su resistencia, esto no ocurre en las mezclas calientes ya que la estabilidad se obtienen en función de la duración.

K. Valor de fluencia Marshall.

Cáceres Morales (2007), refiere que las fluencias Marshall, se miden en centésimas de pulgada, lo cual expresa el nivel de deformación ya que disminuye el diámetro de la briqueta.

Una mezcla muestra valores reducidos de fluencia y altos valores de estabilidad, esto se consideran como débiles y duros para un pavimento puesto a funcionar, sin embargo los que tienen valores altos de fluencia son muy plásticos y tienden a deformarse bajo una carga de vehículos en movimiento.

L. Densidad y valores de vacío

Cáceres Morales (2007), refieren que al completar todos los ensayos tanto de estabilidad como de fluencia se efectúa posteriormente el análisis de densidad así como de vacíos para las probetas, con el fin de analizar y determinar el porcentaje de los vacíos en una mezcla.

M. Análisis de vacío.

Cáceres Morales (2007). Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El porcentaje de porosidad se calculó a partir de la suma de la gravedad específica de cada muestra compactada y la densidad teórica de la mezcla de pavimentación (sin huecos). Las siguientes relaciones se pueden calcular a partir de la gravedad específica del betún y el agregado, con un margen adecuado para calcular la

cantidad de asfalto absorbido por el agregado; o directamente por medio de una prueba estandarizada (AASHTO T 209) realizada en una muestra compuesta sin comprimir. Las densidades de las muestras presurizadas se determinaron pesando las muestras en aire y agua. (pág. 11)

N. Análisis de peso unitario.

Cáceres Morales (2007). La unidad de masa promedio para cada muestra se determinó multiplicando la masa total de la mezcla por 100 kg/m³ (62,4 lb/ft³). (pág. 11)

2.3.4 Características de la mezcla asfáltica.

Andrade Torres (2015). El diseño del asfalto mezcla consiste principalmente en seleccionar el tipo y grano de agregado a utilizar, y seleccionar el tipo y contenido de betumen, del asfalto para que se obtengan las propiedades deseadas en mezcla. Cumplir con los requisitos específicos requeridos por el proyecto. La correcta selección de los materiales (de calidad suficiente) que formarán la mezcla y sus correctas proporciones requiere el conocimiento de las propiedades más importantes de la mezcla y su influencia en las propiedades de la mezcla y la calidad del pavimento. Para una aplicación específica e independientemente del proceso de diseño utilizado.

Requisitos que la mezcla asfáltica debe cumplir referente al ensayo Marshall, detalla el Manual de Carreteras EG 2013 – MTC.

TABLA 1:*Requisitos para mezcla de concreto bituminoso*

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

- (1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.
- (2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.
- (3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.
- (4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.
El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Nota. La mezcla clase A se utiliza para vías expresas (Tránsito Pesado) $EAL \geq 10^6$

La clase B para vías colectoras y arteriales (transito Mediano) $10^4 \leq EAL < 10^6$

La clase C para vías locales (tránsito Liviano) $EAL < 10^4$

Fuente: *Manual de Carreteras EG. (2013)*

2.3.5 Aceite de palma crudo.

a. Antecedentes

Su origen de aceite de palma de la especie *Elaeis guineensis* es de África occidental. Su nombre científico es *Elaeis guineensis* Jacq, y su denominación popular palma africana de aceite. Su ingreso a América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de la dieta alimentaria de sus esclavos en el Brasil.

b. Que es el aceite de palma crudo.

Es un aceite semisólido a temperatura ambiente, y tiene un color rojo anaranjado. Se obtiene por extracción mecánica de la palmera africana, mediante prensado de la pulpa o mesocarpio.

El aceite de palma es una fuente importante de antioxidantes como los tocotrienoles.

c. Efecto social.

No existen cifras significativas de producción de este biodiésel en nuestro país, aunque algunas empresas productoras de aceite de palma han puesto en marcha plantas piloto para producir este aceite a partir del aceite de palma.

d. Efecto económico.

La producción de aceite de palma crudo en Perú significará un aumento económico para la empresa y las industrias de refinación.

e. Efecto ambiental.

Al emplear en el aceite de palma crudo en mezcla asfáltica tibia, obtendremos una baja contaminación ambiental en la construcción de vías en el Perú y así contribuye al aporte al medio ambiental.

f. La materia prima (la producción de aceite en Perú)

✓ **Principales fuentes vegetales:** Si bien la principal fuente de aceite vegetal que actualmente se produce mayoritariamente en el Perú es la palma africana, se están explorando otros cultivos como fuente de aceite vegetal, un aceite potencial para biodiesel.

✓ **Palma aceitera:** El principal cultivo es de la industria oleaginosas en el Perú es la palma aceitera, que se produce en la región amazónica y tiene un gran potencial de crecimiento. Las áreas dedicadas a la producción de aceite de palma se ubican principalmente en San Martín, Ucayali, Loreto (Yurimaguas) y Huánuco, y en menor medida en Jaén. La superficie total cultivada se estima en 21.222 hectáreas. San Martín es la zona de mayor producción, seguida de Ucayali, Loreto y Huánuco. De estos, alrededor del 60% (12.437 ha) están en producción (Cuadro 02).

La productividad de estas fincas varía mucho según el nivel de tecnología utilizado.

TABLA 2:*Cultivo de palma aceitera en el Perú*

Región	Área (ha)				Producción	
	Producción	Crecimiento	Vivero	Total	Racimos (unids)	Aceite crudo (t)
San Martín	9 800	2 570	1 320	13 690	180 000	39 600
Ucayali	2 537	1 895	1 500	5 932	36 592	8 050
Loreto	100	500	501	1 400	1 200	264
Huanuco	0	0	200	200	0	0
Total	12 437	4 965	3 250	21 222	217 792	47 914

Fuente: Direcciones Regionales Agrarias de San Martín, Ucayali, Loreto y Huánuco.

2.3.6 Efectos en el uso de energía

La disminución de la temperatura de la mezcla y la temperatura de compactación varían entre los 10° grados (centígrados) y los 50° (Pavia Systems & NAPA), esto depende de los aditivos que se pueden haber empleado.

Cuando reducimos la temperatura se disminuye el consumo energético y es más eficiente en la compactación.

Esta reducción térmica en la mezcla tibia reduce los gases tóxicos y representan un ahorro en la producción de mezclas asfálticas.

2.4 Definición de Términos Básicos

2.4.1 Mezclas asfálticas.

La mezcla asfáltica la constituye un material pétreo recubierto con una película de asfalto, uniformemente combinados, en proporciones previamente especificadas. Las cantidades relativas de estos materiales, determinan las propiedades y características de la mezcla.

2.4.2 Estabilidad.

Indica la capacidad de la mezcla asfáltica para soportar cargas de tráfico sin causar deformación. Esta propiedad depende de la fuerza de adherencia de la mezcla y de la fricción interna.

2.4.3 Flexibilidad.

La capacidad de la mezcla para adaptarse a las deformaciones de asentamiento de la base y subrasante sin agrietarse.

2.4.4 Resistencia al deslizamiento.

Es la capacidad del pavimento para deslizarse, es muchas ocasiones cuando está húmedo.

2.4.5 Trabajabilidad.

Se refiere a la capacidad que tenga la mezcla de colocarse y compactarse con facilidad.

2.4.6 Ensayo marshall.

Es un método para dosificar la mezcla asfáltica empleado asfalto sólido y material granular que no supera los 54cm como máximo. Esta prueba resulta la cantidad de asfalto para la estabilidad suficiente sin provocar desplazamientos o distorsiones del pavimento, dependerá también de la compactación que se dé a este. Los datos más importantes del diseño de las mezclas por el método Marshall son: un análisis de densidad, relación de vacíos y una prueba de estabilidad y flujo, sobre muestras compactadas.

2.4.7 Protocolo de kyoto.

Este se hizo con el fin de enfrentarse a las amenazas del calentamiento global, las Naciones Unidas aprobaron el Protocolo de Kyoto en el 1997, el cual fue aceptado por más de 150 estados y finalmente, rechazados por USA y Australia, este protocolo tiene como objetivo disminuir los gases del efecto invernadero. En este sentido tratar con los grandes emisores de gases es el primer objetivo para alcanzar la meta como fue impulsado por USA por presión de grandes empresas. Este acuerdo divide y hace una privatización de la atmósfera estableciendo mecanismos de alquiler o compra de permisos de esta.

2.4.8 Palmas aceiteras.

La palma aceitera, denominada *Elaeis guineensis*, es una planta perteneciente al grupo de las palmas africanas de aceite, se le conoce también como Coroso de Guinea, palmera Aabora o palmera de Guinea, en algunos estados la llaman Noli y pertenece al género *Elaeis*, es una planta que se cultiva para producir aceite, y se tiene la variedad dura, tenera y pisifera; esta especie minoica produce brotes masculinos y femeninos en forma de fluorecences y florecences, con el polen de otras plantas, una inflorescencia femenina se transforma en un pul de frutos maduros rojo amarillento, que al cabo de 5 meses brotan flores de las cuales saldrían las hojas productoras de aceite. La cantidad de racimos y hojas por año varían, de acuerdo a la edad y a los factores genéticos. A la edad de cinco años, se espera que una palma produzca catorce racimos por año, con un peso promedio de 7 kg./racimo; a los ocho años se estima que el número de racimos producidos es de ocho con un peso de 22 kg. Cada uno.

2.4.9 Aceite crudo de palma.

Se obtiene de la pulpa de una fruta tropical llamada *Elaeis guineensis* (es diferente al aceite de palmiste que proviene de las semillas de la misma planta). El aceite de palma tiene un 50% de grasa saturada, por lo que consumir grandes cantidades de aceite de palma puede dañar el sistema cardiovascular.

2.4.10 EG-2013

Es el manual técnico de las carreteras elaborado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, ellos han establecido especificaciones técnicas para el diseño y construcción de carreteras.

Sobre las mezclas asfálticas en caliente, el manual afirma que “Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.” Es decir, se va a diseñar un pavimento para cierta mezcla de asfáltica para poder cubrir las necesidades del proyecto.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis General

El porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia en su producción se relaciona significativamente reduciendo el efecto de la temperatura, utilizando el ensayo Marshall.

2.5.2 Hipótesis Específica

- a. El peso específico del asfalto convencional, es significativamente superior al peso específico de la mezcla con aceite de palma demostrando relación entre las variables.
- b. La cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional es significativamente superior a la cantidad de vacíos, con aceite de palma demostrando relación entre las variables.
- c. El flujo del asfalto convencional, es significativamente superior al flujo del aceite de palma demostrando relación entre las variables.
- d. La estabilidad corregida del asfalto convencional es significativamente superior a la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma demostrando relación entre las variables.
- e. El índice de rigidez del asfalto convencional es significativamente superior al índice de rigidez de la mezcla con aceite de palma demostrando relación entre las variables.

2.6 Variables

2.6.1 Variable Independiente.

Aceite de palma crudo

2.6.2 Variable dependiente.

Efecto de la temperatura

2.6.3 Operacionalización de Variables

TABLA 3:

Relación de variables Independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador Instrumento	Índice
Aceite de Palma Crudo	Es un aceite semisólido a temperatura ambiente, y tiene un color rojo anaranjado. Se obtiene por extracción mecánica de la palmera africana, mediante prensado de la pulpa o mesocarpio.	Incorporación del aceite de palma crudo a la mezcla	Dosificación	Percentage 0.50%	Porcentual 1 (%)
				Percentage 1.00%	Porcentual 1 (%)
				Percentage 1.50%	Porcentual 1 (%)
				Percentage 2.00%	Porcentual 1 (%)

TABLA 4:

Relación de variables Dependiente

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador Instrumento	Índice
Efecto de la temperatura	Es el resultado de una actividad humana que genera un efecto sobre el medio ambiente que supone una ruptura del equilibrio ambiental.	Mitigación del impacto ambiental	Temperatura	Alta	3
				Medio	2
				Baja	1

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de la Investigación.

3.1.1 Método de la investigación.

Deductivo.

3.1.2 Orientación de la investigación.

Aplicada.

3.1.3 Recolección de datos de la investigación

Prolectiva.

3.1.4 Tipo de investigación

Descriptivo, correlacional.

3.1.5 Nivel de investigación

Descriptivo.

3.1.6 Diseño de la investigación

Experimental, longitudinal, prospectiva.

3.1.7 Enfoque de la investigación

Cuantitativo.

3.2 Población y muestra.

Muestra:

Las muestras estuvieron conformadas por 24 especímenes en total de mezcla asfáltica convencional 12 especímenes y con aceite de palma crudo 12 especímenes de acuerdo con metodología de ensayos validadas por centro de investigación americanos como la AASHTO y ASTM, como también por la norma técnica peruana.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

3.3.1 Técnicas e instrumentos.

- **Análisis de documentos:** Se empleó esta técnica para obtener información a partir de documentos que contienen procedimientos y datos estándar.
- **Observación:** Con esta técnica se obtuvo los resultados (cuantitativos) de las propiedades de la mezcla asfáltica y agregados.

3.3.2 Recolección de datos.

- **Guía de Documentos:** Se usó la normatividad del ensayo de Marshall MTC, la cual establece la metodología adecuada para el desarrollo de los ensayos de laboratorio.
- **Guía de Observación:** Se usaron los formatos de registro para completar los datos de cada ensayo que se realizó.

CAPÍTULO IV

4 Resultados y análisis de resultados

4.1 Resultados

TABLA 5:

Peso específico promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al

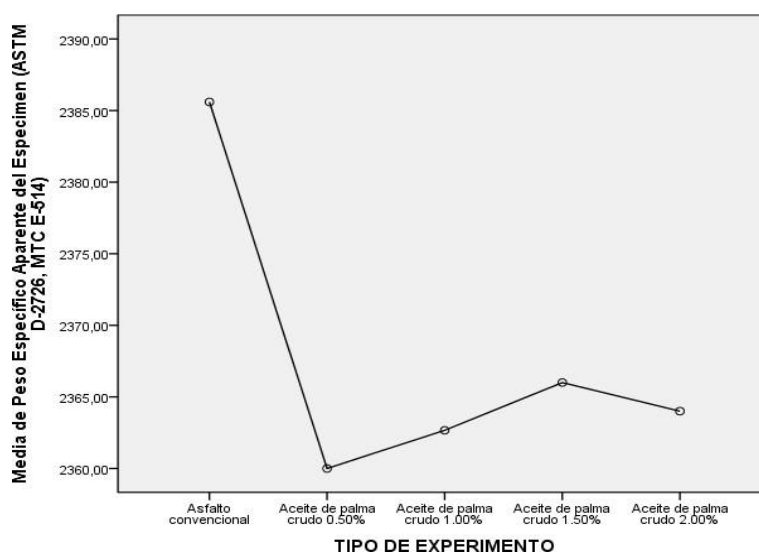
0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%

Peso Específico Aparente del Espécimen (ASTM D-2726, MTC E-514)

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Asfalto convencional	15	2,38	14,92266	3,85301	2377,3361	2393,8639	2356,00	2402,00
Aceite de palma crudo 0.50%	3	2,36	14,00000	8,08290	2325,2221	2394,7779	2346,00	2374,00
Aceite de palma crudo 1.00%	3	2,36	13,57694	7,83865	2328,9397	2396,3937	2350,00	2377,00
Aceite de palma crudo 1.50%	3	2,37	14,10674	8,14453	2330,9569	2401,0431	2353,00	2381,00
Aceite de palma crudo 2.00%	3	2,36	14,10674	8,14453	2328,9569	2399,0431	2351,00	2379,00
Total	27	2,38	17,63552	3,39396	2368,6533	2382,6060	2346,00	2402,00

F = 4, 015

P = 0,014



En relación al peso específico promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%, se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que el aceite de palma mejora el peso específico.

TABLA 6:

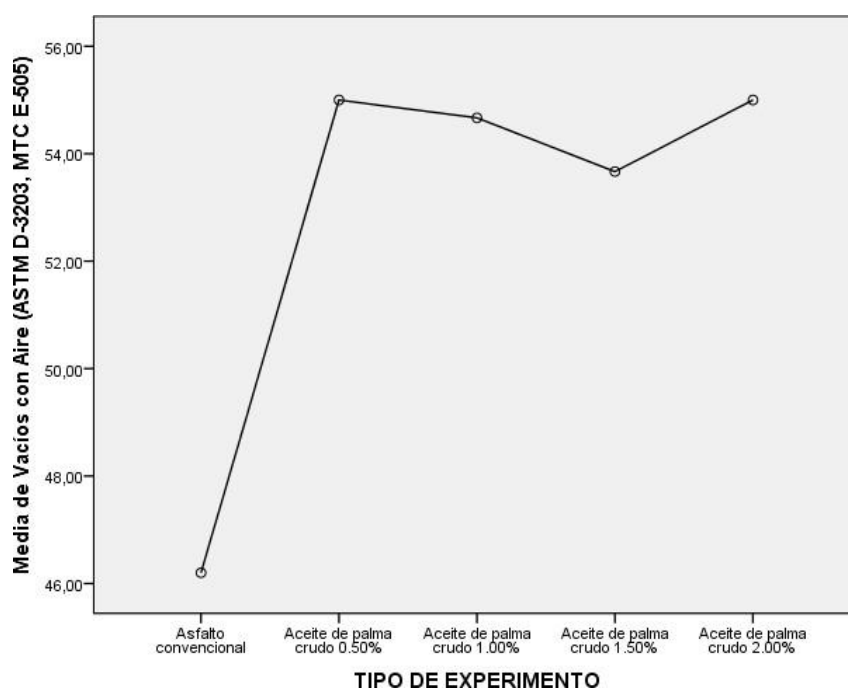
Vacíos con aire según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al

0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%

Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505)

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Asfalto convencional	15	4,62	14,50714	3,74573	38,1662	54,2338	27,00	71,00
Aceite de palma crudo 0.50%	3	5,50	4,00000	2,30940	45,0634	64,9366	51,00	59,00
Aceite de palma crudo 1.00%	3	5,47	4,16333	2,40370	44,3244	65,0090	50,00	58,00
Aceite de palma crudo 1.50%	3	5,37	5,13160	2,96273	40,9191	66,4143	48,00	58,00
Aceite de palma crudo 2.00%	3	5,50	5,29150	3,05505	41,8552	68,1448	49,00	59,00
Total	27	4,99	11,75692	2,26262	45,2750	54,5768	27,00	71,00

F = 0,832 P = 0,519



3

En relación a los *vacíos con aire según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%*, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que el aceite de palma mejora vacío con aire.

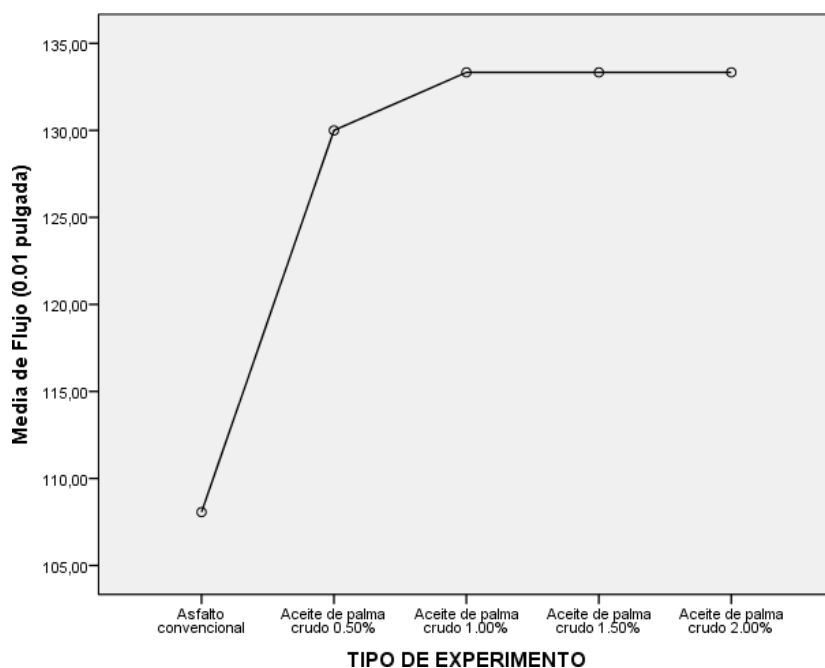
TABLA 7:

Flujo según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%

Flujo (0.01 pulgada)

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Asfalto convencional	15	10,81	11,68923	3,01815	101,5934	114,5399	90,00	125,00
Aceite de palma crudo 0.50%	3	13,00	10,00000	5,77350	105,1586	154,8414	120,00	140,00
Aceite de palma crudo 1.00%	3	13,33	5,77350	3,33333	118,9912	147,6755	130,00	140,00
Aceite de palma crudo 1.50%	3	13,33	5,77350	3,33333	118,9912	147,6755	130,00	140,00
Aceite de palma crudo 2.00%	3	13,33	5,77350	3,33333	118,9912	147,6755	130,00	140,00
Total	27	11,89	15,58827	2,99996	112,7594	125,0924	90,00	140,00

$F = 9,523$ $P = 0,000$



En relación al *flujo según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%*, se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que el aceite de palma mejora el flujo.

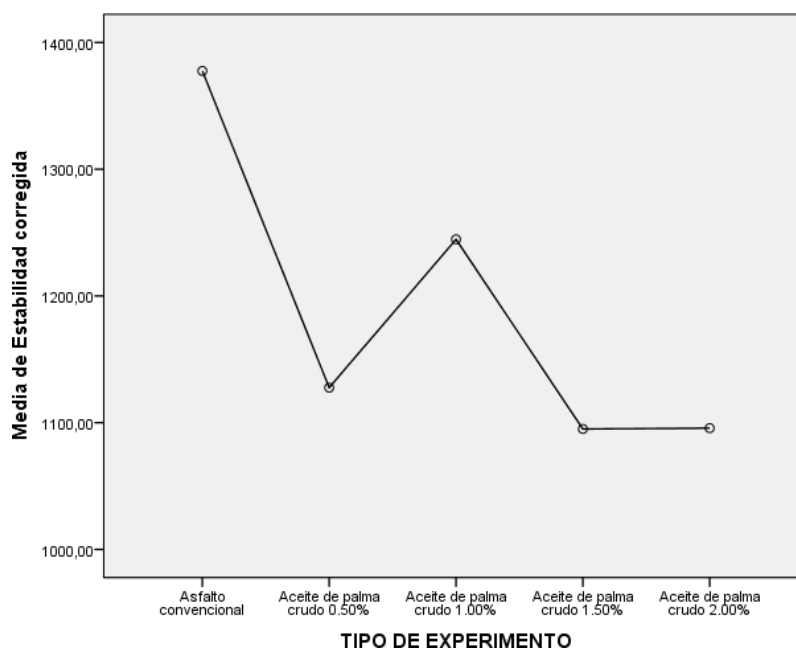
TABLA 8:

Estabilidad corregida según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al

0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Asfalto convencional	15	1377,53	39,99976	10,32789	1355,3822	1399,6845	1296,00	1433,00
Aceite de palma crudo 0.50%	3	1127,67	158,20978	91,34246	734,6518	1520,6815	989,00	1300,00
Aceite de palma crudo 1.00%	3	1244,67	121,13766	69,93886	943,7440	1545,5893	1109,00	1342,00
Aceite de palma crudo 1.50%	3	1095,00	194,67922	112,39810	611,3900	1578,6100	945,00	1315,00
Aceite de palma crudo 2.00%	3	1095,67	197,39892	113,96832	605,3006	1586,0328	941,00	1318,00
Total	27	1272,30	161,07853	30,99958	1208,5758	1336,0168	941,00	1433,00

F = 9,019 P = 0,000



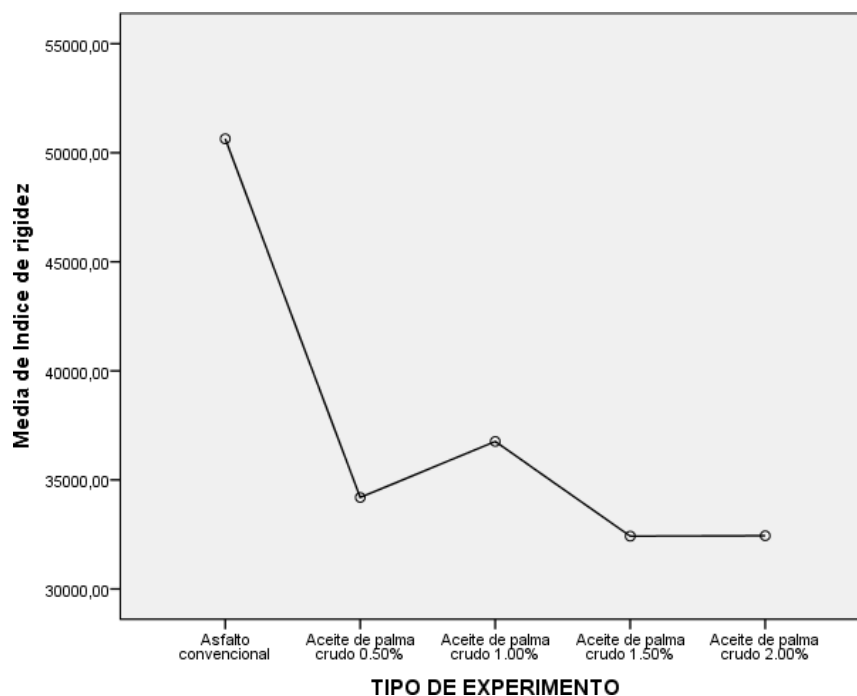
En relación a la *Estabilidad corregida según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%*, se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que el aceite de palma mejora en la estabilidad corregida.

TABLA 9:

Índice de rigidez según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Asfalto convencional	15	5063,89	4501,06573	1162,17017	48146,2595	53131,4738	43591,00	57701,00
Aceite de palma crudo 0.50%	3	3419,57	4557,77910	2631,43499	22873,5157	45517,8176	30776,00	39370,00
Aceite de palma crudo 1.00%	3	3676,30	3582,07663	2068,11291	27864,6284	45661,3716	33580,00	40642,00
Aceite de palma crudo 1.50%	3	3242,13	6411,87565	3701,89813	16493,3512	48349,3154	28608,00	39824,00
Aceite de palma crudo 2.00%	3	3244,00	6476,96140	3739,47541	16350,3359	48529,6641	28492,00	39915,00
Total	27	4322,38	9628,51609	1853,00879	39414,9007	47032,7289	28492,00	57701,00

F = 20, 144 P = 0,000



En relación al *Índice de rigidez según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%*, se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que el aceite de palma mejora en el índice de rigidez.

4.1. Análisis y Discusión de Resultados

TABLA N 5

Con relación al peso específico promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%, se pudo encontrar que el valor del peso específico cuando hay asfalto convencional es de 2.38cc, cuando el valor de aceite de palma es de 0.50% el peso específico es de 2.36cc, cuando el valor del aceite es de 1.00% el peso específico es de 2.36cc, cuando es de 1.50% el peso es de 2.37cc y finalmente cuando es de 2.00% el peso específico es de 2.36cc, como podemos apreciar los valores de las medias muestran diferencias estadísticamente significativas con un valor de F igual a 4.05 con un valor de P menor de 0.05 con lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del estudio para este resultado.

Podemos decir por tanto que el mejor peso específico es del asfalto convencional, pero a medida que aumentamos el aceite de palma, se incrementa el peso específico.

De forma similar Lopera y Cordova (2013), muestran resultados similares que refieren que actualmente se incrementa la conciencia ambiental por lo que existen regulaciones sobre las emisiones de gases, que contribuyen al desarrollo de mezclas de asfalto tibias. Las mezclas tibias se producen con menor temperatura que las calientes, esto reduce el nivel de viscosidad asfáltica y reduce el costo de producir dichas mezclas, además se disminuye el consumo de combustible. En ese sentido reducir el nivel de viscosidad no es sencillo ya que bajas temperaturas se tienen que ampliar aditivos de naturaleza química. En este trabajo colombiano se emplea el aceite de palma crudo, con el fin de disminuir la viscosidad del asfalto. Esto se puede producir en Colombia debido a que su nivel de producción de aceite de palma es el primero de toda Latinoamérica y conforman

el 4to lugar mundialmente. Los resultados de este estudio indican que la mezcla óptima se obtuvo con 54.1% de material grueso, 41.7% de material fino y el complemento se completó con cal hidratada, esto se mezcló con asfalto penetrante 60 - 70, el cual estuvo modificado con aceite crudo de palma al 1%. El diseño de la construcción de la mezcla fue a través del método Marshall, la temperatura para producir la mezcla fue reducida, también se redujo el nivel de viscosidad asfáltica; con todo ello se logró la mejora del desempeño asfáltico de la mezcla tibia, cuando esta fue comparada con la mezcla asfáltica en caliente.

TABLA N 6

En referencia a los vacíos de aire promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%, se pudo encontrar que el valor de los vacíos de aire cuando hay asfalto convencional es de 4.62%, cuando el valor de aceite de palma es de 0.50% los vacíos de aire es de 5.50%, cuando el valor del aceite es de 1.00% los vacíos de aire es de 5.47%, cuando es de 1.50% los vacíos del aire es de 5.37% y finalmente cuando es de 2.00% los vacíos de aire es de 5.50%, como podemos apreciar los valores de las medias muestran diferencias estadísticamente significativas con un valor de F igual a 0.832 con un valor de P mayor de 0.05 con lo que rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula para este resultado.

Podemos decir por tanto que la mayor cantidad de vacíos, se da con aceite de palma al 1.00% y 1.50%, sin que se muestre diferencias significativas entre los grupos estudiados, por lo que el porcentaje de vacíos.

Usquiano y Villarreal (2018), similar a nuestra tesis, realizaron un trabajo con el objetivo de diseñar una mezcla asfáltica tibia (MAT), con aceite crudo de palma (ACP) que tenga características de acuerdo a las exigencias internacionales para una estabilidad óptima y flujo de pavimentos flexibles que se encuentran acorde a la norma EG 2013. Este estudio de tipo experimental, analizó el aceite crudo de palma que se añadió a una mezcla de asfalto tibio, la cual permitió la reducción del porcentaje óptimo de asfáltico. En este trabajo se prepararon 99 briquetas de asfalto a los cuales se le añadió aceite crudo de palma en concentraciones de 0.50%, 1.00%, 1.50%, 2.00%, y 2.50%, todo esto se preparó a una temperatura de 135° y fueron diseñados para 3 tipos de transitabilidad liviana, media y pesada. El porcentaje óptimo encontrado para estos tres tipos fueron: para el tránsito liviano y medio el 1%, y para el tránsito pesado fue de 0.5 %, estos porcentajes son del tipo ACP Industrial, por lo que podemos afirmar que el tipo de ACP puede emplearse en una MAT del tipo industrial, por lo tanto aún no está claro el comportamiento de la carpeta asfáltica tibia con un diseño de aceite crudo de palma. El estudio sugiere realizar mayores investigaciones.

TABLA N 7

Con relación al flujo promedio según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%, se pudo encontrar que el valor del flujo cuando hay asfalto convencional es de 10.81 pul cuando el valor de aceite de palma es de 0.50% el flujo es de 13.00 pul, cuando el valor del aceite es de 1.00% el flujo es de 13.33 pul, cuando es de 1.50% el flujo es de 13.30 pul y finalmente cuando es de 2.00% el flujo es de 13.33 pul como podemos apreciar los valores de las medias muestran diferencias

estadísticamente significativas con un valor de F igual a 9.52 con un valor de P menor de 0.00 con lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del estudio para este resultado.

Podemos decir por tanto que el peor flujo es del asfalto convencional, pero a medida que aumentamos el aceite de palma, se incrementa el flujo.

Guevara J, Ruiz R. (2016), como en nuestros resultados refiere que actualmente las ciudades de acuerdo a su gran demanda y niveles de exigencia han permitido desarrollar en el área de los caminos como carreteras, vías, etc, nuevos diseños de acuerdo a los usuarios y clientes, por lo tanto, los productos del asfalto actualmente se desarrollan con nuevos aditivos obtenidos a través de pruebas especializadas para conformar el asfalto. Estos modificadores nos permiten el empleo de muchos tipos de aditivos, bajo este marco, este estudio investigó asfaltos modificados con caucho reciclado y aceite crudo de palma para evaluar el comportamiento físico mecánico de las capas bases. Se utilizaron dichos productos para la pavimentación de carreteras evaluando el costo, beneficio, aspectos positivos y negativos de este tipo de mezcla que contribuye a la reducción de la fatiga. Estas diferentes técnicas ayudan a la conservación del medio ambiente ya que el reciclaje es importante además del empleo de aditivos baratos como el aceite de palma. A pesar de ello aún falta información de estos tipos de asfaltos modificados

TABLA N 8

Con relación a la estabilidad corregida según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%, se pudo encontrar que el valor de la estabilidad corregida cuando hay asfalto convencional es de 1377.53 kilos, cuando el valor de aceite de palma es de 0.50% la estabilidad corregida es de 1127.67 kilos, cuando el valor del aceite es de 1.00% la estabilidad corregida es de 1244.67 kilos, cuando es de 1.50% la estabilidad corregida es de 1095.00 kilos y finalmente cuando es de 2.00% la estabilidad corregida es de 1095.67 kilos como podemos apreciar los valores de las medias muestran diferencias estadísticamente significativas con un valor de F igual a 9.02 con un valor de P menor de 0.00 con lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del estudio para este resultado.

Podemos decir por tanto que la mejor estabilidad corregida es asfalto convencional y a medida en que incrementamos la concentración de aceite reducimos la estabilidad corregida.

De La Cruz, P. y Porras, M. (2015), realizan coincidiendo con nuestro tema de estudio realiza un trabajo con el objetivo de identificar la calidad de una carpeta asfáltica a través de la rueda de Hamburgo, utilizando el método Marshall para rehabilitar la carretera Imperial Pampas, para lo cual se hizo una investigación mixta (cualitativa y cuantitativa) que tuvo como fin primordial analizar un problema para comprobar si la carpeta asfáltica empleada para rehabilitar la carretera Imperial cumple con los estándares del método Marshall, para ello la rueda de Hamburgo permitió el análisis comprobatorio que dicha

carretera que también empleó aceite de palma mostró un buen performance en condiciones extremas por lo cual obtuvo un amplio nivel de aprobación

TABLA N 9

Con relación el índice de rigidez según asfalto convencional vs asfalto con aceite de palma al 0.50%, 1.00%,1.50% y 2.00%, se pudo encontrar que el valor del índice de rigidez cuando hay asfalto convencional es de 5063,89 kilos, cuando el valor de aceite de palma es de 0.50% el índice de rigidez es de 3419.57 kilos, cuando el valor del aceite es de 1.00% el índice de rigidez es de 3676,30 kilos, cuando es de 1.50% el índice de rigidez es de 3242,13 kilos y finalmente cuando es de 2.00% el índice de rigidez es de 3244.00 kilos como podemos apreciar los valores de las medias muestran diferencias estadísticamente significativas con un valor de F igual a 20,14 con un valor de P menor de 0.00 con lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del estudio para este resultado.

Podemos decir por tanto que el mayor índice de rigidez es asfalto convencional y a medida en que incrementamos la concentración de aceite reduce el índice de rigidez.

Cutti, E. (2019), presentan una investigación que analiza la adición de aceites vegetales a la mezcla asfáltica, empleando productos locales para reducir la temperatura de la mezcla, el análisis también evalúa el efecto que causa en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas de naturaleza tibia, esto se hace con el fin de mantener la preservación ambiental, reducir costos y mejorar la operatividad que representa el trabajo con mezclas calientes de asfalto, por esto en el estudio presente se elaboró un diseño de mezcla tibia para la Avenida Leoncio Prado usando el método Marshall con las especificaciones de la

norma Técnica Peruana, lo cual representa el fenómeno que afecta a la mezcla ante la variación de los diseños a distintas temperaturas, además el impacto que ha generado los aceites vegetales en la mejora de dichas mezclas. En este trabajo se caracterizaron los agregados gruesos y finos provenientes de la planta chancadora de agregados Matahuasi de la cual se obtuvo un diseño con el método Marshall y se manejó el control óptimo de contenidos de asfalto al 4.50 %, después de esto, se hicieron modificaciones del ligante asfáltico de acuerdo a la viscosidad con distintas proporciones de aceites vegetales, luego de ello se evaluó el comportamiento de la mezcla tibia, en distintas temperaturas para su elaboración. El trabajo concluye que el aceite de palma en comparación con otros aceites presenta el mejor comportamiento ya que mantiene las propiedades mecánicas de la mezcla tibia teniendo además un 23% de conservación de la resistencia e incremento de la deformación de la mezcla tibia, esto se ubica dentro de los parámetros exigidos por la norma, de la cual se obtiene un asfalto modificado con aceite de palma al 3% y se infiere que se mantiene las propiedades mecánicas ante la baja de la temperatura de la mezcla asfáltica

CAPITULO V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones de la investigación

- a. Se concluye que el mejor peso específico es del asfalto convencional (2.38 cc), pero a medida que aumentamos el aceite de palma, se incrementa el peso específico (2.37cc).
- b. La mayor cantidad de vacíos, se da con aceite de palma al 0.50%, 1.00%, 2.00% (5.50% – 5.47%), sin que se muestre diferencias significativas entre los grupos estudiados, y el vacío de asfalto convencional es de (4.62%)
- c. El flujo del asfalto convencional es de (10.81 pul), pero a medida que aumentamos el aceite de palma, se incrementa el flujo (13.00 pul – 13.33 pul).
- d. La mejor estabilidad corregida es asfalto convencional es de 1377.53 kilos y a medida en que incrementamos la concentración de aceite reducimos la estabilidad corregida (3676.30 kilos – 3242.13 kilos)
- e. El mayor índice de rigidez es asfalto convencional es de 5063.89 kilos y a medida en que incrementamos la concentración de aceite reduce el índice de rigidez (3676.30 kilos – 3242.13 kilos).

5.2 Recomendaciones de la investigación

- a. Se recomienda el empleo del aceite de palma a las empresas viales, para su evaluación y uso cuando las condiciones sean necesarias y cuando no pueda ser empleado el asfalto convencional en todo su potencial.
- b. Incorporar el aceite de palma en la región donde este insumo abunde con la finalidad de lograr una mezcla asfáltica adecuada al clima y las condiciones ambientales
- c. Permitir realizar más investigaciones en este campo para probar otro tipo de aditivos que mejoren las condiciones del aceite de palma en la mezcla asfáltica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alarcón, J. (2003). “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS BITUMINOSAS RECICLADAS EN CALIENTE EN PLANTA”. Tesis doctoral. Recuperado, desde:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93221/11CAPITULO4a.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Alarcón, A. (2016) “*COMPORTAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO CAL, EN LOS AEROPUERTOS DEL SUR DE PERÚ*”. Tesis, 58-59. Recuperado desde:

<http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/727/TESIS%20DE%20ADELAIDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, A., Aaron, A., & Kirby, C. (2013). “*EVALUACIÓN DE LABORATORIO DE LA COMPACTIBILIDAD Y EL DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS*”. Revista EIA, (19), 111-121. Recuperado, desde:

<http://www.redalyc.org/pdf/1492/149228694010.pdf>

Álvarez, A., Carvajal, J., & Reyes, O. (2012). “*ESTRUCTURA INTERNA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS COMPACTADAS EN LABORATORIO*”. DYNA, 79(172), 38-45. Recuperado, desde:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000200004

Álvarez, A., Macías, N., & Fuentes, L. (2012). “*ANÁLISIS DE VACÍOS CONECTADOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS*”. DYNA, 79(172), 29-37. Recuperado, desde:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S001273532012000200003&script=sci_arttext&tln_g=en

Andrade, S. (2015) “*ESTUDIO PARA CONOCER LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA EMPLEANDO ADITIVO TBI*”. Tesis, (2), 20-22. Recuperado, desde:

<https://es.scribd.com/document/338072948/Tesis-Estudio-Para-Conocer-La-Resistencia-Al-Desgaste-de-Una-Mezcla-Asfaltica-Tibia-Empleando-Aditivo-Tb1>

Cáceres, C. (2007). “*DISEÑO DE MARSHALL*”. Tesis, (1), 4-11. Recuperado, desde:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/caceres_m_ca/capitulo_1.html

Celis, L. & Serrano, C. (2008). “*DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA TIBIA*” Tesis, 55-56. Recuperado, desde:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1921/2/128645.pdf>

Cutti, E. (2019). “ACEITES VEGETALES PARA REDUCCIÓN DE TEMPERATURA DE MEZCLA Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS PARA EL DISEÑO DE LA AV. LEONCIO PRADO CHILCA - HUANCAYO 2019” Tesis, Recuperado, desde:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6968/T010_45592399_T.pdf?sequence=1

De La Cruz, P. y Porras, M. (2015). “EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DISEÑADAS POR LA METODOLOGÍA MARSHALL CON EL ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA DE HAMBURGO PARA EL PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA DV IMPERIAL-PAMPAS” Tesis, Recuperado, desde:

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_p-porras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guevara J, Ruiz R. (2016) “ANÁLISIS COMPARATIVO DE ÁRIDOS DEL SECTOR EL MILAGRO ESTABILIZADOS CON ASFALTO DE CAUCHO RECICLADO Y ASFALTO CONVENCIONAL PARA CAPAS BASES”. Tesis. Recuperado, desde:

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3564/1/REP_ING.CIVIL_JIM.G_UEVARA_ROBERTO.RUIZ_AN%C3%81LISIS.COMPARATIVO.%C3%81RIDOS.S.SECTOR.EL.MILAGRO.ESTABILIZADOS.ASFALTO.CAUCHO.RECICLADO.ASFALTO.CONVENCIONAL.CAPAS.BASES.pdf

Lopera, C & Cordoba, J. (2013). “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA A PARTIR DE LA MEZCLA DE ASFALTO Y ACEITE CRUDO DE PALMA”. *Dyna*, año 80, Edición 179, pp. 99-108, Medellín. ISSN 0012-7353. Recuperado, desde:

<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n179/v80n179a11.pdf>

Manual de Carreteras, EG – 2013. Especificaciones técnicas generales para construcción. Recuperado, desde:

https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/M anual%20de%20Carreteras%20-

Méndez, G., Moran, J. & Pineda, L. (2014) “*DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA TIBIA, MEDIANTE LA METODOLOGIA MARSHALL, UTILIZANDO ASFALTO ESPUMADO*”. Tesis, 182-183. Recuperado, desde:

<http://ri.ues.edu.sv/6286/1/Dise%C3%B1o%20de%20mezcla%20asf%C3%A1ltica%20tibia%2C%20mediante%20la%20metodolog%C3%ADa%20Marshall%2C%20utilizando%20asfalto%20espumado.pdf>

Padilla, A. (2004) “*MEZCLAS ASFÁLTICAS CALIENTES (MAC)*”. *Revista*, (3), 47-48. Recuperado, desde:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>

Perleche, J., Vilchez, Grace. (2015) “DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICCIÓN DE CAL HIDRATADA EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Recuperado, desde:

<http://repositorio.uss.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/uss/1070/INGENIER%C3%8DA%20CIVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPITULO VII



7 Anexos

ANEXO 1: Declaración de Autenticidad

ANEXO 2: Matriz de Consistencia

ANEXO 3: Protocolos o Instrumentos Utilizados.

ANEXO 1: Declaración de Autenticidad

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Escuela de Posgrado
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO		
DECLARACIÓN DEL GRADUANDO		
Por el presente, el graduando: (Apellidos y nombres)		
GARCÍA MENDOZA ALAN		
en condición de egresado del Programa de Posgrado:		
Ingeniería Vial con mención en carreteras, puentes y túneles		
deja constancia que ha elaborado la tesis intitulada:		
Uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia para reducir el efecto de la temperatura.		
<p>Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.</p>		
<p>Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.</p>		
<p>Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.</p>		
<p>En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.</p>		
 Firma del graduando	Fecha	

ANEXO 2: Matriz de Consistencia

USO DEL ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	Metodología	
Problema principal	Objetivo General	Hipótesis principal				Tipo de investigación	Metodología de investigación
¿ Cómo se relaciona el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su producción para reducir el efecto de la temperatura, utilizando el ensayo Marshall?	Determinar la relación entre el porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia durante su fabricación a fin de reducir el efecto de la temperatura, a través del ensayo Marshall, año 2021.	El porcentaje del uso del aceite de palma crudo en la mezcla asfáltica tibia en su producción se relaciona significativamente reduciendo el efecto de la temperatura, utilizando el ensayo Marshall.	X: <u>Variable Independiente</u> Aceite de Palma Crudo	X1: Dosificación	Percentage (0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%)	<p>✓ Método de la investigación. Deductivo.</p> <p>✓ Orientación de la investigación. Aplicada.</p> <p>✓ Recolección de datos de la investigación. Proyectiva.</p> <p>✓ Tipo de investigación Descriptivo, correlacional.</p> <p>✓ Nivel de investigación. Descriptivo.</p> <p>✓ Diseño de la investigación. Experimental, longitudinal, prospectiva.</p> <p>✓ Enfoque de la investigación Cuantitativo.</p>	<p>Descriptivo Por qué el objetivo es analizar y describir los beneficios de la mezcla asfáltica tibia adicionando el aceite de palma crudo a través de ensayos en laboratorio.</p>
						Población y muestra	Diseño de investigación

						<p>Las muestras están conformadas por 24 especímenes en total de mezcla asfáltica convencional 12 especímenes y con aceite de palma crudo 12 especímenes de acuerdo con metodología de ensayos validadas por centro de investigación americanos como la AASHTO y ASTM.</p>	<p>Experimental, longitudinal y retro respectivo porque se realizara ensayos en laboratorio, para obtener propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tibia todo ello mediante ensayos de laboratorio.</p>
<p>Problemas específicos:</p>	<p>Objetivos Específicos:</p>	<p>Hipótesis Especificas</p>				<p>Procedimiento</p>	<p>Instrumento</p>
<p>a. ¿Cuál es la relación entre el peso específico del asfalto convencional, comparado con el peso específico de la mezcla con aceite de palma?</p> <p>b. ¿Cuál es la relación entre la cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional comparado con la cantidad de vacíos, con aceite de palma?</p> <p>c. ¿Cuál es la relación entre el flujo del asfalto convencional, comparado con el flujo de aceite de palma?</p> <p>d. ¿Cuál es la relación entre la estabilidad corregida del asfalto convencional comparado con la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma?</p> <p>e. ¿Cuál es la relación entre el índice de rigidez del asfalto convencional comparado con el índice de rigidez de la mezcla con aceite de palma?</p>	<p>a. Determinar la relación entre el peso específico del asfalto convencional, comparado con el peso específico de la mezcla con aceite de palma.</p> <p>b. Identificar la relación entre la cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional comparado con la cantidad de vacíos, con aceite de palma.</p> <p>c. Determinar la relación entre el flujo del asfalto convencional, comparado con el flujo de aceite de palma.</p> <p>d. Identificar la relación entre la estabilidad corregida del asfalto convencional comparado con la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma.</p> <p>e. Determinar la relación entre el índice de rigidez del asfalto convencional</p>	<p>a. El peso específico del asfalto convencional, es significativamente superior al peso específico de la mezcla con aceite de palma demostrando relación entre las variables.</p> <p>b. La cantidad de vacíos con aire del asfalto convencional es significativamente superior a la cantidad de vacíos, con aceite de palma demostrando relación entre las variables.</p> <p>c. El flujo del asfalto convencional, es significativamente superior al flujo del aceite de palma demostrando relación entre las variables.</p> <p>d. La estabilidad corregida del asfalto convencional es significativamente superior a la estabilidad corregida de la mezcla con aceite de palma demostrando relación entre las variables.</p> <p>e. El índice de rigidez del asfalto convencional es significativamente superior al índice de rigidez de la mezcla con</p>	<p>Y: <u>Variable Dependiente</u> Efecto de la temperatura</p>	<p>Y1: Temperatura</p>	<p>Alta Media Baja</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivos. - Recolección de información. - Planteamiento experimental. - Selección de equipos. - Elaboración de las muestras. - Análisis de ensayos. - Resultados de los ensayos. - Conclusiones. 	<p>Instrumento de recolección de información: Catalogo técnico del fabricante Guía de documento</p> <p>Instrumento de medición: Método de Marshall Método de AOCS</p>

	comparado con el índice de rigidez de la mezcla con aceite de palma.	aceite de palma demostrando relación entre las variables.				
--	--	---	--	--	--	--

ANEXO 3: Protocolos o Instrumentos Utilizados.

**USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO
EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA
PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA
TEMPERATURA**



✉ valmeringenieros@hotmail.com

☎ (01) 3561900 / Entel: 946581415
☎ RPC: 952821929 / 947306807



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geométricos
 Suministro de Equipos e Insumos

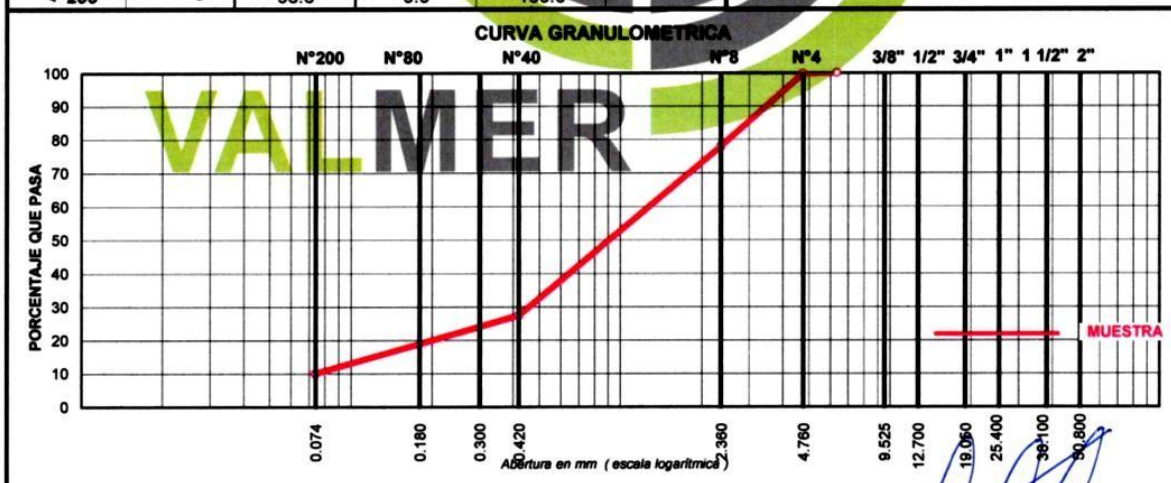
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	FECHA	: 09/02/2022
MATERIAL	: ARENA TRITURADA <1/4"		
PROCEDENCIA	: CANTERA LURÍN		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
2 1/2"	63.500					TAMAÑO MÁXIMO : 1/4"
2"	50.800					CANTERA: Lurín
1 1/2"	38.100					PESO INICIAL : 993.5 gr
1"	25.400					OBSERVACIONES :
3/4"	19.050					ARENA TRITURADA <1/4"
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	
N° 4	4.760	3.2	0.3	0.3	99.7	
N° 8	2.360	217.3	21.9	22.2	77.8	
N° 10	2.000	81.1	8.2	30.4	69.6	
N° 40	0.420	421.3	42.4	72.8	27.2	
N° 50	0.300	50.1	5.0	77.8	22.2	
N° 80	0.180	54.1	5.4	83.3	16.7	
N° 200	0.074	67.8	6.8	90.1	9.9	
< 200	-	98.6	9.9	100.0		



OBSERVACIONES:

CIRO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Insumos

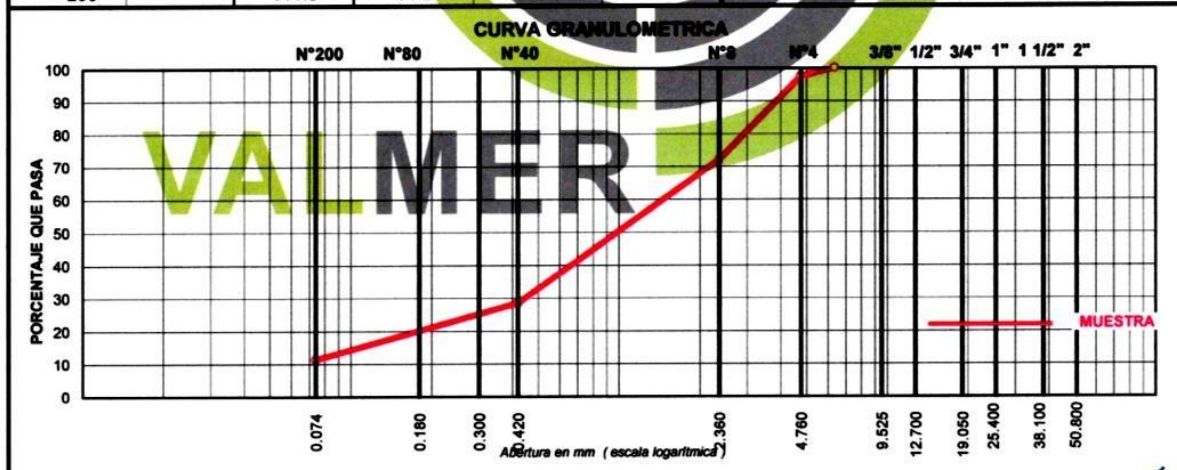
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	FECHA	: 09/02/2022
MATERIAL	: ARENA TRITURADA <1/4"		
PROCEDENCIA	: CANTERA CAJAMARQUILLA		

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
2 1/2"	63.500					TAMAÑO MAXIMO : 1/4"
2"	50.800					CANTERA: Cajamarquilla
1 1/2"	38.100					PESO INICIAL : 994.3 gr
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					OBSERVACIONES:
3/8"	9.525					ARENA TRITURADA <1/4"
1/4"	6.350				100.0	
N° 4	4.760	25.2	2.5	2.5	97.5	
N° 8	2.360	253.6	25.5	28.0	72.0	
N° 10	2.000	62.8	6.3	34.4	65.6	
N° 40	0.420	370.0	37.2	71.6	28.4	
N° 50	0.300	50.2	5.0	76.6	23.4	
N° 80	0.180	50.6	5.1	81.7	18.3	
N° 200	0.074	70.9	7.1	88.8	11.2	
< 200	-	111.0	11.2	100.0		



OBSERVACIONES:

CIRO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Insumos

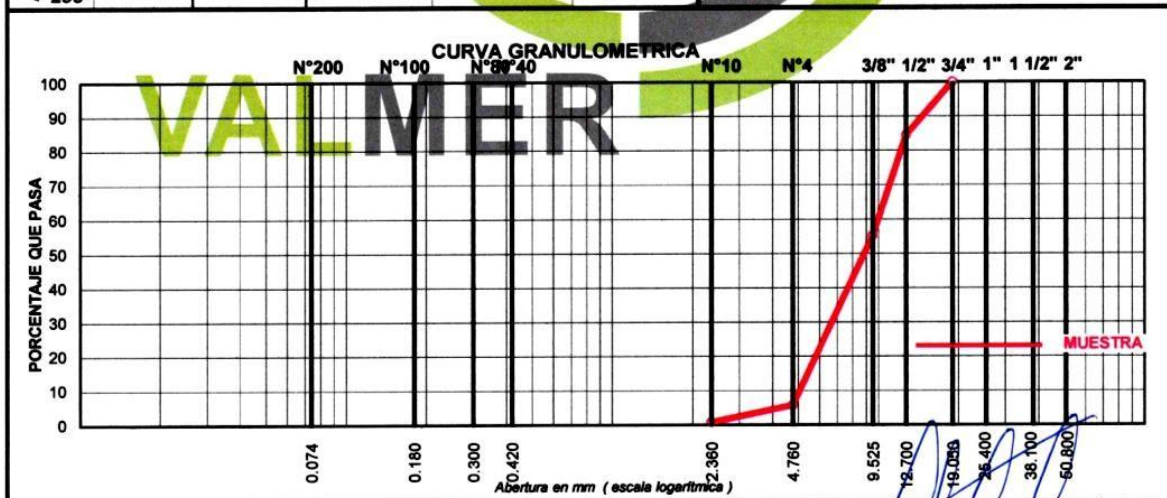
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	FECHA	: 09/02/2022
MATERIAL	: GRAVA TRITURADA < 3/4"		
PROCEDENCIA	: CANTERA CAJAMARQUILLA		

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO :	
2 1/2"	63.500					3/4"	
2"	50.800					CANTERA: Cajamarquilla	
1 1/2"	38.100					PESO INICIAL :	15,112.0 gr
1"	25.400					OBSERVACIONES :	
3/4"	19.050				100.00	GRAVA TRITURADA < 3/4"	
1/2"	12.700	2,380.0	15.7	15.7	84.3		
3/8"	9.525	4,406.0	29.2	44.9	55.1		
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	7,486.0	49.5	94.4	5.6		
N° 8	2.360	744.0	4.9	99.4	0.6		
N° 10	2.000	19.0	0.1	99.5	0.5		
N° 40	0.420	45.0	0.3	99.8	0.2		
N° 50	0.300	23.00	0.2	99.9	0.1		
N° 80	0.180	9.00	0.1	100.0	0.0		
N° 200	0.074						
< 200	-						



OBSERVACIONES:

.....
 CIRO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Insumos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

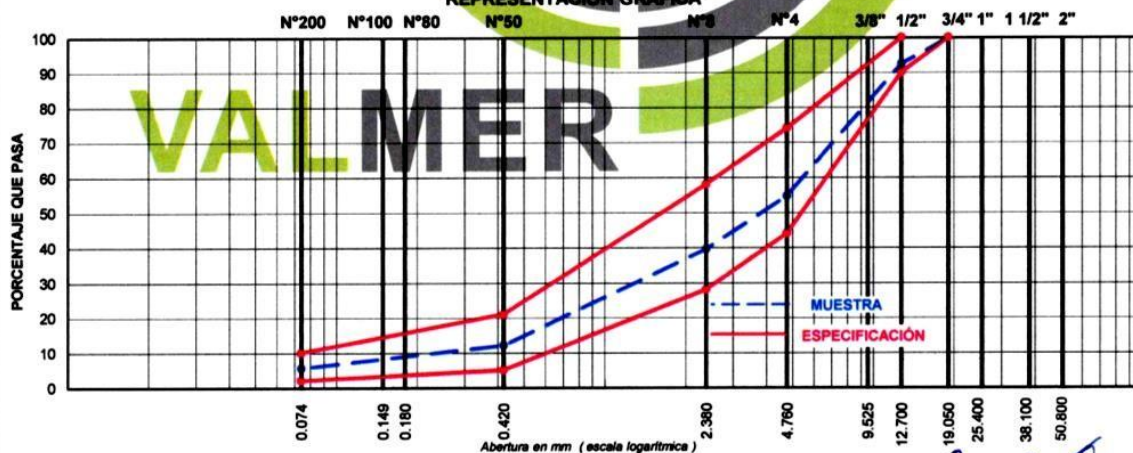
TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA
 SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN DISEÑADO POR : FREDY VILLANUEVA
 UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ ING. RESP. : C. QUILLATUPA O.
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 09/02/2022
 PROCEDENCIA : LABORATORIO

COMPOSICION DE MEZCLA

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON PEN 60/70

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	GRAVA TRITURADA Cajamarquilla (M-1) 47%	ARENA TRITURADA LURIN (M-2) 21%	ARENA TRITURADA Cajamarquilla (M-3) 32%	MEZCLA		ESPECIFICACIÓN ASTM D3515 D - 5	FORMULA DE TRABAJO SEGÚN ESPECIFICACIÓN		TOLERANCIAS
					PORCENTAJE QUE PASA			Minima	Maxima	
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050				100.0	100				+/-5%
1/2"	12.700	84.3			92.6	90 - 100	90	97.6		+/-5%
3/8"	9.525	55.1			78.9					
1/4"	6.350									
N° 4	4.750	5.6	99.7	97.5	54.8	44 - 74	49.8	59.8		+/-5%
N° 8	2.380	0.6	77.8	72.0	39.7	28 - 58	35.7	43.7		+/-4%
N° 10	2.000									
N° 50	0.420	0.1	22.2	23.4	12.2	5 - 21	9.2	15.2		+/-3%
N° 80	0.180									
N° 100	0.149									
N° 200	0.074		9.9	11.2	5.7	2 - 10	3.7	7.7		+/-2%
< 200	-									

REPRESENTACION GRAFICA



.....
 CIRO QUILLATUPA ORDOÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica del
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Instrumentos

PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS

NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA
SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 09/02/2022
PROCEDENCIA : LABORATORIO

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
<i>Tipo de Mezcla</i>	ASTM D3515 D-5			ASTM D3515 D-5		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,142.8	9,142.3	9,144.1	9,138.8	9,137.5	9,138.4
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,381.0	10,379.0	10,382.0	10,378.0	10,376.0	10,376.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,238.2	1,236.7	1,237.9	1,239.2	1,238.5	1,237.6
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	488.2	488.7	486.9	492.2	493.5	492.6
<i>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</i>	2.538	2.531	2.542	2.518	2.510	2.512
<i>Promedio</i>	2.536			2.513		

MUESTRA	7	8	9	10	11	12
<i>Tipo de Mezcla</i>	ASTM D3515 D-5			ASTM D3515 D-5		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0	5,447.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0	9,631.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,134.0	9,135.8	9,133.8	9,129.3	9,131.1	9,129.4
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,372.0	10,373.0	10,371.0	10,367.0	10,368.0	10,367.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,238.0	1,237.2	1,237.2	1,237.7	1,236.9	1,237.6
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	497.0	495.2	497.2	501.7	499.9	501.6
<i>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</i>	2.491	2.498	2.488	2.467	2.474	2.467
<i>Promedio</i>	2.493			2.470		

OBSERVACIONES:


 C. QUILLATUPA ORDOÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Insumos

PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS

NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA
SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 09/02/2022
PROCEDENCIA : LABORATORIO

MUESTRA	1	2	3		
	ASTM D3515 D-5				
Tipo de Mezcla					
Porcentaje de Asfalto	5.45	5.45	5.45		
1- Peso del Frasco	5,447.0	5,447.0	5,447.0		
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)	9,631.0	9,631.0	9,631.0		
3- Diferencia del Pesos (4-5)	9,135.0	9,135.5	9,134.0		
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)	10,374.0	10,373.0	10,373.0		
5- Peso Neto de la Muestra	1,239.0	1,237.5	1,239.0		
6- Agua Desplazada (2-3)	496.0	495.5	497.0		
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)	2,496	2,497	2,493		
Promedio		2,496			

MUESTRA					
Tipo de Mezcla					
Porcentaje de Asfalto					
1- Peso del Frasco					
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)					
3- Diferencia del Pesos (4-5)					
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)					
5- Peso Neto de la Muestra					
6- Agua Desplazada (2-3)					
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)					
Promedio					

OBSERVACIONES:



Proyectos - Asesoría - Consultoría
 Servicio de Laboratorio de Mecánica de
 Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
 Suministro de Equipos e Insumos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 09/02/2022

PROCEDENCIA : LABORATORIO

ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO PEN 60/70

1.- MEZCLA DE AGREGADOS :

(Proporción en Peso)

Grava Triturada 47.0%

Arena Triturada 53.0%

Especificaciones de Gradación ASTM D3515 D-5

2.- LIGANTE BITUMINOSO :

Tipo de Asfalto

Mejorador de Adherencia

Optimo Contenido de Cemento Asfáltico

Especificaciones de Gradación

PEN 60/70

-

5.45% (± 0.20)

ASTM D3515 D-5

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL :		CARACTERÍSTICAS	REQUERIMIENTOS OBRA	
		DISEÑO ASTM D3515 D-5	MÍNIMO	MÁXIMO
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	(N°)	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	5.45	5.25	5.65
ESTABILIDAD	(Kg)	1,409	815	-
FLUJO	(Pulg)	11.2	8.0	14.0
V.M.A.	(%)	15.6	14.0	-
VACÍOS DE AIRE	(%)	4.1	3	5
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	(%)	5.60	5	-
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	(kg/cm)	4,938	1,700	4,000
RELACIÓN POLVO / ASFALTO		1.05	0.6	1.3

4.- TEMPERATURAS DE APLICACIÓN :

Mezcla Asfáltica 154°C

Temperatura de Compactación 141°C


 CIRO A. QUILLATUPA ORDÓÑEZ
 ING. CIVIL
 CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA		
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
MATERIAL	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	: 09/02/2022
PROCEDENCIA	: LABORATORIO		

ENSAYO	UNIDAD	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briquea	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	42.94	42.94	42.94	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	52.06	52.06	52.06	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Especifico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Especifico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briquea (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briquea Seca en el Aire	gr	1,238.6	1,238.4	1,237.9	
14 Peso de la Briquea en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,240.3	1,240.7	1,239.0	
15 Peso de la Briquea Sumergido en el Agua a 25°C	gr	720.6	720.5	719.0	
16 Volumen de Briquea (14-15)	cc	519.7	520.2	520.0	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.383	2.381	2.381	2.381
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.613	2.613	2.613	
19 Máxima Densidad Teórica $100((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.497	2.497	2.497	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	5.2	5.3	5.3	5.2
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))$	gr/cc	2.680	2.680	2.680	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.792	2.792	2.792	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8))+4^2/(9+10)+(5/11))$	gr/cc	2.703	2.703	2.703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*(23-21)/(23-21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briquea $(3+4)/172$	%	84.5	84.4	84.4	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briquea $100-(25+2)$	%	10.36	10.36	10.36	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.53	15.63	15.63	15.6
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	4.7	4.7	4.7	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	66.7	66.2	66.2	66.4
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	10.0	10.1	10.0	10.0
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1370	1385	1366	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	1370	1385	1366	1374
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	66.7	66.2	66.2	66.4
35 Índice de rigidez	Kilos	5393.7	5398.8	5378.0	5390.1

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado a 154°C y Temperatura de Compactación de Briqueas a 141°C.


.....
CIRO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
ING. CIVIL
CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 09/02/2022

PROCEDENCIA : LABORATORIO

ENSAYO	UNIDAD	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50	5.50
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	42.71	42.71	42.71	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	51.79	51.79	51.79	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,238.0	1,238.5	1,237.6	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,238.8	1,237.6	1,238.4	
15 Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua a 25°C	gr	722.0	721.2	721.6	
16 Volumen de Briqueta	cc	516.8	516.4	516.8	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514)	cc	2,396	2,394	2,395	2.395
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2,493	2,493	2,493	
19 Máxima Densidad Teórica	cc	2,478	2,478	2,478	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505)	%	3.9	3.9	3.9	3.9
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2,680	2,680	2,680	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total	gr/cc	2,807	2,807	2,807	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total	gr/cc	2,703	2,703	2,703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta	%	84.5	84.4	84.4	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta	%	11.65	11.65	11.65	
27 Vacíos del Agregado Mineral	%	15.54	15.58	15.57	15.57
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla	%	5.2	5.2	5.2	
29 Relación Betún Vacíos	%	75.0	74.7	74.8	74.8
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pulg.	11.4	11.4	11.5	11.4
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1412	1415	1408	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida	Kilos	1412	1415	1408	1412
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico	%	75.0	74.7	74.8	74.8
35 Índice de rigidez	Kilos	4876.4	4886.7	4820.3	4861.1

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado a 154°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.


CIRIO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
ING. CIVIL
CIP Nº 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA		
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
MATERIAL	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	: 09/02/2022
PROCEDENCIA	: LABORATORIO		

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	N°	1	2	3	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor N° 4)	%	42.49	42.49	42.49	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor N° 4)	%	51.51	51.51	51.51	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Especifico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Especifico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-94, MTC E-305)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-807)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,237.5	1,237.5	1,238.0	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,238.3	1,238.0	1,238.6	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	721.5	721.6	723.2	
16 Volumen de Briqueta	cc	516.6	516.2	515.4	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514)	cc	2,395	2,397	2,402	2,398
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-808)	cc	2,470	2,470	2,470	
19 Máxima Densidad Teórica	cc	2,460	2,460	2,460	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505)	%	3.0	2.9	2.7	2.9
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2,680	2,680	2,680	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total	gr/cc	2,822	2,822	2,822	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total	gr/cc	2,703	2,703	2,703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta	%	84.0	84.1	84.2	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta	%	12.99	13.00	13.03	
27 Vacíos del Agregado Mineral	%	16.00	15.93	15.76	15.90
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
29 Relación Betún Vacíos	%	81.2	81.6	82.7	81.8
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.5	12.2	12.1	12.3
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1384	1379	1392	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida	Kilos	1384	1379	1392	1385
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico	%	81.2	81.6	82.7	81.8
35 Índice de rigidez	Kilos	4359.1	4450.1	4529.2	4446.1

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado a 154°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.


CIRO A. QUILLATUPA ORDÓÑEZ
ING. CIVIL
CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Instrumentos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	FECHA	: 09/02/2022
MATERIAL	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5		
PROCEDENCIA	: LABORATORIO		

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº	1	2	3	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.45	5.45	5.45	5.45
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	42.74	42.74	42.74	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	51.81	51.81	51.81	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-206)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-305)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,238.8	1,238.4	1,239.3	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,239.7	1,239.3	1,240.3	
15 Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua a 25°C	gr	722.8	721.5	722.4	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	516.9	517.8	517.9	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-614) (13/16)	cc	2,397	2,392	2,393	2,394
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-505)	cc	2,496	2,496	2,496	
19 Máxima Densidad Teórica $100((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2,480	2,480	2,480	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505)	%	4.0	4.2	4.1	4.1
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2,680	2,680	2,680	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2,806	2,806	2,806	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2,703	2,703	2,703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*(23-21)/(23^2*21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)/1721$	%	84.5	84.4	84.4	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+26)$	%	11.47	11.45	11.46	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.46	15.64	15.59	15.56
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.1	5.1	5.1	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	74.2	73.2	73.5	73.6
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	11.2	11.2	11.3	11.2
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1433	1403	1390	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1433	1403	1390	1409
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	74.2	73.2	73.5	73.6
35 Índice de rigidez	Kilos	5037.6	4932.7	4844.5	4938.3

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado a 154°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.


.....
CIRO A. QUILLATUPA ORDÓÑEZ
ING. CIVIL
CIP Nº 255597



USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

**ENSAYOS MARSHALL + ACEITE DE
PALMA CRUDO (0.5%, 1.0%, 1.5%
Y 2.0%) - A DIFERENTES
TEMPERATURAS DE
COMPACTACION (110°C, 115°C Y
125°C)**



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 11/02/2022

PROCEDENCIA : LABORATORIO

ENSAYO	N°	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	N°				
- ACEITE DE PALMA CRUDO	%	0.5%	0.5%	0.5%	
- TEMPERATURA DE COMPACTACION	°C	110 °C	115 °C	125 °C	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.45	5.45	5.45	5.45
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor N° 4)	%	42.74	42.74	42.74	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor N° 4)	%	51.81	51.81	51.81	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-204)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Específico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Específico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Específico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,240.2	1,239.5	1,237.5	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,247.3	1,244.8	1,241.1	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.6	719.6	719.8	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	526.7	525.2	521.3	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.346	2.360	2.374	
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-208, MTC E-508)	cc	2.483	2.498	2.501	
19 Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.480	2.480	2.480	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	5.9	5.5	5.1	
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((9/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.680	2.680	2.680	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.806	2.806	2.806	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total $(2+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.703	2.703	2.703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23-21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	82.7	83.2	83.7	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	11.35	11.23	11.18	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	17.25	16.75	16.26	
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.1	5.1	5.1	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	65.8	67.0	68.7	
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.0	14.0	13.0	
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1030	1140	1300	
32 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00	
33 Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	989	1094	1300	
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	65.8	67.0	68.7	
35 Índice de rigidez	Kilos	3244.1	3077.6	3937.0	

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado Según Proyecto de Tesis

CIRO A. QUILLATUPA ORDOÑEZ
ING. CIVIL
CIP N° 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS : USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA

SOLICITANTE : BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN **DISEÑADO POR** : FREDY VILLANUEVA

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ **ING. RESP.** : C. QUILLATUPA O.

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** : 11/02/2022

PROCEDENCIA : LABORATORIO

ENSAYO	Nº	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta					
- ACEITE DE PALMA CRUDO	%	1.0%	1.0%	1.0%	
- TEMPERATURA DE COMPACTACION	°C	110 °C	115 °C	125 °C	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.45	5.45	5.45	5.45
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	42.74	42.74	42.74	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	51.81	51.81	51.81	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Específico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Específico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Específico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,235.8	1,239.4	1,235.1	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,242.3	1,244.7	1,238.8	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.5	719.8	719.1	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	525.8	524.9	519.7	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.360	2.361	2.377	
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.496	2.500	2.502	
19 Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3*2/(7+8))+(4*2/(9+10)))$	cc	2.480	2.480	2.480	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	5.8	5.6	5.0	
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.680	2.680	2.680	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.806	2.806	2.806	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3*2/(7+8))+(4*2/(9+10))+(5/11))$	gr/cc	2.703	2.703	2.703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	82.9	83.3	83.8	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	11.26	11.16	11.15	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	17.09	16.71	16.17	
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.1	5.1	5.1	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	65.9	66.8	69.0	
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	13.0	14.0	13.0	
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1155	1336	1342	
32 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00	
33 Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	1109	1283	1342	
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	65.9	66.8	69.0	
35 Índice de rigidez	Kilos	3358.0	3606.7	4064.2	

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado Según Proyecto de Tesis

.....
CIRIA QUILLATUPA ORDÓÑEZ
ING. CIVIL
CIP Nº 255597



Proyectos - Asesoría - Consultoría
Servicio de Laboratorio de Mecánica de
Suelo y Pavimentos - Ensayos Geotécnicos
Suministro de Equipos e Insumos

ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

TESIS	: USO DE ACEITE DE PALMA CRUDO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA TIBIA PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA TEMPERATURA		
SOLICITANTE	: BACH. GARCIA MENDOZA, ALAN	DISEÑADO POR	: FREDY VILLANUEVA
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE LIMA - PERÚ	ING. RESP.	: C. QUILLATUPA O.
MATERIAL	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	: 11/02/2022
PROCEDENCIA	: LABORATORIO		

ENSAYO	UNIDAD	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº	1	2	3	
- ACEITE DE PALMA CRUDO	%	1.5%	1.5%	1.5%	
- TEMPERATURA DE COMPACTACION	°C	110 °C	115 °C	125 °C	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.45	5.45	5.45	5.45
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	42.74	42.74	42.74	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	51.81	51.81	51.81	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-504)	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
8 Peso Especifico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-54, MTC E-206)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.670
9 Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.714	2.714	2.714	
10 Peso Especifico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.748	2.748	2.748	2.731
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,230.5	1,230.4	1,237.1	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,243.8	1,243.1	1,240.7	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.5	719.2	721.1	
16 Volumen de Briqueta $\frac{(14-15)}{2.670}$	cc	535.4	523.9	519.6	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) $\frac{(13/14)}{519.6}$	cc	2.363	2.364	2.381	
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.480	2.501	2.501	
19 Máxima Densidad Teórica $\frac{100((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))}{2.480}$	cc	2.480	2.480	2.480	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	5.8	5.5	4.8	
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total $\frac{(100*2)/((9/7)+(8/8))+5114}{519.6}$	gr/cc	2.680	2.680	2.680	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $\frac{(100*21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)}{519.6}$	gr/cc	2.806	2.806	2.806	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $\frac{100*((3*2)/((7+8))+4*2/(9+10)+(5/11))}{519.6}$	gr/cc	2.703	2.703	2.703	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	83.0	83.4	84.0	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	11.23	11.13	11.21	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	17.00	16.62	16.02	
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.1	5.1	5.1	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	66.1	67.0	70.0	
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	13.0	14.0	13.0	
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	984	1068	1315	
32 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00	
33 Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	945	1025	1315	
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	66.1	67.0	70.0	
35 Índice de rigidez	Kilos	2860.8	2883.2	3982.4	

OBSERVACIONES: Temperatura de Mezclado Según Proyecto de Tesis

.....
CIRO A. QUILLATUPA ORDÓÑEZ
ING. CIVIL
CIP Nº 255597