

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente

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

AUTOR

Keico Madeleine Mundaca Sigüañas

ASESOR

Carmen Chilon Muñoz

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

Chiclayo, 2025

**Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas
de las mezclas asfálticas en caliente**

PRESENTADA POR

Keico Madeleine Mundaca Sigüeñas

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Roberto Carlos Castillo Velarde
PRESIDENTE

Manuel Alejandro Borja Suarez
SECRETARIO

Carmen Chilón Muñoz
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todos los visionarios que se esfuerzan por construir un futuro más sostenible y equitativo. A mis seres queridos, quienes han sido mi puntal y plectro constante.

Su fe en mí me ha impulsado a superar cada desafío.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la fuerza y la pericia necesarias en este recorrido. A mis familiares, por su amor incondicional y su respaldo inquebrantable en cada fase de mi existencia. A mis amigos, quienes han estado a mi lado durante la realización de esta tesis; su ayuda y motivación intrínseco para alcanzar este importante logro. A mi asesor, por su guía, tolerancia y valiosa orientación, los cuales han sido fundamentales para acrecentar este trabajo.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

22% INDICE DE SIMILITUD	21% FUENTES DE INTERNET	7% PUBLICACIONES	8% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	www.hindawi.com Fuente de Internet	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to RMIT University Trabajo del estudiante	<1%
11	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1%

www.revistas.ucr.ac.cr

Índice

Resumen	13
Abstract	14
Introducción.....	15
Revisión de literatura.....	17
Antecedentes	17
Bases teóricas.....	19
Definición de pavimentos	19
Clasificación de infraestructuras viales.....	20
Pavimentos flexibles	20
Definición de asfalto	20
Mezclas asfálticas.....	21
Propiedades de las mezclas asfálticas	21
Mezclas asfálticas en caliente	23
Componentes de la mezcla asfáltica en caliente.....	23
Definición de Diatomita	26
Diatomita como aditivo en pavimentos.....	27
Normativa	27
Materiales y métodos	31
Tipo y Nivel de investigación.....	31
Población.....	32
Muestreo.....	32
Muestra	32
Variables	33
Operacionalización de variables	34
Técnica e instrumento de recolección de datos.....	34

Diagrama de flujo.....	35
Procedimiento.....	35
Resultados y discusión	48
Conclusiones	67
Recomendaciones	68
Referencias.....	69
Anexos	73
Anexo 01: Ficha técnica de la Diatomita.....	73
Anexo 02: Validación De Ensayos De Laboratorio	74
Anexo 03: Ensayo Químico de la Diatomita	76
Anexo 04: Ensayo de Resistencia al Desgaste de agregado	81
Anexo 05: Ensayo de absorción	83
Anexo 06: Ensayo de sales solubles totales	84
Anexo 07: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio	87
Anexo 08: Ensayo de partículas chatas y alargadas	92
Anexo 09: Ensayo de caras fracturadas	93
Anexo 10: Ensayo equivalente de arena.....	94
Anexo 11: Ensayo azul de metileno	96
Anexo 12: Ensayo de límite líquido y plástico	97
Anexo 13: Ensayo de análisis granulométrico	99
Anexo 14: Diseño de mezcla asfáltica	100
HMA (Patrón).....	100
HMA (Diatomita 2%).....	106

HMA (Diatomita 5%)	113
HMA (Diatomita 7%)	120
Anexo 15: Ensayo de módulo de resiliencia	127
Anexo 16: Ensayo de Lottman	129
Anexo 17: Ensayo de tracción indirecta.....	133
Anexo 18: Ensayo de cantabro.....	135
Anexo 19: Panel fotográfico	139

Lista de Tablas

Tabla 1 Requisitos para los AG.....	24
Tabla 2 Requisitos para los AF	25
Tabla 3 Muestreo para muestra patrón y adición de ensayo Marshall.....	32
Tabla 4 Muestreo con % óptimo	33
Tabla 5 Extracto de cantidad de briquetas	33
Tabla 6 Operacionalización de variables	34
Tabla 7 Curva de análisis granulométrico.....	48
Tabla 8 Resumen de los resultados obtenidos de los agregados	48
Tabla 9 Composición química de la Diatomita.....	49
Tabla 10 Gradación HMA.....	52
Tabla 11 Propiedades mecánicas de mezcla asfáltica	52
Tabla 12 ACU carpeta asfáltica patrón	53
Tabla 13 ACU carpeta asfáltica adicionada	53
Tabla 14 Localización	55
Tabla 15 Identificación de PA.....	57
Tabla 16: Matriz de identificación de impactos	60
Tabla 17: Matriz de evaluación de impactos.....	61

Lista de Tablas

Ilustración 1 Diagrama de Flujo.....	35
Ilustración 2: Realización del ensayo de durabilidad al sulfato magnesio.....	36
Ilustración 3: Realizando el ensayo de abrasión en la máquina de los ángeles	37
Ilustración 4: Realización del ensayo de partículas chatas y alargadas	38
Ilustración 5: Realización del ensayo de caras fracturadas del agregado grueso.....	39
Ilustración 6: Realización del ensayo de sales solubles totales al agregado grueso	40
Ilustración 7: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso....	41
Ilustración 8: Realización del ensayo de equivalente de arena	42
Ilustración 9: Realización del ensayo de azul de metileno.....	43
Ilustración 10: Realización del ensayo de límite líquido y límite plástico.....	44
Ilustración 11: Realización del ensayo de durabilidad al sulfato magnesio del agregado fino	45
Ilustración 12: Realización del ensayo de sales solubles totales al agregado fino.....	46
Ilustración 13: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	47
Ilustración 14: Realización del ensayo de análisis granulométrico.....	47
Ilustración 20: Preparación de la muestra y la solución con sulfato de magnesio	139
Ilustración 21: Agregando solución a la muestra por primera vez.....	139
Ilustración 22: Muestras extraídas del horno después de su primer ciclo en sulfato de magnesio.....	139
Ilustración 23: Muestras después de su último ciclo y remojo para diluir el sulfato de magnesio.....	140
Ilustración 24: Lavado de las muestras	140
Ilustración 25: Preparación de la muestra y máquina de los ángeles para el ensayo de abrasión	140
Ilustración 26: Material obtenido de la máquina de los ángeles	141
Ilustración 27: Elementos utilizados, preparación y medición de las partículas del agregado grueso	141
Ilustración 28: Clasificación de las partículas chatas y alargada	141
Ilustración 29: Preparación del agregado grueso y fino para el ensayo de sales solubles	142

Ilustración 30: Vaciado, filtración y hervor de agua de agregados	142
Ilustración 31: Muestra de agregado antes y después de sacado del horno	142
Ilustración 32: Preparación del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción	143
Ilustración 33: Vaciado y extracción de agua superficial de la muestra	143
Ilustración 34: Muestra antes y después de estar 24 horas en el horno.....	143
Ilustración 35: Preparación y pesado del agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción	144
Ilustración 36: Preparando la solución y muestra para ensayo equivalente de arena	144
Ilustración 37: Vaciando el agregado a la probeta y agitación	144
Ilustración 38: Lavado, llenado de probeta y muestras en reposo listas para medición	145
Ilustración 39: Materiales a utilizar para el ensayo.....	145
Ilustración 40: Preparando insumos para el ensayo	145
Ilustración 41: Ensayo de azul de metileno.....	146
Ilustración 42: Filtro con muestras hasta obtener el color azul deseado	146
Ilustración 43: Preparando muestra para ensayo de límites	146
Ilustración 44: Muestras de límites líquido y plástico.....	147
Ilustración 45: Ensayo de análisis granulométrico.....	147
Ilustración 46: Selección del agregado según la cantidad de caras fracturadas	148
Ilustración 47: Agregado de 1/2" y 3/8" clasificado.....	148
Ilustración 48: Pesado y mezclado de la mezcla asfáltica.....	148
Ilustración 49: Briquetas a ensayar en Marshall	149
Ilustración 50: Extracción de baño maría y realización del ensayo	149
Ilustración 51: Calentar las briquetas y desmoronarla	149
Ilustración 52: Pesado de la mezcla y realización del ensayo.....	150
Ilustración 53: Eliminar vacíos y congelamiento de briquetas	150
Ilustración 54: Rotura de briqueta.....	150
Ilustración 55: Briquetas en baño maría y rotura final.....	151

Ilustración 56: Rotura de briquetas en ensayo IDT	151
Ilustración 57: Muestras a ensayar	151
Ilustración 58: Muestras después del ensayo	152
Ilustración 59: Preparación de muestras para el ensayo.....	152
Ilustración 60: Muestras a ensayar	152

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Curva de pérdida de masa y análisis termogravimétrico de la Diatomita.....	49
Gráfico 2 Ensayo de tracción indirecta	50
Gráfico 3 Ensayo de Lottman.....	50
Gráfico 4 Ensayo módulo de resiliencia	51
Gráfico 5 Ensayo de desgaste para muestra patrón y adicionada	64

Resumen

La presente tesis investiga el impacto de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente (HMA) como alternativa para mejorar el rendimiento del pavimento ante condiciones climáticas extremas y tráfico intenso, común en el contexto peruano, afectado por fenómenos como Yaku. Con el objetivo de evaluar la resistencia a la deformación, el daño por humedad, el módulo de resiliencia y el desgaste, se comparan mezclas convencionales y modificadas con diatomita. Se aplicaron ensayos de tracción indirecta, resiliencia y resistencia al desgaste. Los resultados muestran que la mezcla modificada mejora la resistencia a la tracción (1133.64 kPa frente a 999.22 kPa en la mezcla convencional) y ofrece una mejor respuesta frente a la humedad. Sin embargo, la mezcla convencional presenta mayor estabilidad y menor desgaste. Ambas cumplen con los requisitos normativos de pavimentos urbanos. En términos económicos, la mezcla con diatomita resulta ligeramente más económica (S/72.99 por m² frente a S/72.56 por m²). Además, se concluye que la adición de diatomita es una solución sostenible, contribuyendo a la reducción de emisiones y mitigando el efecto de isla de calor en las ciudades.

Palabras clave: Diatomita, Mezclas asfálticas, Estabilidad, Módulo de resiliencia, Humedad inducida, Resistencia al desgaste

Abstract

This thesis investigates the impact of diatomite addition on the mechanical properties of hot-mix asphalt mixtures (HAM) as an alternative to improve pavement performance under extreme weather conditions and heavy traffic, common in the Peruvian context, affected by phenomena such as Yaku. In order to evaluate resistance to deformation, moisture damage, resilience modulus and wear, conventional and diatomite-modified mixtures are compared. Indirect tensile, resilience and wear resistance tests will be applied. The results show that the modified mixture improves tensile strength (1133.64 kPa versus 999.22 kPa in the conventional mixture) and offers a better response to moisture. However, the conventional mixture presents greater stability and less wear. Both comply with the regulatory requirements for urban pavements. In economic terms, the mixture with diatomite is slightly cheaper (S/72.99 per m² versus S/72.56 per m²). Furthermore, it is concluded that the addition of diatomite is a sustainable solution, contributing to the reduction of emissions and mitigating the heat island effect in cities.

Keywords: Diatomite, Asphalt mixtures, Stability, Resilience modulus, Induced moisture, Wear resistance

Introducción

El rápido crecimiento de la densidad del tráfico, el fenómeno de la sobrecarga en las carreteras de alto grado provoca varios tipos de problemas en el pavimento, como surcos, grietas térmicas y daños por agua relacionados con los ciclos de congelación y descongelación o lluvias intensas. Por lo tanto, la industria de la construcción ha estado buscando formas de optimizar el rendimiento del pavimento asfáltico al mitigar los deterioros del mismo, de esta manera, la innovación de las mezclas asfálticas se ha propuesto como la solución más común para mejorar el desempeño del pavimento asfáltico [1].

De acuerdo con Yáñez (jefe de INDECI) [2], nos informa que hasta el 15 de abril del 2023 tenemos 1 427.7 km de carreteras afectadas y 252.2 km de carreteras destruidas, esto a causa de las intensas precipitaciones pluviales ocasionadas en el territorio peruano por el fenómeno Yaku. Por otro lado, el inexistente drenaje pluvial en muchas de las ciudades juega un rol importante en la avería de los pavimentos urbanos, por ejemplo, en la ciudad de Chiclayo que a raíz de las potentes precipitaciones se vieron afectadas tanto carreteras como pavimentos urbanos debido a las aguas pluviales y residuales que quedaron retenidas y el alto tráfico que proporciona fuerzas que destruyen el mismo, dejando como consecuencia agrietamiento, segregación, sumideros entre otros.

Esta problemática se produce principalmente ya que el pavimento asfáltico al estar en contacto con el agua se oxida y tiende a volverse rígido, a esto sumándole el alto tráfico y el peso de los vehículos, esto genera la disgregación del asfalto y un componente esencial de la HMA como lo es el agregado grueso y dejando como resultado deterioros en la carpeta asfáltica, base, sub base y subrasante. Es por ello que se propone esta estrategia de modificación de mezclas asfálticas con diatomita, aunque aún no se ha aplicado en el territorio peruano a nivel técnico, pero a nivel internacional existen artículos de investigación los cuales demuestran que la adición de diatomita aporta notables mejoras a la mezcla asfáltica.

De esta manera, la tierra de diatomeas o diatomita se emplea a menudo para mejorar el rendimiento en carretera de las mezclas [3]. Este material presenta un rendimiento estable, que tiene las características de superficie rugosa, alta dureza, resistencia a ácidos y álcalis, resistencia al desgaste, antideslizante, estructura microporosa única e ingredientes activos [4]. De esta manera, Yang et al. [5] señaló que la susceptibilidad a la humedad y la estabilidad a altas temperaturas de las mezclas asfálticas podrían mejorarse agregando diatomita a las mezclas asfálticas.

Por su parte, Tan et al. [6] informaron que la resistencia al agrietamiento por el descenso de temperatura de las HMA reforzadas con diatomita fue mejor que la resistencia de las HMA patrón. También, se ha demostrado que la diatomita puede acrecentar la resistencia al flujo del asfalto, previene eficazmente la formación de sangrado, extrusión y formación de surcos, y tiene buena resistencia al desgaste y resistencia al deslizamiento, por lo tanto, el rendimiento de aislamiento térmico del pavimento es bueno, y en consecuencia, el asfalto no fluye en verano y no se agrieta en invierno, lo que reduce el daño del clima al pavimento [4].

Teniendo en cuenta lo expuesto, la presente tesis se focaliza en abordar la cuestión fundamental de cómo la adición de diatomita afecta las propiedades mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente. La hipótesis que orienta esta investigación es que la incorporación de diatomita tiene un impacto positivo en dichas propiedades mecánicas. Con el objetivo general de evaluar la influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las HMA, se han trazado una serie de objetivos específicos: caracterizar la diatomita y los agregados a utilizar para el diseño de la HMA; evaluar la resistencia a la deformación de la HMA con adición de diatomita; evaluar la resistencia al daño causado por la humedad inducida; evaluar el módulo de resiliencia; determinar si la HMA con adición de diatomita cumple con los requerimientos de la normativa de pavimentos urbanos; comparar las propiedades mecánicas de una HMA convencional con una HMA con adición de diatomita; comparar el costo de una HMA convencional con una HMA con adición de diatomita; evaluar el impacto ambiental de la HMA con adición de diatomita; y evaluar la resistencia al desgaste.

Además, la HMA modificada con tierra de diatomeas es una propuesta más responsable y respetuosa con el ecosistema ya que puede reducir la temperatura de producción y colocación del asfalto, lo que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y favorece la contención del cambio climático ofreciendo una clara mejora en todas las categorías de impacto más que otros tipos de mezclas asfálticas [7], del mismo modo, la diatomita ayuda a reducir el efecto de isla de calor en las ciudades y disminuyendo las enfermedades causadas por la misma [8].

Revisión de literatura

Antecedentes

Cheng et al. [3] tuvieron como fin evaluar cuantitativamente el impacto de la diatomita y la fibra de basalto en el rendimiento del asfalto, mediante una metodología que incluyó los ensayos de punto de reblandecimiento, viscosidad de Brookfield, reómetro de cizallamiento dinámico y ensayo de flexión. Entre los resultados, se destacó que la tierra de diatomeas, la fibra de basalto y su interacción tuvieron un efecto significativo en el rendimiento a alta y baja temperatura, la resistencia al corte, al agrietamiento por fatiga y la sensibilidad a la temperatura del asfalto. En conclusión, la diatomita tuvo el efecto más significativo sobre el desempeño a alta temperatura, la resistencia al corte, al agrietamiento por fatiga y la sensibilidad a la temperatura, mientras que la fibra de basalto tuvo el efecto más significativo sobre el desempeño a baja temperatura.

Yang et al. [5] tuvieron como meta evaluar el comportamiento y mecanismos de HMA modificada con diatomeas, para ello, aplicaron una metodología para analizar la composición química y los comportamientos viales referidos a la deformación, fisuración, fatiga y resistencia a la humedad, de HMA con diatomita. Los resultados desvelaron que la caracterización de la diatomita muestra que es un material poroso con alto contenido de SiO₂ y gran superficie específica, asimismo, se determinó que contribuye a la absorción del asfalto y, por lo tanto, mejora la sujeción entre el asfalto y el agregado. Sin embargo, se concluyó que el aditamento de tierra de diatomeas no ayuda a optimizar la resistencia al agrietamiento y fatiga de la mezcla asfáltica.

Yi-qiu et al. [6], examinaron las inconsistencias entre los resultados de laboratorio y los observados en la carretera de prueba para las mezclas de asfalto modificado con diatomitas. Se utilizaron varias técnicas de análisis, incluyendo la microscopía de barrido electrónica (SEM), calorimetría de escaneo diferencial (DSC), espectroscopia de absorción infrarroja (IR), análisis mecánico dinámico (DMA), prueba de flexión del haz, prueba de compresión uniaxial, prueba de espécimen restringido por tensión térmica (TSRST) y pruebas de conductividad térmica (TC), para evaluar el rendimiento a baja temperatura de estas mezclas y comprender el mecanismo modificado de la diatomita. Se evaluaron tres clases de mezclas, incluyendo asfalto modificado con diatomita y asfalto puro. Los resultados indicaron una buena distribución de las partículas de diatomita en el asfalto y la ausencia de la formación de nuevos grupos funcionales

después de agregar diatomita. También se observaron cambios en las propiedades físicas y térmicas de las HMA. En general, las HMA modificadas con diatomita mostraron un rendimiento superior a bajas temperaturas en comparación con las mezclas asfálticas puras.

Yue et al. [7], la industria de la construcción ha estado buscando formas de mejorar el rendimiento del pavimento asfáltico al mitigar los deterioros del pavimento, como el desarrollo surcos, el agrietamiento causado por efectos térmicos y los ciclos de congelación y descongelación. Para lograr esto, se han desarrollado y utilizado diferentes aditivos, como la fibra de lignina y el polvo de diatomeas, como modificadores en las mezclas asfálticas. Sin embargo, hay preocupaciones sobre los impactos ambientales de estos aditivos. Un estudio reciente se propuso analizar y ponderar los impactos ambientales de cuatro clases de HMA, incluyendo la HMA de control, la HMA modificada con diatomita, la HMA modificada con fibra de lignina y el asfalto modificado con compuesto de fibra de lignina y diatomita de lo cual se permite concluir que el uso de la HMA modificada con diatomita no genera un riesgo excesivo para el medio ambiente.

Aslan y Aktas, [9] tuvieron como finalidad analizar las reacciones de la piedra pómez y la diatomita en las combinación Asfáltica con Masilla de Piedra como estabilizantes. En este sentido, durante la metodología se determinaron los contenidos óptimos de betún para diferentes cantidades de piedra pómez y diatomita, y se llevó a cabo una evaluación de drenaje y resistencia al deterioro provocado por la humedad. Entre los resultados se evidenció que los rangos de contenido adecuados de mínimos de diatomita y piedra pómez se establecen en 0,5% y 1,5% respectivamente. En síntesis, la investigación ha evidenciado que la piedra pómez y la diatomita tienen un alto potencial como estabilizante en mezclas de Masilla de Piedra de Asfalto como estabilizantes.

Guo et al. [10], investigaron el impacto de la diatomita y la fibra de vidrio en una HMA modificada. Se preparó una HMA modificada en el laboratorio utilizando el compuesto de diatomeas y la fibra de vidrio. Se realizaron pruebas experimentales, incluyendo la evaluación de seguimiento de la rueda, la evaluación de tracción indirecta a baja temperatura, la prueba de fatiga por tracción indirecta y la prueba IDT. Se utilizó el análisis de varianza estadístico y la regresión estadística para evaluar el impacto de la diatomita y la fibra de vidrio en las características de la HMA. Los hallazgos mostraron que la diatomita y la fibra de vidrio mejoraron la capacidad para resistir la formación de surcos y las características de fatiga de la HMA. La diatomita tuvo un impacto significativo en el módulo de rigidez, mientras que la fibra

de vidrio mejoró la propiedad de deformación a baja temperatura. En general, la HMA modificada mostró un desempeño superior a la mezcla de control. Estos resultados pueden resultar valiosos para la elaboración de HMA modificadas con compuestos.

Cong et al. [11], prepararon ligantes de asfalto modificados con diferentes contenidos de diatomita en estado fundido. Se investigaron los efectos de la diatomita en las características químicas, físicas y de flujo del asfalto modificado. Los resultados experimentales demostraron que no hubo reacción química entre el asfalto y la diatomita. Además, se encontró que el asfalto modificado con diatomita es estable cuando el contenido de diatomita es inferior al 20%. Con el incremento del contenido de diatomita, tanto la viscosidad como el módulo complejo de los ligantes de asfalto modificado aumentaron rápidamente a altas temperaturas. Además, los ligantes asfálticos modificados con diatomita mostraron una mayor capacidad de resistir a la deformación a altas temperaturas y al agrietamiento por temperaturas reducidas, lo cual se atribuye a las modificaciones en las propiedades viscoelásticas.

Bases teóricas

Definición de pavimentos

Los pavimentos son estructuras viales terrestres que se comprende como infraestructuras de transporte creadas para facilitar el tránsito vehicular. El crecimiento económico del país está vinculado con una red de transporte fluida y rápida donde el transporte principal se realiza a través de la red de carreteras que interconectan las ciudades y ahora los principales países, por lo tanto, la estructura duradera del pavimento de la carretera es esencial [12], para garantizar una circulación segura y cómoda, por esta razón, el asfalto, el componente más importante de esta obra callejera, debe estar en buen estado [13].

Para la instalación de los pavimentos, se debe considerar información como categorías de suelo de subrasante, análisis de tráfico, materia prima considerada en la edificación de su estructura y avenamiento. Los indicadores mencionados necesitan ser decididos con exactitud, algo más se conseguirán espesores de capa insuficientes, lo que haría que el asfalto planeado no alcance su ciclo de vida útil. Además, el paquete básico de un asfalto debe cumplir con un conjunto de medidas decididos según la norma AASHTO, dependiendo del rango de carga [14].

Clasificación de infraestructuras viales

Las redes viales se clasifican principalmente en dos categorías de pavimentos flexibles o asfálticos que se identifica mediante la composición de materia asfáltica y material granular. Entre tanto, los pavimentos rígidos se construyen con hormigón de cemento portland con materiales granulares [15]. Asimismo, en comparación con el pavimento de hormigón de cemento, el pavimento de asfalto tiene las ventajas bajo nivel de ruido, seguridad y conducción cómoda, además de reciclaje [16].

En este sentido, los pavimentos flexibles son más utilizados que los pavimentos rígidos debido a ventajas como el bajo costo inicial, buena resistencia a la variación de temperatura, fácil reparación y fácil ubicación de obras subterráneas en relación con la ubicación de tuberías, así en manera de ejemplo se destaca que, en China el 90 % del total de estructuras de pavimento son pavimentos flexibles y en EE. UU se presentan alrededor del 95 % del total de estructuras de pavimentos [1].

Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles son revestimientos para carreteras y superficies de tráfico que tienen la capacidad de deformarse y flexionarse bajo cargas, distribuyendo las fuerzas de manera uniforme. Están formados por varios estratos, como subrasante, base, sub-base y capa de rodadura. La flexibilidad se logra mediante el uso de materiales elásticos y métodos de construcción que permiten adaptarse a las deformaciones. Estos pavimentos son especialmente útiles en áreas con suelos que experimentan cambios debido a la humedad [17].

Definición de asfalto

El asfalto es un material viscoelástico que también puede ser una mezcla orgánica compuesta por hidrocarburos y sus derivados, cuyo comportamiento fisicoquímico depende de la concentración de sus divisiones distintivas. La composición química pensar es más a menudo que no se basa en estrategias de división en divisiones como empapado, fragante, alquitranes y asfaltenos [18]. Además, presenta comportamientos reológicos que están dominados principalmente por factores de temperatura y tiempo, lo que hace que envejezca rápidamente bajo la influencia del calor, el oxígeno, la radiación solar y el agua [19].

El establecimiento de asfalto es posible prepararlo con mezcla asfáltica en temperaturas frías o calientes, también incorpora parámetros de diseño, condiciones físicas de la ubicación y

estrategias de construcción, lo que conduce a la operación efectiva de la pista bajo circunstancias de seguridad, fuerza y perdurabilidad [20]. De esta manera, el aglomerante asfáltico tiende a ablandarse a altas temperaturas, mientras que, se vuelve rígido a bajas temperaturas, lo que da como resultado surcos y grietas en el pavimento, respectivamente. Además, la naturaleza inherente del exterior negro del asfalto hace que absorba una gran cantidad de calor de la radiación solar, lo que exagera aún más la deformación permanente de pavimento asfáltico en verano [19].

Mezclas asfálticas

Las HMA se utilizan en el desarrollo de carreteras para formar un nivel de rodadura. Su función fundamental es proporcionar una capa superficial resistente y duradera para el tráfico de vehículos. Estas mezclas consisten en la integración de agregados pétreos y ligantes asfálticos en proporciones exactas para asegurar la calidad ya que es crucial para la durabilidad de la carretera, por lo que se realizan pruebas en laboratorio para garantizar que cumpla con los requerimientos y se utilicen los materiales adecuados. Estas mezclas deben cumplir con niveles de resistencia, estabilidad, impermeabilidad y facilidad de manejo [21].

Propiedades de las mezclas asfálticas

Las principales propiedades de las HMA son [22]:

Resistencia bajo carga monotónica a tracción (estabilidad)

Esta propiedad mide el potencial de la HMA para soportar la deformación permanente y mantener su integridad estructural bajo cargas repetitivas. Una estabilidad adecuada es vital para la resistencia y la seguridad del pavimento.

Resistencia a las deformaciones permanentes

Evalúa el potencial de la HMA para soportar deformaciones permanentes ocasionadas por la carga de tráfico. Las deformaciones permanentes pueden llevar a baches y otros problemas de pavimento a lo largo del tiempo.

Resistencia a fatiga

Mide el potencial de la mezcla para soportar las fisuras generadas por cargas repetitivas. La resistencia a la fatiga es crucial para prevenir la formación de grietas por fatiga bajo condiciones de tráfico frecuentes.

Resistencia al deslizamiento

Evalúa el potencial de la superficie de la HMA con el fin de proporcionar tracción y evitar el deslizamiento de los vehículos, especialmente en condiciones húmedas o resbaladizas.

Impermeabilidad

La impermeabilidad hace referencia a el potencial de la mezcla para soportar la penetración de agua. Una buena impermeabilidad es vital para prevenir la filtración de agua que puede dañar la composición del pavimento.

Resistencia al envejecimiento

Mide cómo la mezcla asfáltica retiene sus propiedades mecánicas y físicas a lo largo del tiempo, resistiendo el deterioro causado por factores como la radiación ultravioleta, el oxígeno y otros agentes ambientales.

Durabilidad

La durabilidad general hace referencia a el potencial del pavimento para conservar su funcionalidad y su composición durante su vida útil esperada, resistiendo desgastes, fatiga y otros factores de deterioro.

Resistencia a las condiciones ambientales

Evalúa cómo la mezcla asfáltica resiste las condiciones climáticas y medioambientales locales, como variaciones de temperatura, humedad y ciclos de congelación/descongelación.

Trabajabilidad

Se refiere a la sencillez con la que la HMA puede ser colocada y compactada a lo largo de la construcción. Una trabajabilidad adecuada es vital con el fin de lograr una superficie uniforme y duradera.

Mezclas asfálticas en caliente

La HMA está constituida por una mezcla uniforme de agregados revestidos con cemento de asfalto. Para ello, se debe secar el agregado con la finalidad de adquirir fluidez del cemento asfáltico para una trabajabilidad y mezcla adecuada[23]. Este proceso es fundamental para asegurar una adecuada adhesión entre el ligante y los agregados, evitando la presencia de humedad que pueda generar desprendimientos o disminuir la resistencia de la mezcla. Además, una correcta temperatura en el secado facilita una distribución homogénea del asfalto, lo cual influye directamente en la durabilidad y desempeño de la mezcla asfáltica en servicio.

Componentes de la mezcla asfáltica en caliente

Agregados

Los agregados son una combinación de piedra y arena que brindan estabilidad y capacidad de carga necesarias para las carreteras. Las características de los agregados son criterios clave para superar la deformación del pavimento y asegurar la durabilidad de la superficie. [24] Los agregados desempeñan un rol de apoyo en la mezcla general y su selección adecuada es crucial para garantizar la calidad del pavimento debido a que constituye del 90 al 95 por ciento del peso de la mayoría de las mezclas asfálticas. Además, propiedades como la forma, textura superficial, resistencia al desgaste y granulometría influyen directamente en el comportamiento estructural y funcional del pavimento. Por ello, es fundamental realizar un control riguroso en su selección y procesamiento para optimizar el desempeño mecánico y prolongar la vida útil del pavimento.

Agregado grueso

El agregado grueso se define como el material conservado en el tamiz de 4.75 mm (Nº.4) que acomete con los estándares definidos según la norma NTP 400.037. Puede encontrarse formado por grava, ya sea natural o triturada, piedra fragmentada o agregados metálicos de carácter natural o artificial. Debe cumplir con ciertos requisitos, como tener partículas limpias, con un perfil angular, duras, compactas y de alta resistencia, además de ser inalterable desde la perspectiva química y estar exentos de impurezas como escamas, tierra, polvo, materia orgánica, sales y compuestos perjudiciales [25].

Estos agregados tienen que atender con los requisitos del EG-2013 [26].

Tabla 1 Requisitos para los AG

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3 000	> 3 000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40 % máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas Chatas y Alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Fuente: EG-2013.

Agregado fino

El agregado fino hace referencia al material resultante de la fragmentación de rocas, que atraviesa del tamiz de 4.75 mm (N°.4) y queda atrapado en el tamiz de 74 um (malla N°.200), cumpliendo con los estándares de la NTP 400.037. Puede estar compuesto de arena natural o manufacturada, o una mezcla de las dos, con partículas limpias, preferiblemente angulares, duras, compactas y de alta resistencia. Debe encontrarse exenta de impurezas como polvo, terrones, partículas blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otros compuestos dañinos [27].

Es necesario que estos agregados cumplan con los requisitos del EG-2013 [26].

Tabla 2 Requisitos para los AF

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3 000	> 3 000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del Agregado Fino	MTC E 222	30	40
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: EG-2013[26].

Cemento asfáltico

El ligante asfáltico es el elemento que mantiene unidos los agregados en la mezcla. Puede ser ajustado para adaptarse a las necesidades específicas de la carretera, como cargas de tráfico pesado o fluctuaciones de temperatura. Los ligantes asfálticos se obtienen mediante la destilación del petróleo crudo [28].

Filler

El filler es un componente empleado en HMA para mejorar la granulometría de los agregados finos cuando no llegan a cumplir con los requisitos técnicos requeridos. Los elementos que pueden usarse como filler incluyen cal hidratada, cemento Portland, polvo de roca, polvo de escorias, ceniza fina, y todos estos necesitan cumplir con los estándares de la norma ASTM D-242 [26].

Problemas en las infraestructuras de pavimentos

Los pavimentos de asfalto varían en longevidad debido a los diversos factores, especialmente cuando la mezcla de pavimento de asfalto caliente recién colocada comienza a enfriarse, también comienza el proceso de envejecimiento que eventualmente iniciará y mejorará el deterioro del asfalto. Cuando el oxígeno y el agua, que constantemente baña el pavimento, comienzan a combinarse con el ligante asfáltico del pavimento, se produce un cambio químico que es necesario para que el pavimento se vuelva duro y firme. Posteriormente, si no se detiene este proceso, se producirá un deterioro completo del ligante asfáltico y se reducirá el pavimento a una capa de piedra suelta [29].

De esta manera, a lo largo de las últimas décadas, ha habido un rápido aumento en la intensidad de la carga vehicular según la cantidad de ejes y grandes presiones de los neumáticos causadas por vehículos pesados, lo cual conduce a algunas fallas indeseables en los pavimentos, como surcos (deformación permanente) bajo la influencia de la carga repetida del vehículo a alta temperatura, agrietamiento térmico a baja temperatura y ciclos de congelación y descongelación [1]. Otros factores son la tendencia a usar capas más delgadas para los pavimentos, la demanda cada vez mayor de ahorro de costos y eficiencia financiera al reducir la frecuencia del mantenimiento, minimizar la interrupción del flujo de tráfico y aumentar la vida útil de las carreteras.

La falla más común es la formación de surcos, los cuales son causados por la tensión de aglomeración, la forma y el enclavamiento de los agregados en el cemento asfáltico, mientras que el agrietamiento por desgaste acumulado se debe al aumento de micro y micra fisuras ocasionadas por el peso del vehículo, afectado asimismo por la temperatura. efectos de la humedad y el deterioro por el tiempo [30]. En los años recientes, el Perú ha vivido con problemas de drenaje inducidos por las lluvias, tales como la evacuación insuficiente de agua de lluvia, la contaminación, la interrupción del ciclo hidrológico, el aumento de la escorrentía, etc. [31].

Definición de Diatomita

La tierra de diatomeas es una roca sedimentaria silícea de origen biológico que consiste en un esqueleto fosilizado de frústulas de diatomeas. Es un gran depósito formado por la acumulación de sedimentos, lo suficientemente grueso como para tener potencial comercial [32].

Diatomita como aditivo en pavimentos

Existen varios tipos de aditivos que se pueden usar como un solo aditivo o como refuerzo compuesto en la mezcla asfáltica [1]. La tierra de diatomeas es un tipo de material de peso ligero, alta porosidad, baja densidad, alta tasa de absorción superficial, altas reservas y bajo costo [33], asimismo contiene sustancias minerales no metálicas, compuestas en su extensión más notable por frústulas o diatomeas de silicio esqueletos de menor escala. De acuerdo con la Clasificación Mineralógica Universal, dependiendo de las composiciones químicas de comparación, podría ser una especie mineral del curso del silicio, y la unidad básica es la reunión de partículas de silicio-oxígeno [34].

La diatomita presenta propiedades físicas y químicas que permite aplicaciones que no son concebibles para cualquier otro tipo de tejido a base de sílice debido a su estructura específica, solidez química, baja densidad global y gran espesor, alta capacidad de retención, área de superficie expansiva y baja capacidad de abrasión [35]. Debido a estas características, se utiliza comúnmente en masillas asfálticas modificadas y mezclas asfálticas modificadas, proporcionando beneficios sobre el desempeño a alta temperatura, la resistencia al corte, la durabilidad al agrietamiento por fatiga, rigidez por flexión y autorregulación de la temperatura [3].

Normativa

Ensayo de límite plástico – MTC E 111

Este procedimiento de laboratorio se utiliza para establecer el límite plástico de un suelo y calcular el coeficiente de plasticidad cuando se identifica el límite líquido del mismo. El límite plástico hace referencia a la humedad mínima necesaria para formar barras de suelo sin que se desmoronen. Este método es esencial en ingeniería para particularizar suelos de grano fino y materiales de edificación, y se utiliza en sistemas de clasificación y correlación con propiedades ingenieriles. También se emplea para expresar la consistencia relativa de un suelo y determinar su número de actividad a partir del contenido de humedad natural y la fracción de partículas más finas [36].

Ensayo de equivalente de arena – MTC E 114

Su finalidad es evaluar la cantidad de partículas de suelo y agregado fino que tienen características similares a las de la arena. El valor equipotente de arena se utiliza para establecer

la cantidad de partículas limpias y angulares presentes en el suelo o agregado fino, lo que puede indicar la presencia de materiales indeseables, como arcilla, limo o impurezas, que pueden afectar la calidad y el desempeño de la combinación de suelo y agregado fino en proyectos de construcción [36].

Ensayo de peso específico y absorción de AF - MTC E 205

Nos dice que el propósito es establecer la gravedad propia y la asimilación de agregados finos. La gravedad específica se define como la conexión entre la densidad de los agregados y el agua, y la absorción hace referencia al volumen de agua que un agregado fino es capaz de absorber [36].

Ensayo de peso específico y absorción de AG - MTC E 206

Esta prueba se efectúa con el fin de evaluar su densidad (peso específico) y su capacidad de absorber agua. Estos parámetros son críticos para asegurar la calidad y rendimiento de los materiales de construcción, como la grava y la piedra triturada, ya que influyen en la cantidad de material requerida, la resistencia y la durabilidad de las estructuras [36].

Ensayo de abrasión los ángeles - MTC E 207

El ensayo se utiliza para simular las condiciones de desgaste que experimentarán los agregados en el campo, estos se someten a la acción repetida de bolas de acero en un tambor rotativo durante un período de tiempo específico. Luego, se mide la pérdida de peso de los agregados y se calcula el valor de desgaste Los Ángeles, que es una medida de su resistencia al desgaste. Cuanto menor sea la pérdida de peso y el valor de desgaste Los Ángeles, mejor será la naturaleza de los agregados en términos de durabilidad frente al desgaste [36].

Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio - MTC E 209

Esta prueba tiene como objetivo evaluar la resistencia de los agregados finos y gruesos a la degradación química provocada por la exposición a disolución saturada de sulfato de magnesio. Esta prueba es fundamental para establecer si los agregados son lo suficientemente resistentes a estas sustancias y prevenir la expansión y desmoronamiento de las estructuras en las que se emplean, asegurando así la durabilidad y el cumplimiento de normativas y estándares de construcción [36].

Ensayo de partículas fracturadas en el AG - MTC E 210

Su finalidad es evaluar la calidad y durabilidad de los agregados gruesos usados en la creación de carreteras y pavimentos. Busca determinar la relación de partículas fracturadas o quebradas en el agregado grueso, lo que proporciona información sobre su potencial para resistir cargas y soportar el desgaste y la abrasión [36].

Ensayo de índice de durabilidad del agregado - MTC E 214

Busca determinar la resistencia de los agregados a generar finos perjudiciales cuando se agitan en presencia de agua. Este índice se calcula utilizando ecuaciones proporcionadas en el método y se utiliza para precalificar los agregados para su uso en la construcción de carreteras [36].

Ensayo de sales solubles - MTC E 219

Tiene como objetivo precisar la cuantía de sales solubles que se encuentran en los agregados utilizados en la construcción de pavimentos flexibles. Las sales solubles pueden influir negativamente la durabilidad y la resistencia de los pavimentos, ya que pueden provocar la expansión y el debilitamiento de los materiales [36].

Ensayo de angularidad del AF - MTC E 222

Su finalidad determinar la cantidad de partículas angulares presentes en el agregado fino utilizado en la creación de carreteras y puentes. Una cantidad excesiva de partículas angulares en el agregado fino puede afectar la resistencia y la durabilidad de la estructura, por lo que es importante controlar la calidad del material utilizado. El ensayo comprende el establecimiento del porcentaje de partículas angulares a través de la comparación de la forma de las partículas con imágenes estándar y la medición de los ángulos de las caras de las partículas [36].

Ensayo de partículas chatas y alargadas en AG - ASTM D4791

Tiene como finalidad determinar la cantidad de partículas planas y alargadas en agregados gruesos utilizados en la construcción, lo que es vital para valorar su potencial en la fabricación de la HMA. Identificar y cuantificar estas partículas planas y alargadas es crucial, ya que pueden comprometer la resistencia y durabilidad de las mezclas [37].

Ensayo de azul de metileno - AASHTO TP 57

Su finalidad es determinar el contenido de arcillas en materiales finos, rellenos minerales y finos en mezclas asfálticas. Este ensayo es sensible a las arcillas que contribuyen a la desintegración en mezclas asfálticas y puede ayudar a eliminar fuentes de arena problemáticas en el campo [38].

Análisis granulométrico de AF y AG – MTC E 204

Se utiliza para establecer la distribución del tamaño de partícula en los agregados utilizados en las mezclas asfálticas. Esta prueba es importante para valorar el potencial e idoneidad de los agregados, ya que permiten determinar la cantidad adecuada de agregados gruesos y finos con el fin de adquirir las propiedades mecánicas deseadas, como resistencia, durabilidad y trabajabilidad. el ensayo implica separar las partículas en diferentes fracciones basadas en su tamaño utilizando tamices, pesar cada fracción y calcular la porción de peso conservado en cada tamiz [36].

Ensayo de Marshall - MTC E 504

Este estudio determina la capacidad de resistir a la deformación plástica de las HMA. Este ensayo se realiza mediante la fabricación de muestras cilíndricas, su ruptura en la prensa Marshall y la medición de su estabilidad y deformación. El objetivo es evaluar la capacidad de las HMA para resistir las deformaciones causadas por la circulación y los factores climáticos. El ensayo permite obtener datos precisos que son utilizados en el diseño y gestión de calidad de las HMA empleadas en la creación de carreteras [36].

Ensayo al daño inducido por humedad - MTC E 522

Posee como meta determinar la vulnerabilidad de las HMA a la deformación causada por la humedad. Este ensayo evalúa el potencial de las HMA para soportar el daño causado por la penetración y expansión del agua en las capas asfálticas. Se realiza mediante la creación de muestras cilíndricas de la HMA compactada y sometiéndolas a ciclos de saturación y secado. Luego, se mide la estabilidad y deformación de las muestras para evaluar su capacidad de resistir al daño ocasionado por humedad [36].

Ensayo de módulo resiliencia- ASTM D4123

El propósito es medir la resistencia al deformarse plásticamente de las mezclas de asfalto. Este ensayo implica la creación de muestras cilíndricas, romperlas en la prensa Marshall y medir su estabilidad y deformación. El objetivo es evaluar la capacidad de las mezclas de asfalto para resistir las deformaciones causadas por la circulación y los factores climáticos [39].

Ensayo de tracción indirecta (IDT) - ASTM 6931

Es un ensayo que mide la capacidad de resistir la tracción en mezclas asfálticas. Se utiliza una muestra cilíndrica de la combinación, que es sometida a una fuerza de tracción aplicada de manera perpendicular a su eje longitudinal, lo que genera tensiones en la muestra y permite valorar su capacidad de resistir a la fractura bajo estas condiciones. El proceso incluye la creación de cilindros de mezcla asfáltica compactada con dimensiones específicas, los cuales se colocan en un dispositivo que aplica la carga de forma gradual hasta que la muestra se fractura. La fuerza necesaria para provocar la fractura se registra para establecer la IDT [40].

Ensayo de cantabro – MTC E 515

Evalúa la capacidad de soporte de los agregados pétreos a la abrasión y desgaste, simulando condiciones de tráfico. En este ensayo, briquetas hechas de agregado pétreo se colocan en un cilindro giratorio sin bolas de acero, que gira a 300 rpm, lo que genera desgaste en la superficie de los agregados. Este procedimiento permite medir su capacidad para resistir la abrasión y mantener sus propiedades físicas durante el uso. Los resultados del ensayo ofrecen información clave sobre la calidad de los agregados, ayudando a seleccionar los materiales más adecuados para garantizar la durabilidad de las HMA en proyectos viales[36].

Materiales y métodos

Tipo y Nivel de investigación.

La presente pesquisa tiene una perspectiva práctica, ya que se centra en abordar un problema práctico relacionado con el mejoramiento de las características mecánicas de las HMA. Además, el estudio se basa en un enfoque cuantitativo, ya que busca establecer relaciones y patrones claros entre la adición de diatomita y las mejoras observadas. Teniendo en cuenta que, a través de la recopilación de datos precisos y confiables resultantes de los ensayos, se busca respaldar la hipótesis propuesta, las conclusiones y recomendaciones.

De igual manera, la investigación se considera de nivel correlacional debido a que su objetivo principal es describir y estudiar la influencia de las características mecánicas de las HMA en caliente con incorporación de diatomita. A través de la recopilación de datos y la ejecución de ensayos, se busca obtener información detallada sobre el comportamiento y las características de estas mezclas modificadas.

Población

La población que utilizará para esta investigación serán briquetas de asfalto que se realizarán para los ensayos correspondientes.

Muestreo

El tipo de muestreo a manejar será un muestreo por normativa de diseño de mezcla, es decir que se considerará el número de briquetas que la normativa recomiende.

Muestra

Tendremos un total de 156 briquetas las cuales serán probadas para determinar sus propiedades considerando la proporción de diatomita que se le agregará a la HMA y también serán evaluadas para 4 diseños de mezcla que contendrán distintas proporciones de Cemento asfáltico PEN 60/70.

Siguiendo con el método de selección de la muestra, se realizará el ensayo de Marshall para las muestras patrón y adicionada y obtenidos los resultados se escogerá el que tenga mejor rendimiento para poder realizar el resto de briquetas con el porcentaje óptimo de diatomita y la muestra patrón para poder compararlas y medir su comportamiento[36].

Tabla 3 Muestreo para muestra patrón y adición de ensayo Marshall

Ensayo de Marshall					
Diatomita	% de PEN 60/70				Parcial
	4.5%	5%	5.5%	6.0%	
0%	3	3	3	3	12
2%	3	3	3	3	12
5%	3	3	3	3	12
7%	3	3	3	3	12
TOTAL					48

Fuente: Propia

Tabla 4 Muestreo con % óptimo

Ensayos con % óptimo de asfalto PEN 60/70			
Ensayo	Patrón	Adición	Parcial
	0%	2%	
Cántabro	16	16	32
Lottman	16	16	32
Módulo de resiliencia	6	6	12
IDT	16	16	32
TOTAL			108

Fuente: Propia

Tabla 5 Extracto de cantidad de briquetas

Resumen de ensayos	
Marshall	48
Cántabro	32
Lottman	32
Módulo de resiliencia	12
IDT	32
TOTAL	156

Fuente: Propia

Variables

Variable independiente: Adición de diatomita.

Variable dependiente: Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

Operacionalización de variables

Tabla 6 Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Rango de aplicación
Variable independiente	Adición de diatomita	---	Cantidad de diatomita	%	2%
					5%
					7%
Tipo de variable	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Método de medición
Variable dependiente	Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente	---	Flujo	in	MTC E 504 - ASTM D6926
			Estabilidad	Kg	MTC E 504 - ASTM D6927
			Resistencia al desgaste	%	MTC E 515
			Daño por humedad inducida	%	MTC E 522 - AASHTO T 283
			Módulo de resiliencia	Mpa	ASTM D 4123

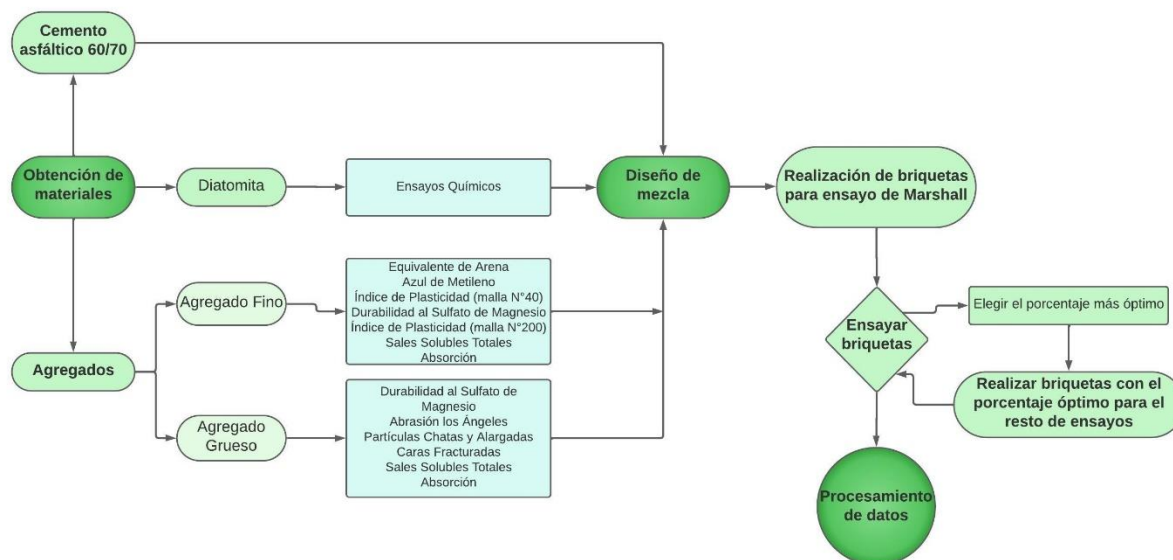
Fuente: Propia

Técnica e instrumento de recolección de datos

La técnica a utilizar en esta tesis será en diferentes etapas; la primera es la observación directa al observar el estado del material a utilizar; la segunda es experimental donde se realizarán ensayos tanto al agregado para evidenciar si cumplen con los requisitos como a las briquetas para comprar su rendimiento y la tercera que es la fase de análisis de datos donde se tratará la información compliada y se podrá llegar a las conclusiones. De esta forma, el instrumento se convierte en una mesa de observación, experimentación y análisis en la que se registran los valores recopilados en los ensayos llevados a cabo en briquetas con adiciones de 2%, 5% y 7% de diatomita.

Diagrama de flujo

Ilustración 1 Diagrama de Flujo



Fuente: Propia

Procedimiento

Obtención de la diatomita que será proporcionada por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo que importó de México dicho Material de la empresa Imerys Diatomita México, S.A. de C.V., posteriormente se realizará los ensayos químicos para caracterizar la Diatomita (ver Anexo 01 y 03).

También se tendrán en cuenta los AF que fueron acarreados de la cantera La Victoria – Pátapo y los AG acarreados de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe a los que se les efectuó los ensayos que indica la normativa MTC entre los cuales tenemos:

Durabilidad sulfato de magnesio - MTC E 209

Para este ensayo los equipos y materiales a utilizar son:

- Balanza
- Horno
- Tamiz
- Sulfato de magnesio
- Agua destilada
- Probeta

Procedimiento

- ✓ Para la elaboración del sulfato de magnesio, primero se tiene en cuenta la densidad del agua destilada y luego se mezclará con el reactivo buscando obtener una densidad de 1.305 aproximadamente para lo cual pesaremos una probeta vacía y luego la llenaremos con la mezcla para ser pesado, al restar estos resultados y dividirlo entre el volumen de la probeta debe dar la densidad.
- ✓ Obtenida la densidad deseada se deja reposar la mezcla por 48 horas.
- ✓ Tamizaremos por la malla 3/4", 1/2" y 3/8" para luego pesar 670 g de material retenido en la malla de 1/2" y 300 g de 3/8"
- ✓ Procederemos a vaciar la mezcla en las taras con el material pesado y se deja reposar por 16 horas, para luego escurrir el reactivo y poner al horno por 24 horas; este proceso se realizará 5 veces.
- ✓ Al final del proceso se tendrá que lavar la muestra hasta eliminar todo el sulfato de magnesio y se pondrá al horno por 24 horas.
- ✓ Se tamiza y pesa las partículas retenidas para posteriormente proceder a realizar los cálculos correspondientes según normativa.



Ilustración 2: Realización del ensayo de durabilidad al sulfato magnesio

Ensayo de abrasión los ángeles - MTC E 207

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Máquina de los Ángeles
- Tamices

- Balanza
- Esferas de acero (carga)
- Horno

Procedimiento

- ✓ Lavar y dejar secar la piedra obtenida (A.G), en el horno por 24 horas.
- ✓ Se tamiza y una vez retenida en la malla de ½” procedemos a utilizar la gradación B y pesar 2500 gramos del material obtenido en el tamizado de ½” y 3/8”
- ✓ Coloca la muestra en la máquina de los Ángeles juntos a 11 esferas de acero por 500 revoluciones. Cuando termine se procederá a sacar la muestra y tamizar por el tamiz N° 12 para separar para separar finos y gruesos de la muestra.
- ✓ Se procede al lavado y posteriormente se deja secar por 24 horas para luego ser pesada y proceder con los cálculos especificados en la normativa.



Ilustración 3: Realizando el ensayo de abrasión en la máquina de los ángeles

Ensayo de partículas chatas y alargadas en AG - ASTM D4791

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Balanza
- Vernier
- Tamices

Procedimiento

- ✓ Se pesa 2000g de agregado grueso, se procede a tamizar en $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, y $\frac{1}{4}$ y se pesa para conseguir la cantidad total de muestra
- ✓ De lo retenido en cada tamiz se realiza una inspección visual para separar las piedras chatas y alargadas teniendo en cuenta los criterios que indica la normativa.
- ✓ Teniendo esto, se procede a medir con un vernier cada una de las piedras tanto chatas y alargadas de toda muestra se parando las que tienen una proporción de 1:3 en sus dimensiones.
- ✓ De las piedras que cumplen con la proporción se pesarán y continuará con los cálculos que establece la normativa.

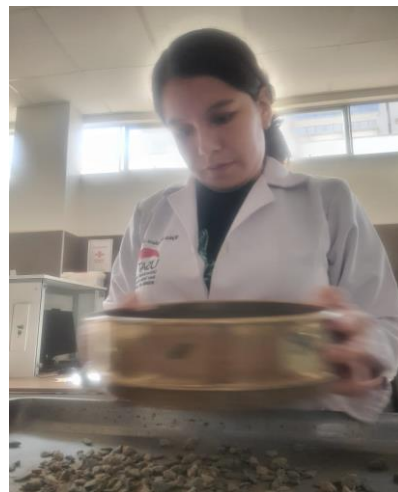


Ilustración 4: Realización del ensayo de partículas chatas y alargadas

Ensayo de partículas fracturadas en el AG - MTC E 210

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Tamices
- Balanza
- Separador o Cuarteador

Procedimiento

- ✓ Del material retenido en el tamiz de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ se pesa 500 y 200g respectivamente.
- ✓ Se procede a lavar la muestra para suprimir los finos y luego secar.
- ✓ Vaciamos la muestra y extendemos para previo análisis.
- ✓ Se eligen las muestras y si la cara es al menos un cuarto del área de la partícula de roca se tiene en cuenta como una cara fracturada, si supera el área se considerará de 2 o más caras.

- ✓ De las piedras que cumplen con la proporción se pesarán y continuará con los cálculos que establece la normativa.

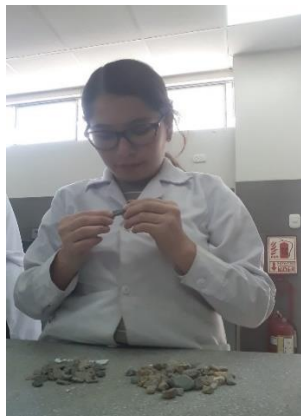


Ilustración 5: Realización del ensayo de caras fracturadas del agregado grueso

Ensayo de sales solubles - MTC E 219

Para este ensayo los equipos y materiales a utilizar son:

- Balanza
- Cocina
- Horno
- Vaso de precipitado
- Nitrato de plata
- Agua destilada

Procedimiento

- ✓ Pesamos 500 g de piedra chancada y se pone a decantar por 24 horas con agua destilada cubriendo unos 3 cm de la muestra.
- ✓ Se procede a vaciar el líquido a una tara y poner en la cocina hasta hervir y se deja enfriar
- ✓ Se procede a vaciar el líquido a un vaso de precipitado que fue pesado antes y agregar nitrato de plata para ver la existencia de cloruros y se pone al horno hasta que el líquido se evapore en su totalidad.
- ✓ Pasado el tiempo se pesa la muestra extraída del horno y se procede a realizar los cálculos correspondientes según normativa.

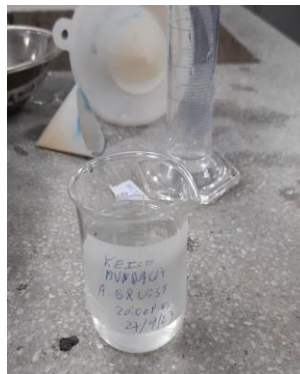


Ilustración 6: Realización del ensayo de sales solubles totales al agregado grueso

Ensayo de peso específico y absorción de AG - MTC E 206

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Balanza
- Cesta con malla de alambre
- Tamices
- Horno

Procedimiento

- ✓ Pesamos 3000 g de agregado grueso y lavamos para eliminar finos, luego se inmersa en agua por 24 horas.
- ✓ Se quita el agua y el agregado será secado superficialmente con un paño absorbente y se pesa teniendo en cuenta que está saturada, pero con superficie seca.
- ✓ Luego colocamos el agregado en la cesta de alambre y se determina su peso dentro del agua.
- ✓ Se deja secar en el horno, seguido se procede a pesar y realizar los cálculos especificados en la normativa.



Ilustración 7: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Ensayo de equivalente de arena – MTC E 114

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Probeta de acrílico
- Tapón de jebe
- Dispositivo de pesado de pie
- Lata de medición
- embudo
- Solución de stock
- Agua destilada
- Tamiz
- Balanza

Procedimiento

- ✓ Pasar la muestra por el tamiz N° 4 y pesar 1500g.
- ✓ Se realiza un cuarteo para elegir la muestra más significativa, humedecer y en la lata de medición agregar la mitad y dar 25 golpes para luego ser llenado en su totalidad y enrazar con la mano.
- ✓ Se procede a llenar 4 ml de la probeta con el agua destilada y solución de stock para luego vaciar el agregado con ayuda del embudo y darle pequeños golpes en la palma de la mano para suprimir el aire retenido, esto se realizará para las 3 probetas y se deja en reposo por 10 min.

- ✓ Luego se instala el tapón de jebes y se agita vigorosamente la probeta por 90 ciclos en un tiempo de 1 minuto y se procederá a enjuagar y llenar la probeta con el agua destilada y solución de stock hasta los 10 ml para dejarlo reposar por 20 min.
- ✓ Tomar la medida de las arcillas de manera visual y luego colocamos el dispositivo de pesado para hacer la lectura de la arena y con estos datos se procede a realizar los cálculos especificados en la normativa.



Ilustración 8: Realización del ensayo de equivalente de arena

Ensayo de azul de metileno - AASHTO TP 57

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Vaso de precipitado
- Agitador de vidrio
- Probeta
- Balanza
- Jeringa
- Papel filtro N°40
- Azul de metileno
- Agua destilada

Procedimiento

- ✓ Tamizamos la arena y lo que pasa el tamiz 200 pesamos 5 g que se mezclarán con 250 ml de agua destilada en el vaso de precipitados, batir bien con el agitador hasta obtener una mezcla homogénea.

- ✓ Con la jeringa iremos agregando el azul de metileno en cantidades de 1 ml, agitamos para mezclar bien.
- ✓ Con el agitador se dejará caer una gota de la mezcla en el papel filtro hasta obtener un anillo azul cielo en el papel donde cayó la gota. Así se repetirá el proceso hasta obtener el anillo de color azul cielo.
- ✓ Se procede a contabilizar la cantidad de azul de metileno que le agregaron a la mezcla para los cálculos posteriores.



Ilustración 9: Realización del ensayo de azul de metileno

Ensayo de límite plástico – MTC E 111

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Espátula
- Balanza
- Horno
- Tamiz
- Agua destilada

Procedimiento

- ✓ Se tamiza la arena y de lo que pasa el tamiz N°40 y N°200 se pesa 200 g, se humedece con agua destilada y se deja reposar por 24 horas.
- ✓ Para el límite plástico tomará un poco de la muestra preparada y se empezará a amasar hasta formar bastones de 3.2 mm aproximadamente, se procede a pesar y luego al horno por 24 horas.

- ✓ Al sacarlo del horno se deja enfriar para posteriormente pesar y empezar a realizar los cálculos especificados en la normativa.



Ilustración 10: Realización del ensayo de límite líquido y límite plástico

Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio - MTC E 209

Para este ensayo los equipos y materiales a utilizar son:

- Balanza
- Horno
- Tamiz
- Sulfato de magnesio
- Agua destilada
- Probeta

Procedimiento

- ✓ Para la elaboración del sulfato de magnesio, primero se toma la densidad del agua destilada y luego se mezcla con el reactivo buscando obtener una densidad de 1.305 aproximadamente para lo cual pesaremos una probeta vacía y luego la llenaremos con la mezcla para ser pesado, al restar estos resultados y dividirlo entre el volumen de la probeta debe dar la densidad.
- ✓ Obtenida la densidad deseada se deja reposar la mezcla por 48 horas.
- ✓ Tamizaremos por la malla N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4 y 3/8'' para luego pesar 100g de cada muestra retenida.

- ✓ Procederemos a vaciar la mezcla en las taras con el material pesado y se deja reposar por 16 horas, para luego escurrir el reactivo y poner al horno por 24 horas; este proceso se realizará 5 veces.
- ✓ Al final del proceso se tendrá que lavar la muestra hasta eliminar todo el sulfato de magnesio y se pondrá al horno por 24 horas.
- ✓ Se realiza el tamizado y pesado del material retenido para posteriormente proceder a realizar los cálculos correspondientes según normativa.

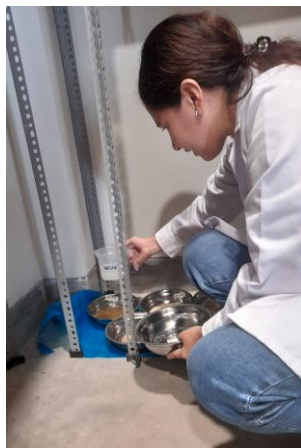


Ilustración 11: Realización del ensayo de durabilidad al sulfato magnesio del agregado fino

Ensayo de sales solubles - MTC E 219

Para este ensayo los equipos y materiales a utilizar son:

- Balanza
- Cocina
- Horno
- Vaso de precipitado
- Nitrato de plata
- Agua destilada

Procedimiento

- ✓ Pesamos 100 g de arena y se pone a decantar por 24 horas en un frasco de vidrio con agua destilada.
- ✓ Se procede a vaciar el líquido a una tara y poner en la cocina hasta hervir y se deja enfriar.

- ✓ Se procede a vaciar el líquido a un vaso de precipitado que fue pesado antes y agregar nitrato de plata para ver la existencia de cloruros y se pone al horno hasta que el líquido se evapore en su totalidad.
- ✓ Pasado el tiempo se pesa la muestra extraída del horno y se procede a realizar los cálculos correspondientes según normativa.



Ilustración 12: Realización del ensayo de sales solubles totales al agregado fino

Ensayo de peso específico y absorción de AF - MTC E 205

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Balanza
- Fiola
- Tamices
- Horno

Procedimiento

- ✓ Pesamos 500 g de arena luego lo vaciamos a la Fiola y procedemos a llenar con agua hasta la marca.
- ✓ Se debe estar girando la Fiola con la muestra y agua para suprimir burbujas de aire y reponiendo el agua hasta la marca, se pesa y seguido se deja reposar por 24 horas.
- ✓ Se vacía el contenido de la Fiola en una tara y se deja en el horno por 24 horas o hasta que seque.
- ✓ Sacamos del horno y pesamos para proceder a pesar y realizar los cálculos especificados en la normativa.



Ilustración 13: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

Análisis granulométrico de AF y AG – MTC E 204

Para este ensayo los equipos a utilizar son:

- Balanza
- Tamices

Procedimiento

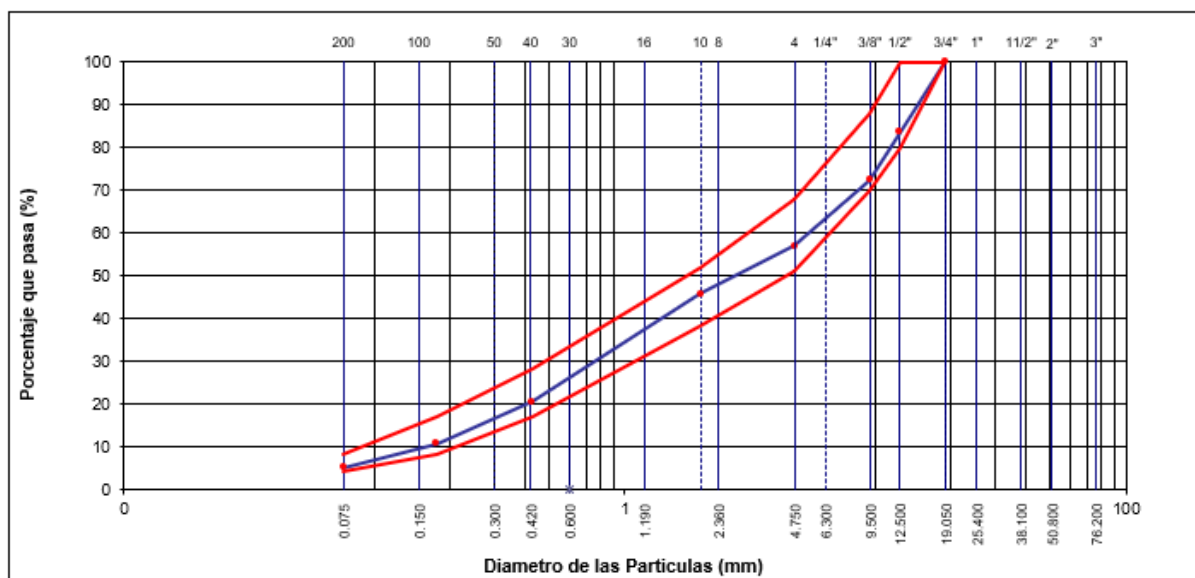
- ✓ Para se procede a pesar un total de muestra de 4000g conformada por 43% de piedra que son 1720g y 57% de arena que son 2280g para proceder a tamizarlo por las mallas $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°10, N°40, N°80, N°200 pesando el material retenido en cada tamiz para posteriormente realizar con cálculos.



Ilustración 14: Realización del ensayo de análisis granulométrico

Resultados y discusión

Tabla 7 Curva de análisis granulométrico



En la tabla 9 (curva del análisis granulométrico) se puede observar que el porcentaje de 43% de agregado grueso y 57% de agregado fino cumple con la gradación del HMA-2 teniendo como tamaño máximo nominal piedra chancada de 1/2" y cumpliendo con lo indicado en el MTC, por consiguiente, se realiza el diseño de mezcla para nuestra muestra patrón y muestra adicionada.

Tabla 8 Resumen de los resultados obtenidos de los agregados

ENSAYO	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Equivalente de Arena	64.00%	-
Azul de Metileno	2.00%	-
Índice de Plasticidad (malla N°40)	NP	-
Índice de Plasticidad (malla N°200)	3.00%	-
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	15.30%	15.50%
Sales Solubles Totales	0.04%	0.09%
Absorción	0.45%	0.95%
Abrasión los Ángeles	-	23.80%
Partículas Chatas y Alargadas	-	9.90%
Caras Fracturadas	-	80/74

En la tabla 08 (Resumen de los resultados obtenidos de los agregados) se observan los resultados de los ensayos que se ejecutaron a los agregados fino y grueso, cuyos resultados cumplen con lo establecido en el MTC para una altitud ≤ 3000 msnm.

Tabla 9 Composición química de la Diatomita

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	55.24	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	12.56	
OXIDO DE TITANIO (TiO ₂)	1.11	
OXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	7.32	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	2.67	
OXIDO DE CALCIO (CaO)	0.64	
OXIDO DE COBRE (CuO)	2.91	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	0.04	
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O)	<0.64	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	1.54	
PÉRDIDA POR QUEMADO	16.4	

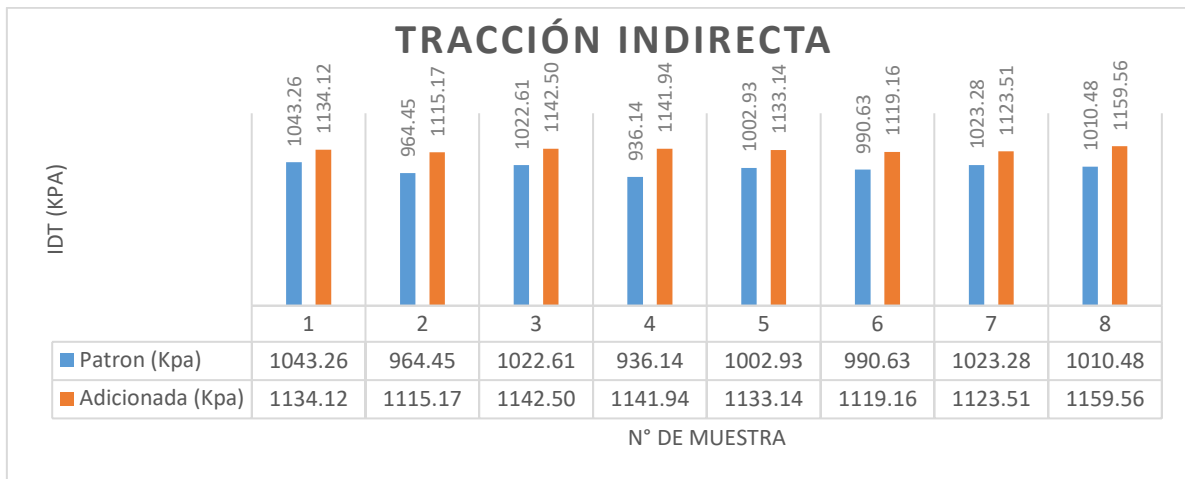
En la ilustración 15 (composición química de la Diatomita) se puede observar que del total de la muestra se pierde un 16% por quemado y la composición final de la Diatomita es en mayores porcentajes dióxido de silicio con 55.24% y oxido de aluminio con 12.56%.

Gráfico 1 Curva de pérdida de masa y análisis termogravimétrico de la Diatomita



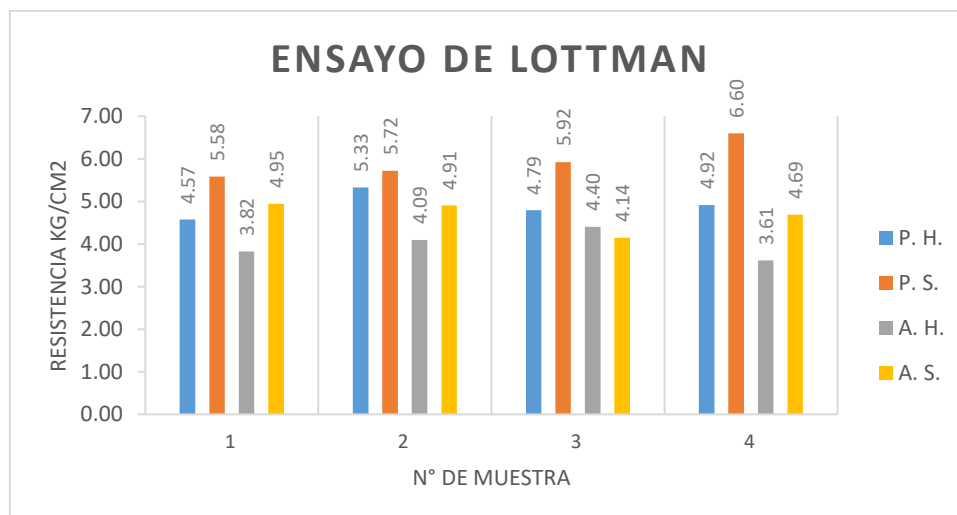
En la ilustración 16 (curva de pérdida de masa y análisis termogravimétrico de la Diatomita) se observa que la pérdida de masa más significativa se da en las temperaturas de 350 – 450°C y la segunda pérdida se da entre los 650 – 850°C, teniendo así una pérdida de masa del 14% de la muestra ensayada.

Gráfico 2 Ensayo de tracción indirecta



El gráfico para ensayo de (IDT) en mezclas asfálticas para evaluar la capacidad de resistir a la tracción en muestras con mezcla patrón y mezcla adicionada. En todas las pruebas, la mezcla adicionada presentó valores de resistencia mayores que la mezcla patrón, lo que indica una mejor capacidad de tracción. Los valores atípicos se observaron en la muestra 8, con 1159.56 kPa para la mezcla adicionada y 1010.48 kPa para la mezcla patrón. La mezcla adicionada mostró una mejora constante en todas las muestras, sugiriendo que el aditivo contribuye a una mayor resistencia del material frente a esfuerzos de tracción.

Gráfico 3 Ensayo de Lottman



El gráfico del ensayo de Lottman presenta los resultados de la pérdida de resistencia en briquetas bajo 2 condiciones diferentes, tanto para patrón como para adición de los cuales se nombras a continuación:

- P. H. (Patrón Húmedo)
- P. S. (Patrón Seco)
- A.H. (Adicionada Húmeda)
- A.S. (Adicionada Seca).

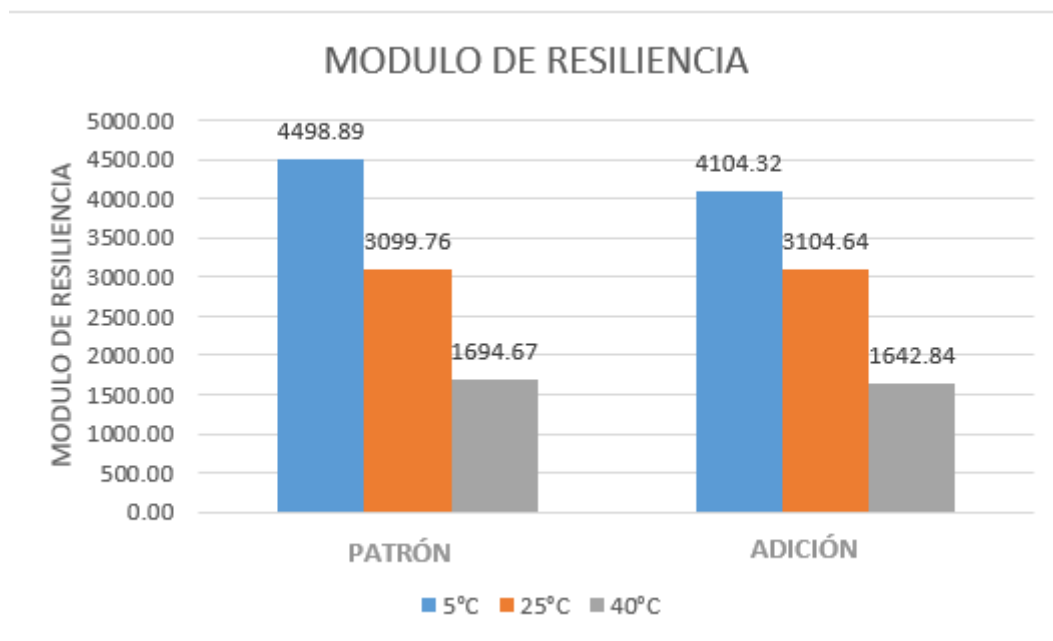
En la muestra 1, la menor pérdida de resistencia se observa en la condición A. H. (3.82%), mientras que la mayor pérdida corresponde a P. S. (5.58%).

Para la muestra 2, la menor pérdida de resistencia se observa en la condición A. H. (4.09%), mientras que la patrón seca presenta mayor pérdida de resistencia (5.72%).

En la muestra 3, la menor pérdida de resistencia se observa A. S. (4.14%), mientras que la mayor pérdida registra la muestra patrón seca (5.92%)

En la muestra 4 la menor pérdida de resistencia se observa A. S. (3.61%), mientras que la mayor pérdida registra la muestra Patrón seca (5.92%).

Gráfico 4 Ensayo módulo de resiliencia



El gráfico muestra los resultados del ensayo de módulo de resiliencia en HMA bajo diferentes condiciones de temperatura (5°C, 25°C y 40°C) para dos tipos de mezclas. Del cual mostró que tanto la mezcla patrón como la composición con adición experimentan una disminución del módulo a medida que la temperatura aumenta. A 5°C, la mezcla patrón registró mayor valor a comparación de las demás con 4498.89 MPa y la mezcla con adición 4104.32 MPa; mientras que, a 25°C, los valores fueron 3099.76 MPa (patrón) y 3104.64 MPa (adición),

finalmente a temperatura de 40°C la mezcla patrón fue de 1694.67 MPa y la mezcla con adición en 1642.84 MPa.

Tabla 10 Gradación HMA

PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	
	MAC - 2	
100.0	100	
83.6	80	100
72.3	70	88
57.0	51	68
45.7	38	52
20.5	17	28
10.7	8	17
5.0	4	8

De acuerdo con los parámetros de la normativa de pavimentos urbanos el diseño de HMA cumplió con la gradación HMA-2, el cual detalla agregado retenido a partir de la malla de $\frac{1}{2}$, así mismo dentro de los resultados exigidos por la misma se encuentran en la tabla 10, los cuales se encuentran dentro de los rangos aceptables.

Tabla 11 Propiedades mecánicas de mezcla asfáltica

Ensayo	Patrón		Adición	
	0%		2%	
Estabilidad (Kg)	1131.8		1107.4	
Cántabro (%)	3.13		4.5	
Lottman(%)	82.35		85.27	
Módulo de resiliencia (MPa)	5°C	4498.89	4104.32	
	25°C	3099.76	3104.64	
	40°C	1694.67	1642.84	
IDT(KPa)	999.22		1133.64	
TOTAL				

Dentro de los resultados de mezcla asfáltica patrón y adición, se observa que la mezcla adicionada con 2% de aditivo muestra una ligera disminución en estabilidad (1107.4 Kg) y un mayor desgaste en cántabro (4.5%) respecto al patrón. Sin embargo, mejora en resistencia a la humedad (85.27%) y tensión indirecta (1133.64 KPa), y finalmente el módulo de resiliencia se mantiene casi estable, con leves disminuciones a 5°C y 40°C.

Tabla 12 ACU carpeta asfáltica patrón

CARPETA ASFALTICA E=3"						
Rendimiento					2050	m2/día
Jornada					8	Horas/día
Costo unitario por m2					72.99	
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	1.0000	0.0039	33.40	0.13	1.25
Operario	hh	4.0000	0.0156	25.69	0.40	
Peon	hh	10.0000	0.0390	18.39	0.72	
MATERIALES						
ASFALTO PEN 60/70	gal		2.7110	20.00	54.22	58.92
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.0289	61.20	1.77	
ARENA	m3		0.0357	51.35	1.83	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bls		0.0409	25.42	1.04	
ESCOBA	Und		0.0050	12.71	0.06	
EQUIPOS						
Herramientas Manuales	%mo		5	1.25	0.06	12.82
Pavimentadora	hm	1.0000	0.0039	380.00	1.48	
Rodillo neumatico	hm	1.0000	0.0039	240.00	0.94	
Rodillo tanden	hm	1.0000	0.0039	240.00	0.94	
Cargador frontal	hm	1.0000	0.0039	230.00	0.90	
Volquete de 15 m3	hm	4.0000	0.0156	220.00	3.43	
Planta de asfalto	hm	1.0000	0.0039	1300.00	5.07	

Tabla 13 ACU carpeta asfáltica adicionada

CARPETA ASFALTICA MODIFICADA E=3"						
Rendimiento					2050	m2/día
Jornada					8	Horas/día
Costo unitario por m2					72.56	
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						
Capataz	hh		1	0.0039	33.40	1.25
Operario	hh		4	0.0156	25.69	0.40
Peon	hh		10	0.0390	18.39	0.72
MATERIALES						
ASFALTO PEN 60/70	gal		2.6747	20.00	53.49	58.49
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.0286	61.20	1.75	
ARENA GRUESA	m3		0.0352	51.35	1.81	
DIATOMITA	Kg		0.6027	0.59	0.36	
CEMENTO PORTLAND T1	Bls		0.0403	25.42	1.03	
ESCOBA	Und		0.0050	12.71	0.06	
EQUIPOS						
Herramientas Manuales	%mo		5	1.25	0.06	12.82
Pavimentadora	hm	1	0.0039	380.00	1.48	
Rodillo neumatico	hm	1	0.0039	240.00	0.94	
Rodillo tanden	hm	1	0.0039	240.00	0.94	
Cargador frontal	hm	1	0.0039	230.00	0.90	
Volquete de 15 m3	hm	4	0.0156	220.00	3.43	
Planta de asfalto	hm	1	0.0039	1300.00	5.07	

Como resultados de la evaluación económica se obtuvo que el precio disminuye en comparación con la muestra patrón, el cual representa 0.43%.

Evaluación de Impacto Ambiental

1. Resumen EIA

El proyecto busca incorporar diatomita en la mezcla asfáltica caliente (HMA) para enriquecer sus características mecánicas, lo que reduciría el mantenimiento de las carreteras y minimizaría los impactos ambientales. Se revisan los marcos legales y normativas ambientales de Perú relacionados con los estudios de impacto ambiental (EIA) para evaluar los posibles efectos del proyecto, considerando factores como cambios de clima, la calidad del aire y el efecto sonoro. Además, se identifican pasivos ambientales y se destacan las emisiones de gases y la elaboración de la HMA como aspectos clave en la valoración de impacto.

El plan de gestión ambiental propuesto incluye acciones preventivas, mitigadoras y correctivas, junto con un programa de monitoreo ambiental y un plan de cierre. Se subraya la importancia de la compensación ambiental para contrarrestar los impactos negativos y se concluye que es fundamental realizar un EIA para mitigar los efectos adversos, destacando que la emisión de gases es el principal riesgo ambiental mientras que la elaboración de la HMA es la actividad más impactante.

2. Objetivos del EIA

El objetivo es identificar los efectos derivados del estudio "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente", establecer medidas para reducirlos a un nivel aceptable y prevenir el daño ambiental que podría ocasionar la preparación de dicha mezcla asfáltica.

3. Marco legal

El marco legal relacionado con la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en Perú abarca distintas normativas y requisitos a nivel nacional, que establecen los estándares necesarios para evaluar y disminuir los choques ambientales de los proyectos. Entre ellas, destaca la Constitución Política del Perú, que regulariza el ordenamiento jurídico del país, y el Reglamento Nacional de Edificaciones, que asegura la seguridad y calidad de las construcciones. Asimismo, se incluyen leyes clave como la Ley General del Ambiente y la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, que garantizan un desarrollo

sostenible y la protección del medio ambiente. Estas normas, junto con otras disposiciones como la Ley de Residuos Sólidos y la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, buscan coordinar la gestión y protección ambiental en todos los sectores productivos, promoviendo la sostenibilidad y el bienestar colectivo.

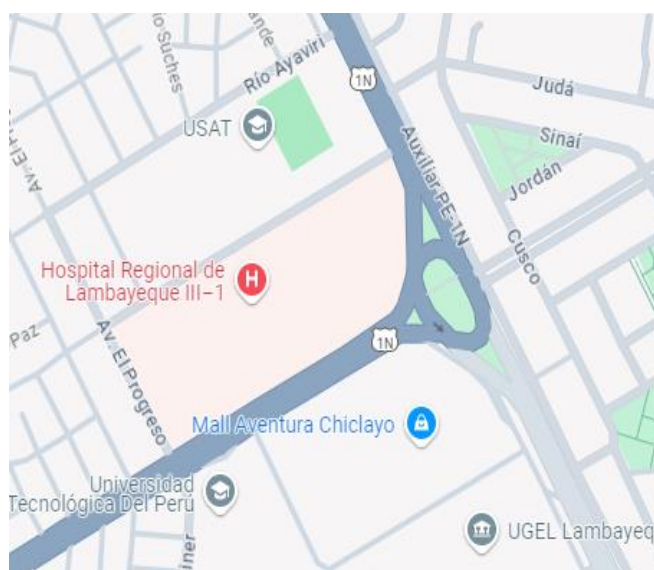
Adicionalmente, el marco legal también contempla reglamentos específicos sobre la calidad del aire, el ruido, y la gestión de residuos, asegurando que las actividades económicas respeten los límites permitidos para evitar la contaminación. Además, leyes como la del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y el Código Penal refuerzan la obligación de cumplir con las normativas ambientales, con sanciones para quienes violen las leyes de protección ambiental. En conjunto, estas normas forman una estructura robusta destinada a prevenir, mitigar y verificar los efectos ambientales negativos, promoviendo la sostenibilidad en el desarrollo de proyectos en Perú.

4. Descripción y análisis del proyecto

La ejecución de la investigación titulada “Influencia de la diatomita en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica caliente” se llevó a cabo en el laboratorio de la universidad. Se ubica en la coordenada UTM 9252585 625631 17M, y sus límites son:

- Norte: calle Río Ayaviri.
- sur: hospital regional de Lambayeque.
- Este: panamericano norte.
- Oeste: Mz “J”.

Tabla 14 Localización



Fuente: Google Maps

5. Área de influencia directa e indirecta

El área afectada por la implementación de la investigación se define como la región donde pueden surgir impactos en diversos ámbitos, incluyendo el físico, biológico, social, cultural y, finalmente, económico, como resultado de la elaboración de HMA en el área de estudio.

6. Línea base ambiental

El laboratorio juega un papel crucial en el procesamiento de diatomita en asfalto caliente, lo que puede generar efectos ambientales positivos. Para establecer estándares ambientales adecuados, es fundamental considerar diversos factores, como el impacto de la producción de diatomita y los residuos generados al elaborar mezclas asfálticas. También es importante evaluar el efecto en la durabilidad del recubrimiento y los aspectos económicos, incluyendo los costos de producción y mantenimiento.

- Línea de base física: El clima de la región es cálido y húmedo, con sequías y predominancia de sol y vientos moderados durante gran parte del año, mientras que las lluvias son escasas y ocurren principalmente durante fenómenos específicos. Las temperaturas oscilan entre un máximo de 28.27 °C durante la temporada calurosa de enero a marzo y un mínimo de 15.37 °C en invierno, con una temperatura promedio de 21 °C.
- Línea de base ambiental: Antes del inicio del proyecto, la calidad del aire en Chiclayo se considera buena, con un bajo riesgo de contaminación que no presenta una amenaza para la salud. En cuanto a la calidad del ruido, la ciudad presenta niveles que se clasifican como media-alta, ya que los decibelios promedio superan el límite permitido de 85 dBa [41].

7. Pasivos ambientales

El proyecto que investiga el uso de mezclas asfálticas con diatomita se enfocará en evaluar e identificar los impactos ambientales y las consecuencias de las actividades humanas durante su implementación. Estos costos, considerados daños ambientales, persisten y afectan a la población. Se aplicarán métodos específicos para determinar la responsabilidad ambiental, clasificándola en niveles de riesgo: bajo, medio y alto. Este proceso incluirá una evaluación exhaustiva de cada factor ambiental, analizando características, parámetros e impactos, lo que proporcionará una base sólida para implementar medidas de mitigación y prevención.

7.1. Identificación de PA

Una vez que se identifican los pasivos ambientales, se lleva a cabo una evaluación utilizando un formato específico. Este proceso engloba la identificación de las causas y consecuencias de los pasivos ambientales, así como la propuesta de medidas correctivas. Al definir los pasivos ambientales, se evalúan de acuerdo con criterios previamente establecidos, y se discuten sus causas, efectos y las posibles soluciones para mitigar su impacto.

Tabla 15 Identificación de PA

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES										
1. LOCALIZACIÓN										
Departamento De Lambayeque, Provincia y Distrito De Chiclayo										
2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL										
Material sobrante de MAC										
3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL										
Contaminación del factor suelo y del aire por el agua proveniente de la acequia Cois y por la basura alojada por habitantes de la zona										
4. CAUSA										
Contaminación de los habitantes de la zona y falta de infraestructura para prevenir el daño al factor suelo										
5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES										
Deslizamiento y derrumbes			Erosión, sedimentación de cauce			Botaderos laterales indiscriminados				
Contaminación de suelo		X	Daños ecológicos y paisajísticos		X	Áreas degradadas		X		
Accesos a poblados interrumpidos			Daños a las fuentes de agua de los pobladores			Curva peligrosa				
6. MATRIZ DE IMPORTANCIA (Marca con una X)										
INTENSIDAD		EXTENSIÓN		MOMENTO		PERSISTENCIA		REVERSIBILIDAD		IMPORTANCIA A Intrascendente
Baja	X	Local	X	Largo Plazo		Fugaz	X	Corto Plazo		
Media		Regional		Mediano Plazo		Temporal		Mediano Plazo		
Alta		Ex extra regional		Inmediato	X	Permanente		Irreversible	X	
SINERGIA		ACUMULACIÓN		EFECTO		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		
Sin sinergismo		Simple	X	Indirecto		Discontinuo		Recuperable		
Sinergismo	X	Acumulativo		Directo	X	Periódico		Mitigable	X	
Muy sinérgico						Continuo	X	Irrecuperable		
8. CATEGORIA AMBIENTAL										
Ecología				Aspectos estéticos						
Aspectos de interés humano				Contaminación ambiental		X				
9. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O CORRECTIVAS										
Que sean trasladados al lugar correspondiente.										
10. RIESPONSABLES DE EJECUCIÓN DE OBRA										
Entidad ejecutora										

8. Identificación y evaluación de impactos ambientales:

8.1. Posibles causantes de impacto:

Se llevó a cabo una identificación para valorar los impactos ambientales del proyecto, considerando tanto los efectos positivos como negativos, así como los impactos directos e indirectos. Este análisis tiene en cuenta cómo estas intervenciones afectan a los diferentes componentes del área involucrada.

Las posibles causantes de impacto en los proyectos de construcción y laboratorio incluyen diversas actividades relacionadas con el manejo de materiales y ensayos técnicos. En cuanto a los equipos de protección, se considera fundamental garantizar la seguridad durante el trabajo con materiales y maquinaria. En el área de agregados, se realizan procesos como la obtención de agregado fino, agregado grueso, PEN y diatomita, además de la realización de ensayos de agregados para evaluar su calidad. En el HMA en laboratorio, se destaca la elaboración de briquetas, que incluye actividades como la compactación y extracción de briquetas, utilizando el HMA como referencia. Los ensayos realizados incluyen el ensayo Rice y Marshall, el módulo de resiliencia, las pruebas de Lottman, tracción indirecta y Cántabro, todos enfocados en medir la resistencia y calidad del material. Finalmente, como actividad complementaria, se llevan a cabo la eliminación de material sobrante y la limpieza final, para asegurar que el área de trabajo quede en condiciones óptimas tras los procedimientos.

Se describen los efectos generados por la implementación del proyecto:

- **Equipos de protección:** Se requiere señalización para mantener alejados a los trabajadores del área contaminada por el calentamiento del asfalto, ya que la falta de protección puede afectar su salud.
- **Agregados:** El transporte de materiales y los ensayos de los agregados generan contaminación ambiental, especialmente debido al uso de insumos químicos que pueden contaminar el agua.
- **HMA en laboratorio:** Este proceso abarca desde la fabricación de briquetas hasta la realización de ensayos, lo que puede comprometer la salud y calidad de vida de los individuos debido a la contaminación del aire y al ruido generado por el uso de maquinaria.
- **Actividades complementarias:** Estas acciones pueden tener tanto impactos positivos como negativos, aunque se destaca que generarán empleo.

8.2. Componentes ambientales amenazados:

Los factores y componentes incluyen diversas áreas de impacto ambiental y social. En cuanto al aire, se consideran el nivel de partículas en suspensión, la emisión de gases y el nivel de ruidos como elementos clave para evaluar la calidad ambiental. Respecto al agua, el uso de agua potable es el principal componente a tener en cuenta. La fauna se analiza principalmente a través de la presencia de aves e insectos en el ecosistema. En los factores socioeconómicos, se destacan el empleo y el transporte como indicadores de desarrollo y bienestar social. Finalmente, los factores humanos se enfocan en la calidad de vida y la salud y seguridad de las personas, elementos esenciales para evaluar el bienestar general de una población.

A continuación, se detallan los componentes afectados por el proyecto:

- **Aire:** Aunque el impacto será mínimo, el aire se verá afectado durante los ensayos previos debido a la caracterización de los materiales. La producción de HMA generará emisiones de gases por las altas temperaturas del cemento asfáltico, y el uso de equipos durante los ensayos incrementará el nivel de ruido.
- **Agua:** En el proceso de desmolde de las briquetas se utiliza petróleo para limpiar los moldes, y el agua también se usa para lavar los equipos, lo que genera un contacto directo con el agua.
- **Fauna:** En el área circundante hay zonas verdes que albergan aves e insectos, los cuales pueden ser ahuyentados por el humo generado por la HMA.
- **Socioeconómico:** El proyecto generará empleo, aunque este beneficio será mínimo, y también implica el transporte necesario para trasladar los materiales.
- **Humano:** La calidad de vida puede verse afectada negativamente debido al ruido de los equipos y la contaminación del aire producida por la HMA. Además, la seguridad y salud de los individuos estarán comprometidas a causa de las altas temperaturas en las que se opera.

8.3. Matriz de Leopold:

8.3.1. Identificación de impactos:

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA (Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente)

ACCIONES		SEGURIDAD Y SALUD	AGREGADOS				ELABORACIÓN DE BRIQUETAS			ENSAYOS REALIZADOS					ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA		
		EQUIPO DE PROTECCIÓN	OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO	OBTENCIÓN DE AGREGADO GRUESO	OBTENCIÓN PEN Y DIATOMITA	ENSAYO DE AGREGADOS	MAC	COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS	EXTRACCIÓN DE BRIQUETAS	ENSAYO RICE	ENSAYO MARSHALL	MÓDULO DE RESILIENCIA	LOTTMAN	TRACCIÓN INDIRECTA	CÁTABRO	ELIMINACIÓN DE MATERIAL	LIMPIEZA FINAL
AIRE	Nivel de partículas en suspensión																
	Nivel de gases																
	Nivel de ruidos																
AGUA	Calidad del agua																
FAUNA	Aves																
	Insectos																
FACTORES HUMANOS	Calidad de vida																
	Salud y seguridad																
FACTORES ECONÓMICOS	Empleo																
	Transporte																

LEYENDA:

	No existe impacto
	Impacto negativo
	Impacto positivo

Tabla 16: Matriz de identificación de impactos

8.3.2. Evaluación de IA:

En la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se calificó la magnitud e importancia de los impactos utilizando la matriz de Leopold [42]. Se estableció que la acción más perjudicial del proyecto fue la producción de la mezcla asfáltica (HMA), que obtuvo una puntuación de -72, mientras que la emisión de gases se clasificó como el componente más frágil, con un puntaje de -99. Por otro lado, se identificó un impacto ambiental positivo relacionado con la creación de empleo derivada de la producción de HMA.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA (Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente)

ACCIONES		SEGURIDAD Y SALUD	AGREGADOS				ELABORACIÓN DE BRIQUETAS			ENSAYOS REALIZADOS						ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA				
		EQUIPO DE PROTECCIÓN	OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO	OBTENCIÓN DE AGREGADO GRUESO	OBTENCIÓN PEN Y DIATOMITA	ENSAYO DE AGREGADOS	MAC	COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS	EXTRACCIÓN DE BRIQUETAS	ENSAYO RICE	ENSAYO MARSHALL	MÓDULO DE RESILIENCIA	LOTTMAN	TRACCIÓN INDIRECTA	CÁTABRO	ELIMINACIÓN DE MATERIAL	LIMPIEZA FINAL			
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Nivel de partículas en suspensión	0	-3	-1	-2	-4	1	0	0	-1	0	0	0	0	-4	-3	-3	-20	-46
			0	2	1	2	3	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	3	-17	
	Nivel de gases	0	0	0	-1	0	-9	0	0	-7	0	0	0	0	0	0	0	-17	-99	
		0	0	0	1	0	7	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	13		
AGUA	Calidad del agua	0	-2	-2	0	-2	0	-5	-1	0	-3	-2	-2	-2	-4	0	0	-25	-76	
		0	1	1	0	1	0	7	1	0	2	2	2	2	4	0	0	23		
FAUNA	Aves	0	0	0	0	2	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-4	-7	-20	
		0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	4	11		
	Insectos	0	-1	-1	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	-6	
		0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
FACTORES ECONÓMICOS	Empleo	0	-2	-2	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	-10	
		0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	Salud y seguridad	0	-1	-1	-1	-5	-4	-1	-3	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-20	-78	
		4	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-1	1	27	
FACTORES ECONÓMICOS	Transporte	0	2	2	2	5	4	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	27	101	
		0	3	3	3	6	7	1	4	2	1	1	1	1	1	2	3	39		
		0	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	-12	
		0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
MAGNITUD	4	-10	-8	-5	-5	-16	-5	-1	-8	-3	-2	-2	-2	-9	-1	-8		-224		
IMPORTANCIA	7	13	12	11	18	25	9	8	9	5	4	4	4	4	9	5	13			
PROMEDIO	28	-12	-7	-6	-13	-72	-35	2	-35	-7	-4	-4	-4	-25	-5	-25		-224		

Tabla 17: Matriz de evaluación de impactos

Plan de manejo ambiental

A partir del estudio de los impactos ambientales (IA), se desarrollan estrategias enfocadas en mejorar el desempeño ambiental durante la fase de construcción. Estas estrategias se centran en la protección de los elementos ambientales más vulnerables y sugieren acciones destinadas a prevenir o minimizar los daños. Además, se involucra tanto a los responsables del proyecto como a la comunidad en el proceso, y se establecen programas específicos para implementar estas medidas.

9.1. Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas

Este programa se enfoca en aplicar las medidas preventivas, mitigadoras y correctivas para abordar los impactos adversos derivados del proyecto. Durante la fase de construcción, también establece criterios ambientales específicos. Las medidas preventivas tienen como objetivo impedir que se den efectos negativos sobre el medio ambiente, mientras que las mitigadoras se implementan cuando el impacto es inevitable o difícil de revertir, buscando equilibrar los aspectos negativos con efectos positivos. Las medidas correctivas, por su parte, se emplean cuando el daño no puede evitarse, para disminuir su gravedad y relevancia.

Residuos sólidos:

El objetivo principal es reducir los impactos negativos asociados con la generación, manipulación y eliminación de residuos durante la construcción. Se implementa un sistema de control para cada tipo de desecho, como restos de briquetas rotas y asfalto, clasificándolos en residuos de construcción, peligrosos y domésticos. Los residuos peligrosos, como los productos inflamables usados en la limpieza de moldes, requieren un manejo especial.

Segregación:

La NTP 900.058.2019 establece que los depósitos de almacenamiento de residuos deben identificarse mediante colores para facilitar su manejo, tanto en entornos públicos como privados. En este caso, la segregación de residuos se implementará dentro del laboratorio.

Almacenamiento:

Durante la construcción, los materiales se almacenarán en áreas que no interfieran con las actividades académicas, utilizando cobertores para impedir la dispersión de partículas. Los residuos de limpieza de moldes se colocarán en bolsas convencionales para su recolección por el servicio municipal, y los productos inflamables se almacenarán por separado para minimizar riesgos. Los desechos domésticos también tendrán un almacenamiento adecuado y se trasladarán a puntos de acopio para su recopilación.

Transporte y disposición final:

Los residuos sólidos no utilizables serán transportados por una empresa especializada en la gestión de residuos.

Subprograma de salud local:

En caso de accidentes menores, se acudiría al tópicico de la universidad, y si es un caso grave, se derivaría al hospital regional de Lambayeque.

Subprograma de seguridad del EIA:

Este subprograma se centra en la protección de la vida y el entorno durante la ejecución del EIA. Se contará con una unidad de respuesta rápida que formará parte de las brigadas de contingencia para actuar en emergencias. El personal de seguridad estará equipado con dispositivos adecuados para prevenir accidentes, y un centro médico preparado para atender emergencias graves, minimizando el riesgo de traslado a hospitales.

9.2. Programa de monitoreo ambiental

Este programa se encarga de supervisar varias actividades durante la construcción, controlando la calidad del aire y los niveles de ruido según parámetros que deben cumplir con los estándares nacionales. Durante la producción de asfaltos en caliente, se realiza un monitoreo constante de las emisiones de gases, como NO_x, CO y SO₂, que son liberados durante la combustión y evaporación de materiales. El seguimiento de estas emisiones es clave para minimizar impactos ambientales (IA) negativos, proteger la salud del personal y de las comunidades cercanas, y adoptar mejores prácticas para reducir dichos impactos

9.3. Programa de cierre o fin

Este programa busca dejar el área intervenida en mejores condiciones que antes de la ejecución del proyecto. Entre las actividades incluidas están la limpieza final para asegurar que el lugar quede adecuado para futuros proyectos, y la implementación de espacios apropiados para la disposición y almacenamiento de materiales utilizados.

El plan establece medidas para contrarrestar los impactos negativos que no puedan ser prevenidos, mitigados o restaurados durante la ejecución del proyecto. En línea con la normativa peruana SEIA, este plan es obligatorio en los estudios de impacto ambiental detallados, y su cumplimiento está sujeto a supervisión. La compensación se aplicará solo cuando las medidas preventivas o de restauración no sean viables. En este proyecto específico, se propone reutilizar briquetas de desecho para sellar calles en Chiclayo, evitando así la contaminación del suelo por la disposición incorrecta de residuos.

9. CONCLUSIÓN

Se han identificado los impactos ambientales (IA) producidos por la ejecución del proyecto HMA con Diatomita, usando la matriz de Leopold. El factor más frágil es la emisión de gases, y la acción más agresiva es la elaboración de HMA. La valoración de impacto ambiental (EIA) es esencial para reconocer, tratar y mitigar los efectos negativos sobre los componentes ambientales. Se debe prestar especial atención a la compensación ambiental por la emisión de gases en el proceso de elaboración de HMA.

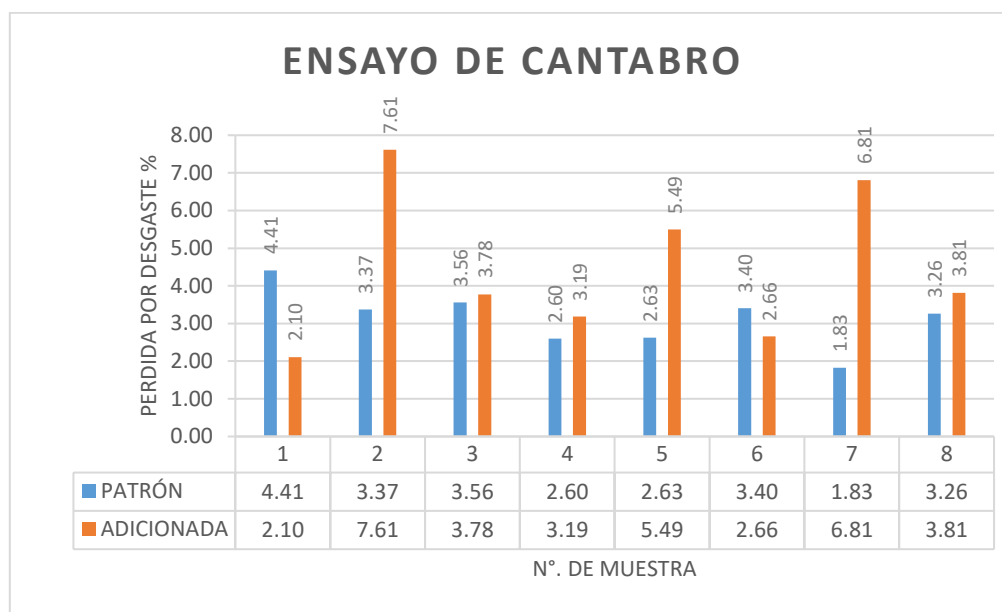


Gráfico 5 Ensayo de desgaste para muestra patrón y adicionada

En el gráfico N°4 de ensayo de Cántabro, muestra la pérdida por desgaste en briquetas bajo dos condiciones: Patrón y Adicionada, de los cuales las briquetas patrón tiene pérdidas que oscilan entre un mínimo de 1.83% y un máximo de 4.41%; mientras que las briquetas adicionadas, muestran pérdidas con un mínimo de 2.10% y un máximo de 7.61%.

Comparando ambas series, se contempla que las briquetas adicionadas manifiestan mayores valores de desgaste en algunas muestras (briquetas 2, 5 y 7), así como también en la briqueta 2, donde la pérdida es más del doble que la briqueta patrón. Sin embargo, en otros casos (briqueta 1), las pérdidas son menores en las briquetas adicionadas.

Discusiones:

Del objetivo caracterizar la diatomita y los agregados a utilizar para el diseño de HMA se determinó que la diatomita se encuentra pasante por la malla ≤ 200 , así mismo tiene resistencia a temperaturas de 350-450 °C. Por otro lado los ensayos de agregado fino y grueso se encuentran dentro del parámetros normativo tal es el caso que el ensayo de equivalente de arena presentar 64%, mientras que la normativa señala rangos de 60%-70%; así mismo el ensayo de sales solubles presentan 0.04% tanto para AF y AG, los cuales también se encuentra dentro de los rangos establecidos por norma (0.5%), de tal forma que los ensayos señalados en la tabla 10 cumplen con los rangos dados por el MTC [36].

Del ensayo de tracción indirecta (IDT) muestran que la resistencia de la mezcla patrón presenta un promedio de 999.22 kPa, mientras que la mezcla adicionada tuvo un promedio de 1133.64 kPa. Estos resultados muestran que las briquetas con mezcla adicionada presentan en general mayores valores de resistencia en contraste con la mezcla patrón, lo que hace indicar que mejora la capacidad de la mezcla para resistir al aplicarle cargas, es decir la adición de diatomita mejora la cohesión de la mezcla, proporcionando un desempeño superior en términos de resistencia a la tracción.

Del objetivo evaluar la resistencia al deterioro causado por la humedad inducida realizado mediante el ensayo de cántabro, de las muestras en estado seco para patrón presentaron una resistencia promedio de 5.59 %, mientras que en estado húmedo presentaron menor resistencia de 4.90%; mientras que las muestras adicionadas presentaron una resistencia promedio de 4.67% en estado seco y 3.98 en estado húmedo. Comparando estas muestras se deduce que en estado seco y húmedo la muestra patrón tiene mayor resistencia; sin embargo, esto no es un indicio para determinar que ello trabaje mejor, motivo por el cual al dividir en estado seco y húmedo se obtiene el índice de resistencia a la tracción, en el que la muestra patrón tiene 82.35% y la muestra adicionada tiene 85.27%, siendo esta la que trabaja mejor. Así mismo dichos resultados están dentro del rango aceptados por la norma [36].

Del objetivo evaluar el módulo de resiliencia muestran una disminución del valor a medida que aumenta la temperatura para ambas mezclas (patrón y adicionada), de tal forma que, a 5°C, la mezcla patrón alcanzó un valor más alto (4498.89 MPa) en comparación con la mezcla adicionada (4104.32 MPa), lo que indica una mayor rigidez a bajas temperaturas. Por otro lado, a temperaturas de 25°C, la mezcla adicionada presentó un módulo ligeramente superior (3104.64 MPa) frente a la mezcla patrón (3099.76 MPa), lo que indica un comportamiento adecuado a temperatura ambiente. Sin embargo, a 40°C, ambos tipos de mezclas mostraron

valores cercanos (1694.67 MPa para el patrón y 1642.84 MPa para la adición), lo que indica que, a altas temperaturas, la diatomita mejora de manera limitada la rigidez de la HMA.

Del objetivo determinar si la mezcla asfáltica en caliente con adición de diatomita cumple con los requerimientos de la normativa de pavimentos urbanos, se estableció que el diseño de la composición asfáltica cumple con los requisitos de la norma CE 010, en particular con la gradación HMA-2, que exige retención de agregado en la malla de $\frac{1}{2}$ ". Los resultados alcanzados, comparados con los valores de la tabla 10 de dicha norma, se encuentran dentro de los rangos aceptables.

Del objetivo comparar las propiedades mecánicas de una HMA convencional con una HMA con adición de diatomita, se obtuvo que la mezcla con 2% de aditivo reduce ligeramente la estabilidad y aumenta el desgaste, pero mejora en resistencia a la humedad y tensión indirecta.

Del objetivo comparar costos de una HMA convencional con una HMA con adición de diatomita, se detalla que la HMA patrón cuesta más que la mezcla adicionada, este resultado vario en S/0.43(43/100 soles).

Del objetivo evaluar el impacto ambiental de la composición asfáltica en caliente con adición de diatomita, se obtuvo que la elaboración de HMA (patrón y adición) como la acción más agresiva sobre el factor aire; sin embargo [7] señala que la diatomita ayuda a disminuir la temperatura de producción y colocación del asfalto, reduciendo así la emisión de GEI, así mismo otro autor señala que la diatomita ayuda a reducir el efecto de isla de calor [8].

Del objetivo evaluar la resistencia al desgaste, se realizó a través del ensayo de cántabro en el cual se evaluaron briquetas patrón y con adición de diatomita, en el cual se ha encontrado diferencias en la resistencia al desgaste; ya que la mezcla patrón presentó pérdidas por desgaste en un rango de 1.83% a 4.41%; el cual nos indica una mayor duración al desgaste en comparación con la adicionada, ya que estas presentaron pérdidas entre 2.10% y 7.61%. De ello se infiere que la mezcla adicionada no le aporta una mayor duración al desgaste, aunque sus porcentajes no son muy elevados.

Conclusiones

De la caracterización de la diatomita y los agregados para el diseño HMA, mostró que satisface los requerimientos normativos dados por el MTC, de tal forma que se determinó que la diatomita es adecuada por su tamaño ≤ 200 y resistencia térmica 350-450 °C.

El ensayo de tracción indirecta muestra que la mezcla adicionada tiene una mayor resistencia de 1133.64 kPa y la mezcla patrón 999.22 kPa.

Se evalúa la resistencia al daño por humedad en el que las muestras patrón presentan mayor índice de resistencia a la tracción que las muestras adicionadas (85.27% frente a 82.35%).

El módulo de resiliencia muestra que, a bajas temperaturas, la mezcla patrón tiene una mayor rigidez en contraste con la mezcla adicionada (4498.89 MPa-4104.32 MPa). Sin embargo, a temperatura ambiente, ambas mezclas muestran una ligera disminución del módulo, indicando un comportamiento adecuado

Del objetivo determinar si la HMA en caliente con adición de diatomita cumple con lo establecido en la normativa de pavimentos urbanos, se concluye que cumplen con los parámetros requeridos por la norma CE.010, así mismo el asfalto a usar es el PEN 60/70 por encontrarse en un ambiente a trabajar ≥ 24 °C.

Se comparó las propiedades mecánicas de la HMA con 2% de diatomita en el cual mejora la resistencia a la humedad y tensión indirecta, mientras que el patrón presenta mejor valor de estabilidad y desgaste.

Al contrastar los resultados se logró que la mezcla patrón cuesta S/72.99 por m² y la muestra adicionada S/72.56 m².

De la EIA se obtuvo que la acción más agresiva es la elaboración de HMA sobre el factor aire (emisión de gases).

Se evalúa mediante el ensayo de cántabro la resistencia al desgaste, en el que las briquetas adicionadas tienden a experimentar mayores pérdidas por desgaste en comparación con las briquetas patrón, dichos valores presentan un promedio de 4.50% y 3.13 % indicando una variabilidad en el comportamiento del desgaste.

Recomendaciones

Verificar que los agregados adquiridos se encuentren en óptimas condiciones, así mismo estos cumplan con certificados de estudio de cantera, por otro lado, verificar que la diatomita a utilizar será la marítima.

Incrementar el número de muestras con adición de diatomita, con la finalidad de tener una mayor cantidad para promediar los resultados.

Se sugiere que futuras investigaciones consideren evaluar el rendimiento a largo plazo por el cual se aumenten las condiciones de temperatura.

Realizar pruebas adicionales a diferentes intervalos de temperatura y con más réplicas para mejorar la confiabilidad de los resultados.

Se sugiere realizar diseño de pavimento urbano utilizando la norma CE.010.

Los equipos para determinar las propiedades mecánicas cuenten con certificados de calibración el cual garantice la correcta ejecución.

El uso de la diatomita tiene un costo menor a comparación de la muestra patrón motivo por el cual reduciría costos al ser utilizados.

Se sugiere implementar un monitoreo continuo de las emisiones generadas durante la producción de HMA con diatomita, para asegurar que los beneficios esperados en la reducción de gases de efecto invernadero

Se sugiere realizar ensayos en más condiciones climáticas con la finalidad de saber el correcto comportamiento de la HMA.

Referencias

- [1] Y. Yue, M. Abdelsalam, D. Luo, A. Khater, J. Musanyufu, y T. Chen, «Evaluation of the Properties of Asphalt Mixes Modified with Diatomite and Lignin Fiber: A Review», *Materials (Basel)*, vol. 12, n.º 3, p. 400, ene. 2019, doi: 10.3390/ma12030400.
- [2] N. PERU21, «Nos falta priorizar la cultura de prevención en todos los niveles | Lluvia | Afectados | Indeci | Ayuda | Infraestructura | Gobiernos regionales || PERU», Peru21. Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://peru21.pe/peru/nos-falta-priorizar-la-cultura-de-prevencion-en-todos-los-niveles-lluvia-afectados-indeci-ayuda-infraestructura-gobiernos-regionales-noticia/>
- [3] Y. Cheng, L. Li, Y. Zhang, Z. Lv, y C. Zhu, «Quantitative Analysis of Effect and Interaction of Diatomite and Basalt Fiber on Asphalt Performance», *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 31, n.º 12, p. 04019306, dic. 2019, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002948.
- [4] T. Du, P. Song, y L. Liu, «Experimental Study on Activated Diatomite Modified Asphalt Pavement in Deep Loess Area», *Processes*, vol. 10, n.º 6, Art. n.º 6, jun. 2022, doi: 10.3390/pr10061227.
- [5] C. Yang, J. Xie, X. Zhou, Q. Liu, y L. Pang, «Performance Evaluation and Improving Mechanisms of Diatomite-Modified Asphalt Mixture», *Materials*, vol. 11, n.º 5, Art. n.º 5, may 2018, doi: 10.3390/ma11050686.
- [6] T. Yi-qiu, Z. Lei, y Z. Xing-you, «Investigation of low-temperature properties of diatomite-modified asphalt mixtures», *Construction and Building Materials*, vol. 36, pp. 787-795, nov. 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.054.
- [7] Y. Yue, M. Abdelsalam, A. Khater, y M. Ghazy, «A comparative life cycle assessment of asphalt mixtures modified with a novel composite of diatomite powder and lignin fiber», *Construction and Building Materials*, vol. 323, p. 126608, mar. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.126608.
- [8] H. B. Liu, H. Liu, H. B. Wei, C. Chai, y B. Zhu, «Laboratory Evaluation on the Road Performance of Diatomite Modified Porous Asphalt Mixture», *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2047, n.º 1, p. 012028, oct. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2047/1/012028.
- [9] Ş. Aslan y B. Aktaş, «Use of diatomite and pumice as stabilizers in stone mastic asphalt mixtures», *Revista de la construcción*, vol. 17, n.º 3, pp. 531-541, dic. 2018, doi: 10.7764/rdlc.17.3.531.

- [10] Q. Guo, L. Li, Y. Cheng, Y. Jiao, y C. Xu, «Laboratory evaluation on performance of diatomite and glass fiber compound modified asphalt mixture», *Materials & Design (1980-2015)*, vol. 66, pp. 51-59, feb. 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2014.10.033.
- [11] P. Cong, S. Chen, y H. Chen, «Effects of diatomite on the properties of asphalt binder», *Construction and Building Materials*, vol. 30, pp. 495-499, may 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.11.011.
- [12] M. Ahmad *et al.*, «Mechanical properties of hot-mix asphalt using waste crumber rubber and phenol formaldehyde polymer», *AIMSMATES*, vol. 6, n.º 6, pp. 1164-1175, 2019, doi: 10.3934/matersci.2019.6.1164.
- [13] H. González-Fernández, P. Ruiz-Caballero, y D. Guerrero-Valverde, «PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS mediante EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)», *Ciencia en su PC*, vol. 1, n.º 4, pp. 58-71, 2019.
- [14] S. L. Barreto Cedeño, J. Banguera Garces, y J. Córdova Rizo, «Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 10, n.º 1, pp. 59-68, mar. 2018.
- [15] Y. Liu, P. Su, M. Li, Z. You, y M. Zhao, «Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials», *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 7, n.º 5, pp. 573-599, oct. 2020, doi: 10.1016/j.jtte.2020.05.003.
- [16] «Laboratory Study on Properties of Diatomite and Basalt Fiber Compound Modified Asphalt Mastic». Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2017/4175167/>
- [17] M. A. Tapia García, *PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA*. MEXICO, 2018. Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.libreriaingeniero.com/2018/09/pavimentos-unam.html>
- [18] H. A. R. Quintana, W. A. C. López, y J. H. C. Chamorro, «Propiedades dieléctricas de asfaltos: revisión», *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 31, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2021, doi: 10.18359/rcin.4688.
- [19] H. Zhang, Z. Chen, C. Zhu, y C. Wei, «22 - An innovative and smart road construction material: thermochromic asphalt binder», en *New Materials in Civil Engineering*, P. Samui, D. Kim, N. R. Iyer, y S. Chaudhary, Eds., Butterworth-Heinemann, 2020, pp. 691-716. doi: 10.1016/B978-0-12-818961-0.00022-3.
- [20] M. Gómez-Galván, R. Gallardo-Amaya, y A. A. HMAgregor-Torrado, «Pavimentación con asfalto natural “MAPIA”. Estudio de caso: Proyecto mejoramiento de la vía El Diviso –

Torcoroma del municipio de San Martín, Cesar», *Revista Ingenio*, vol. 16, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2019, doi: 10.22463/2011642X.2334.

[21] *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*, Segunda edición. Bogotá: Ecoes Ediciones, 2022.

[22] Universidad Mayor de San Simón, *Pavimentos*. Bolivia: Facultad de ciencias y tecnología, 2004. Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.udocz.com/apuntes/15485/libro-de-pavimentos-pdf>

[23] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*, 2a ed. Santafé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 1998.

[24] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos*, 3a ed. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2006.

[25] C. Kraemer Heilperno, *Ingeniería de carreteras*, Reimp. Madrid: McGraw-Hill, 2010.

[26] «MC-01-13 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Revisada - JULIO 2013).pdf».

[27] P. H. Wright y K. Dixon, *Ingeniería de carreteras*, 2a. edición. México: Limusa, 2016.

[28] *Nociones sobre evaluación y rehabilitación de estructuras de pavimentos: teoría y ejemplos de aplicación*, Segunda edición. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2015.

[29] J. G. Speight, *Asphalt Materials Science and Technology*. Butterworth-Heinemann, 2015.

[30] O. J. A. Flores, J. J. A. Vásquez, C. F. P. Sánchez, E. D. R. Lafitte, y S. P. M. Pérez, «Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica: Una revisión literaria», *Infraestructura Vial*, vol. 24, n.º 43, Art. n.º 43, feb. 2022, doi: 10.15517/iv.v24i43.47931.

[31] P. R. Guerra Chayña y C. E. Guerra Ramos, «Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible», *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, vol. 20, n.º 20, pp. 121-140, sep. 2020.

[32] «Diatomita (Diatomite)», Rock Identifier. Accedido: 22 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rockidentifier.com/es/wiki/Diatomite.html>

[33] S. R. M. Sánchez y W. E. N. Merchán, *Diatomitas: geología, caracterización y potencial uso industrial (Boyacá, Colombia)*. Editorial UPTC, 2009. Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/book/98>

- [34] C. M. Zapata Ruiz, «Uso de la diatomita en la obtención de materiales refractarios como aislantes térmicos en los procesos industriales», *Universidad Nacional de Piura / UNP*, 2019, Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1998>
- [35] M. L. Montenegro Urday y K. M. Tejada Ancalle, «Elaboración de la capa filtrante conformada por diatomita activada y quitosano y su evaluación para su aplicación en la industria vinícola artesanal del valle de Majes de la región Arequipa», 2022, Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/15134>
- [36] «MANUAL ENSAYO DE MATERIALES.pdf».
- [37] «Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate». Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d4791-19.html>
- [38] «AASHTO TP 57 : Standard Method of Test for The Qualitative Detection of Harmful Clays of the Smectite Group in Aggregates Using Methylene Blue». Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=AASHTO%20TP%2057&item_s_key=00555621
- [39] «Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures (Withdrawn 2003)». Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d4123-82r95.html>
- [40] «AASHTO T 324 : Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures». Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=AASHTO%20T%20324&item_s_key=00489231
- [41] V. G. Rumiche Hernandez y L. D. Yamunaque Chaya, «Propuesta de un programa de vigilancia y monitoreo del nivel de ruido para controlar la contaminación sonora en la ciudad de Chiclayo», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 24 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/119522>
- [42] C. F.-V. VICENTE, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, 2009.

Anexos

Anexo 01: Ficha técnica de la Diatomita



Imerys Diatomita México, S.A. de C.V.

José Antonio Torres No. 400 s/Colonia: General Andrés Figueroa, Jalisco, C.P.45765

Commutador: (52 326) 434-2000 Fax: (52 326) 434 2067

Oficinas México: (52 55) 5279-9170 Fax: (52 55) 5279-9183

Technical Data

Celite 505™

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Color	Pink
Appearance	Powder
Origin	Plankton Fresh Water Diatomite
Description	Natural Product Calcined Filter Aid
Permeability, Darcys	0.09
Wet Density, g/L	307
lb/ft ³	19.2
325 Mesh Screen Residue, %	1.10
Median Cake Pore Size, Microns	2.7
pH	5.2
Specific Gravity	2.1
Moisture as shipped, %	0.5

TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS, %

SiO ₂	91.4
Al ₂ O ₃	3.8
Fe ₂ O ₃	1.9
P ₂ O ₅	0.2
TiO ₂	0.2
CaO	0.6
MgO	0.2
Na ₂ O + K ₂ O	1.2

The typical physical or chemical properties of Imerys Diatomita Mexico products represent average values obtained in accordance with accepted test methods and are subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Typical data shown above are considered accurate and reliable; no guarantee is given or intended.

January / 09 / 2012

Anexo 02: Validación De Ensayos De Laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 033-2024-II

FECHA: 23 de Octubre 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Keico Madeleine Mundaca Sigüeñas

TITULO DE LA TESIS: Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente

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

- Caracterización del policarbonato: Análisis térmico diferencial (Laboratorio Trujillo)
- Requerimientos para los agregados finos:
 - Equivalente de arena
 - Angularidad del agregado fino
 - Azul de metileno
 - Índice de plasticidad (Malla N°40)
 - Durabilidad al sulfato de magnesio
 - Índice de durabilidad
 - Sales solubles totales
 - Absorción
- Requerimientos para los agregados gruesos:
 - Durabilidad (Sulfato de magnesio)
 - Abrasión los Ángeles
 - Adherencia
 - Índice de durabilidad
 - Partículas chatas y alargadas
 - Caras fracturadas
 - Sales solubles totales



- Absorción
- Ensayo Marshall (estabilidad y flujo)
- Ensayo de Desgaste – Cantabro
- Ensayo de Humedad Inducida – IDT
- Ensayo de Módulo de Resiliencia



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 03: Ensayo Químico de la Diatomita

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



TRUJILLO 25 DE OCTUBRE DEL 2023

Sr(es): Keico Madeleine Mundaca Sigüeñas

ASUNTO: COTIZACION DE ANALISIS

Mediante el presente me dirijo a Ud. para saludarle y alcanzar la cotización de análisis de muestra.

- REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL.....250.00 soles

COMPOSICION QUIMICA	PRE CIO	
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	-	Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	-	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	-	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)	-	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	-	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	-	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P2O5)	-	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	-	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO 3)	-	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	-	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	-	
PÉRDIDA POR QUEMADO	-	
COSTO TOTAL	400.00	

Duración del ensayo 5 días hábiles
Cantidad de muestra 1 kg
Atentamente,



Henry Obillos
Henry Obillos
Tec. Laboratorio
USAT



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

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	KEICO MADELEINE MUNDACA SIGÜEÑAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DIATOMITA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
MUESTRA	DIATOMITA
FECHA	30 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: Diatomita (10. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
001	400 mg	

2. ENSAYOS A APLICAR:

- ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (DTA)
- ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TG)

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TÉRMICO SIMULTANEO TG, DTA, DSC CAP. MAX 1600°C
SETSYS-EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM-ISO 11357, ASTM E967,
ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN
51004, DIN 51007, DIN 53765,
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO-FLUJO: NITRÓGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25-920°C.
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

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

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

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

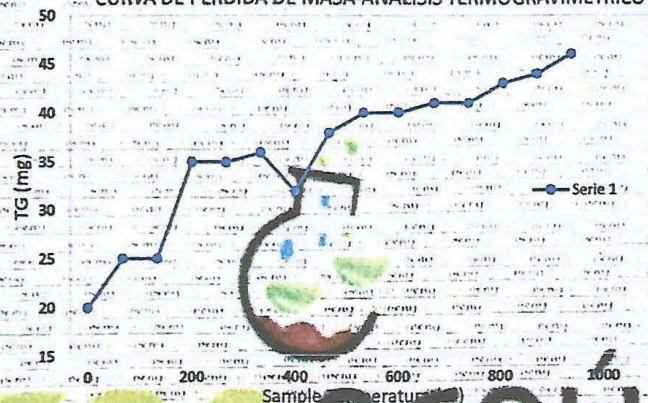
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD

CURVA DE PÉRDIDA DE MASA-ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO



4. CONCLUSIONES

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicado dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 350 y 450°C y la segunda menos intensa entre 650 y 850°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 14% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.

TRUJILLO, 30 DE OCTUBRE DE 2012



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

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	KEICO MADELINE MUNDACA SIGÜEÑAS
TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DIATOMITA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
MUESTRA	DIATOMITA
FECHA	30 DE OCTUBRE DEL 2023

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX

Fuente de rayos x: Tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACIÓN: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

PERÚ

LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS MATERIALES
USAT



2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de DIATOMITA, la cual fue tamizada previamente a malla a 200.

3. METODO

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

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBÓN

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusa@gmail.com



LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	55.24	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	12.56	
OXIDO DE TITANIO (TiO ₂)	1.11	
OXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	7.32	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	2.67	
OXIDO DE CALCIO (CaO)	0.64	
OXIDO DE COBRE (CuO)	2.91	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	0.04	
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O)	<0.64	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	1.54	
PÉRDIDA POR QUEMADO	16.4	

5. CONCLUSION

Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Dióxido de silicio (SiO₂), Óxido de Aluminio (Al₂O₃) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Óxido de Hierro (Fe₂O₃), Óxido de Potasio (K₂O), Óxido de Calcio (CaO).

TRUJILLO, 30 DE OCTUBRE DEL 2023

Henry Rivas Neyra
 Usat
 Usat
 Usat



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

CELULAR: 944 077 288 – 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com

Anexo 04: Ensayo de Resistencia al Desgaste de agregado



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 11 de Setiembre del 2023

Ensayo : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES
Referencia : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe
Muestra: 5000 g

I.- Granulometría global

Mallas Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método B
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	2500.0	50.0	2500.0
1/2"	3/8"	2500.0	50.0	2500.0
Total		5000.0	100.0	5000 ±10

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones	4210.0
- Peso final después de las 500 revoluciones	3810.0

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	23.8
- % de uniformidad	0.66

OBSERVACIONES :

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 11 de Setiembre del 2023

Ensayo : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

Referencia : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe
Muestra: 5000 g

% de desgaste por abrasión	%	23.8
% de uniformidad	%	0.7

Requerimiento : 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT




Anexo 05: Ensayo de absorción



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de Setiembre del 2023

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó MTC E 205

Cantera : La victoria - Patapo

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1019.00	1019.00
2.- Peso + Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	697.34	697.34
3.- Peso del Agua	(g)	321.66	321.66
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	695.11	695.11
5.- Peso del Frasco	(g)	197.34	197.34
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	497.77	497.77
7.- Volumen del frasco	(g)	500.00	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.791
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.804
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.826
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.45

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó MTC E 206

Cantera : Tres tomas - Ferreñafe

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2530	2530
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2554	2554
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2420	2420
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1540	1540

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.495
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.519
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.556
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.95



Henry Rivadeneira Obillitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 06: Ensayo de sales solubles totales



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 28 de Setiembre del 2023

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Referencia : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera : Tres tomas- Patapo

Muestra : Piedra

Muestra usada	g.	50	50
Agua destilada usada	ml	50	50

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	5.00
02	Número de beaker		1	2
03	Peso de beaker	g.	49.27	31.59
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	49.36	31.63
05	Peso de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.09	0.04
06	Volumen de la solución tomada	ml	100	100
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ ppm	900	400
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(7) / 10000 (%)	0.09	0.04
			PROMEDIO (ppm) =	650
			PROMEDIO (%) =	0.06

OBSERVACIONES :



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 28 de Setiembre del 2023

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Referencia : NTP 339.152 / USBR E - 8

<i>Cantera</i>	: Tres tomas- Patapo	
<i>Muestra</i>	: Piedra	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.09

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 28 de Setiembre del 2023

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Referencia : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u>	: Patapo		
<u>Muestra</u>	: Arena		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04

OBSERVACIONES :

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004/1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 07: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 31 de Octubre del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por método de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

Cantera : Cantera Patapo

Muestra : Arena gruesa

Inalterabilidad del agregado fino: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		Gradación Original (peso)	Gradación de la muestra Original (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Peso Ret. después del	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)
Pasa	Retiene						
3/8"	Nº 4	156.6	14.0	100	87.86	12.1	1.7
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	132.5	11.8	100	93.72	6.3	0.7
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	196.5	17.6	100	90.94	9.1	1.6
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	145.2	13.0	100	89.7	10.3	1.3
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	200.3	17.9	100	70.24	29.8	5.3
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	135.5	12.1	100	77.37	22.6	2.7
300 µm	150 µm						
Nº 100		152	13.6	100	86.54	13.5	1.8
150 µm							
Totales		1118.6	100.0	700	596.37		15.3

Observaciones :

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.305 gr/cm3)

(*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.

(**) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%

(2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.

(3) Fracciones pesadas después del ensayo

(4) = (2)-(3) x 100

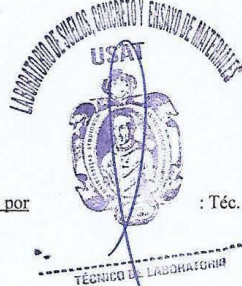
(2)

(5) = (1)*(4)

(100)

Realizado por

: Téc.



Henry Rivadeneira Obilinas
Téc. Laboratorio USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 31 de Octubre del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por método de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Cantera Patapo
Muestra : Arena gruesa

I. - DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	1.7
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.7
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	1.6
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	1.3
Nº 30 600 µm	Nº 50 300 µm	5.3
Nº 50 300 µm	Nº 100 150 µm	2.7

II. - RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	15.3
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

Henry Rivedeneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT





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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 31 de Octubre del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

Cantera : Tres Tomas

Muestra : Piedra chancada

Inalterabilidad del agregado grueso: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices	Gradacion	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
		Gradacion de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Nº de Partículas	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	Nº de Partículas	
Pasa	Retiene	Original (peso)	Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Nº de Partículas	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	Nº de Partículas
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0	0.0	0	0	0			0
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	0	0.0	0	0	0			0
1 1/2" 37.5 mm	3/4" 19 mm	0	0.0	0	0	0			18
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	783.8	52.3	670	146	538.26	19.7	10.3	120
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	505.15	33.7	300	138	253.9	15.4	5.2	115
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	209.85	14.0	0	23	0			
Totales		1498.8	100.0	970		792.16		15.5	

Observaciones

(2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.

(3) Contadas antes del ensayo.

(4) Fracciones pesadas sepues del ensayo.

(5) = $(2) - (4) \times 100$

(6) = $(1) \times (5)$

(7) = $(1) \times (5)$

(7) Se cuentan todas aquéllas no desintegradas despues del ensayo.





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



(Pág. 01 de 02)

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 31 de Octubre del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas
Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2 1/2"	2"	0.0
63 mm	50 mm	
2"	1 1/2"	0.0
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	0.0
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	10.3
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.2
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	0.0
9.5 mm	4.75 mm	

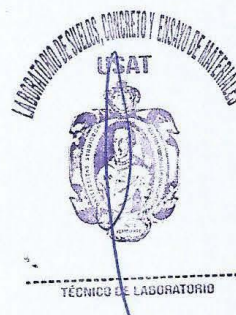
II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	15.5
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

Henry Rivadeneira Obillos
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



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



(Pág. 02 de 02)

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 31 de Octubre del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

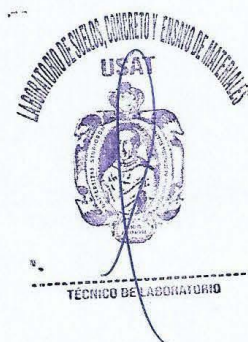
EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA

Cantera : Tres Tomas
Muestra : Piedra chancada

Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		N° total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
3/4"	1/2"	0	0	26	18	0	0	0	0	146
1/2"	3/8"	0	0	23	17	0	0	0	0	138

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Henry
Rivadeneira
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 08: Ensayo de partículas chatas y alargadas



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 09 de Octubre del 2023
Ensayo : PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO
Referencia : Norma ASTM D- 4791-99
Material: : Piedra chancada
: Tres Tomas

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO ASTM 4791

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS		ALARGADAS	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	PESO	(%)
(pulg)	(mm)							
3/4"	19.00			100.00				
1/2"	12.50	1353.1	69.08	30.92	26.19	1.34	51.73	2.64
3/8"	9.50	422.7	21.58	9.34	53.16	2.71	49.19	2.51
1/4"	6.30	182.9	9.34	-	5.2	0.27	7.69	0.39
			TOTAL		84.55	4.32	108.61	5.55

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1958.7	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	9.9	ESPECIFICACIÓN 10% Max.

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Moguena
Ovalles
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 09: Ensayo de caras fracturadas



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Noviembre del 2023
ENSAYO : Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso
NORMA : MTC E 210

CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño de agregado		A	B	C	D	E
PASA	RETIENE	peso retenido	Peso de caras fracturadas g	$c=(B/A)*100$	$(\%)(\text{pesoA/s t})*100$	$(C*D)/100$
2"	1 1/2"	500.00	261.95	52.39	71.43	37.42
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
TOTAL		700.00	399.94	121.39	100.00	57.13

CON 2 O MÁS CARAS FRACTURADAS

Tamaño de agregado		A	B	C	D	E
PASA	RETIENE	peso retenido	Peso de caras fracturadas g	$c=(B/A)*100$	$(\%)(\text{pesoA/s t})*100$	$(C*D)/100$
2"	1 1/2"	500.00	200.93	40.19	71.43	28.70
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
TOTAL		700.00	285.95	82.70	100.00	40.83

A	Peso de la muestra
B	Peso del material con caras de fractura
C	Porcentaje de caras fracturadas
D	Porcentaje retenido, Grdación original
E	Promedio de caras fracturadas

RESULTADOS: $P = \frac{F}{F+N} \times 100$

CON UNA CARA FRACTURADA 80.19
CON 2 O MÁS CARAS FRACTURADAS 74.33

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO
Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT

Anexo 10: Ensayo equivalente de arena



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



Tesista : Mundaca Sigüenas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 29 de Setiembre del 2023
Muestra : Arena
Cantera : Patapo -La Victoria

DESCRIPCION	C - 1		
	1	2	3
MUESTRA N°	N° 4	N° 4	N° 4
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	5.01	5.05	5.10
HORA DE ENTRADA	5.51	5.55	5.60
HORA DE SALIDA	5.15	5.20	5.25
HORA DE ENTRADA	5.35	5.40	5.45
HORA DE SALIDA	7.20	5.10	6.70
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	3.50	4.00	4.20
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	48.6 %	78.4 %	62.7 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	64 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114:			
Mín	:	60 % Mínimo	



Henry Rivasneury Obittas
Tec. Laboratorio USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 29 de Setiembre del 2023
Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

EXAMEN CUANTITATIVO

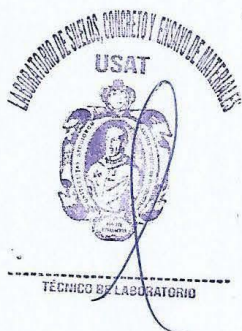
Muestra : Arena
Cantera : Patapo -La Victoria

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	7.20	5.10	6.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.50	4.00	4.20
EQUIVALENTE DE ARENA	48.61 %	78.43 %	62.69 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	64 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 :			
Minimo : 60 % Minimo			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



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

Anexo 11: Ensayo azul de metileno



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 06 de Octubre del 2023

Ensayo : VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES
Referencia : AASHTO TP 57

AZUL DE METILENO (NORMA AASHTO TP 57)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

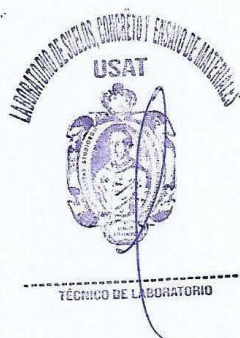
CANTERA : Patapo-La Victoria MUESTRA M-01
APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución ml	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado	Especificación EG -213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa 200	Cada 0.5 ml	10.0	5.0	2	-	8
		10.0	5.0	2		

RESULTADOS PROMEDIOS : 2

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = C_{soi} / p_{finos}$$



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 12: Ensayo de límite líquido y plástico



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



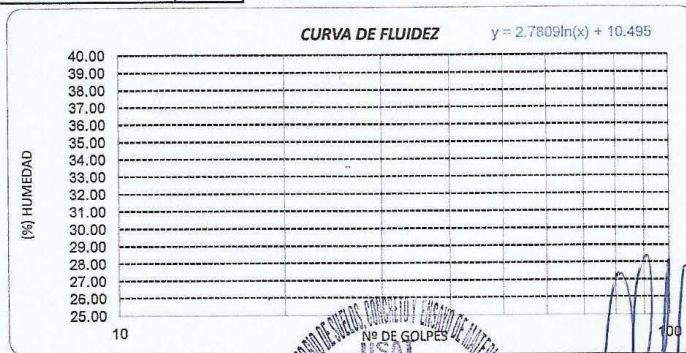
Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 06 de Setiembre del 2023

Ensayo : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
Referencia : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	K-7	K-8	K-6	K-2	
Nº de tarro					
Nº de golpes	35	24	15		
Tarro + suelo húmedo	38.88	48.1	46.69	11.92	
Tarro + suelo seco	35.09	45.04	43.78	10.73	
Agua	3.79	3.06	2.91	1.19	
Peso del tarro	17.68	26.86	28.12	4.65	
Peso del suelo seco	17.41	18.18	15.66	6.08	
Porcentaje de humedad	21.77	16.83	18.58	19.57	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	19.45
Límite Plástico	19.57
Índice de Plasticidad	-0.13

N.P.



Observaciones:



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Ruideneyro Obittas
 Tec. Laboratorio USAT





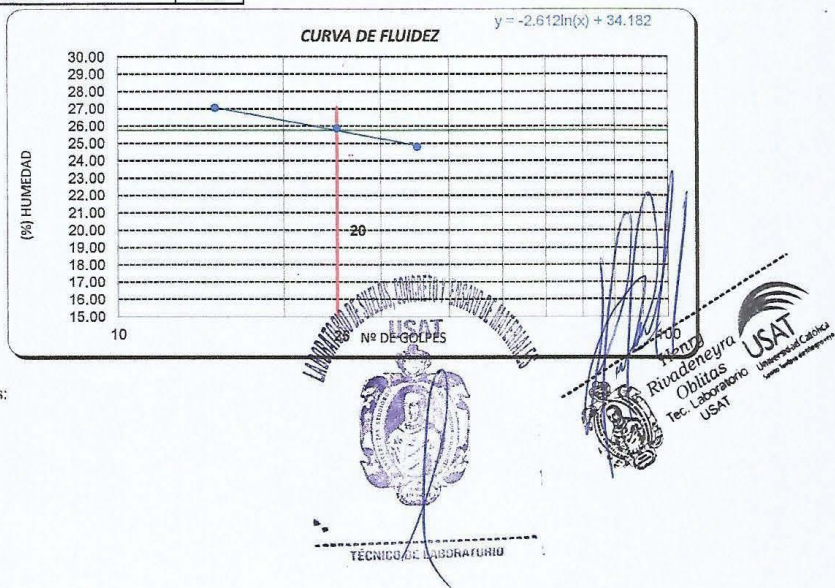
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 06 de Setiembre del 2023
Ensayo : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
Referencia : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	12	15	16	20		
Nº de tarro	12	15	16	20		
Nº de golpes	35	25	15			
Tarro + suelo húmedo	45.63	38.95	42.24	29.14		
Tarro + suelo seco	41.77	36.2	38.7	28.5		
Agua	3.86	2.75	3.54	0.64		
Peso del tarro	26.22	25.58	25.63	25.69		
Peso del suelo seco	15.55	10.62	13.07	2.81		
Porcentaje de humedad	24.82	25.89	27.08	22.78		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	25.77
Límite Plástico	22.78
Índice de Plasticidad	3.00



Anexo 13: Ensayo de análisis granulométrico



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



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Tesista : Mundaca Sigiteñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

DATOS DE DISEÑO

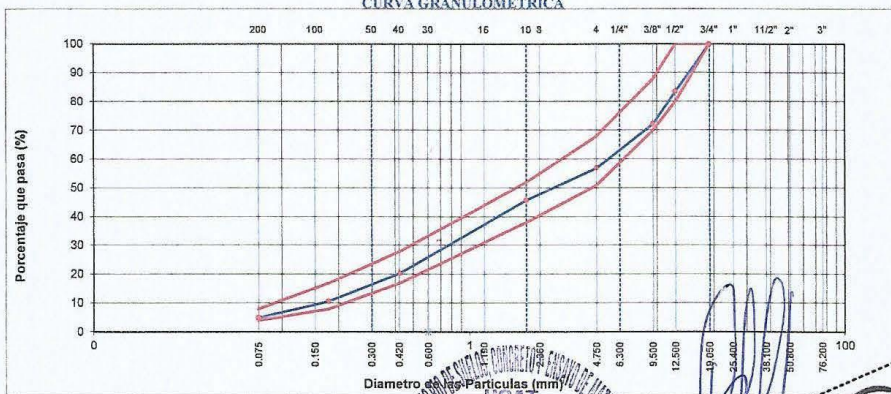
Cantera : Cantera la victoria - Patapo
 Muestra : Arena gruesa

Cantera : Cantera tres tomas - Ferreñafe
 Muestra : Piedra chancada

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	FORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	FORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	Se tomo 2280 gramos de agregado fino y 1720 de agregado grueso.
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	655.7	16.4	16.4	83.6	80	100
3/8"	9.500	451.0	11.3	27.7	72.3	70	88
Nº 4	4.750	613.4	15.3	43.0	57.0	51	68
Nº 10	2.000	450.3	11.3	54.3	45.7	38	52
Nº 40	0.425	1010.9	25.3	79.5	20.5	17	28
Nº 80	0.177	391.1	9.8	89.3	10.7	3	17
Nº 200	0.075	228.7	5.7	95.0	5.0	4	8
<Nº 200	FONDO	199.0	5.0	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 14: Diseño de mezcla asfáltica

HMA (Patrón)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filler)	1%
	100%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1134	
Peso de C.A	54	4.50%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.59
B Arena	56.50	53.96
C Filler	1	5.45

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 26	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.59	40.59	40.59
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	53.96	53.96	53.96
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.96	0.96	0.96
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.500	2.500	2.500
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.560	2.560	2.560
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.790	2.790	2.790
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.830	2.830	2.830
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.470
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.94	6.90	6.89
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1238.40	1254.20	1232.4
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1247.70	1257.40	1236.0
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 721.0	730.30	714.00
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 526.7	527.1	522
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.351	2.379	2.361
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.613	2.613	2.613
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc. 2.522	2.522	2.522
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 10.03	8.95	9.66
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc. 2.636	2.636	2.636
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc. 2.735	2.735	2.735
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc. 2.820	2.820	2.820
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 2.52	2.52	2.52
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	% 85.17	86.19	85.52
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	% 4.80	4.86	4.82
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 14.83	13.81	14.48
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	% 2.09	2.11	2.11
29	Relación betún vacíos (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	% 32.39	35.20	33.63
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1278	1198	1196
31	Factor de estabilidad	0.96	0.96	1.00
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1227	1160	1196
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 13	14	13
34	Fluencia	m.m. 3.30	3.56	3.05
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3716	3261	3634



Henry Ryadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1128	
Peso de C.A	60	5.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.38
B Arena	56.50	53.67
C Filler	1	5.95

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.38	40.38	40.38	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	53.67	53.67	53.67	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.76	6.54	6.98	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1225	1196	1267.4	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1227.8	1199.1	1271.4	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	749.5	668.3	768.1	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	478.3	530.8	503.3	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.561	2.253	2.518	2.444
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.591	2.591	2.591	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.503	2.503	2.503	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.14	13.03	2.80	5.65
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.710	2.710	2.710	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.818	2.818	2.818	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.45	1.45	1.45	
25 % del val. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	89.79	79.00	88.29	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	9.07	7.98	8.91	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	10.21	21.00	11.71	14.31
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.64	3.64	3.64	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	88.94	37.88	76.11	67.64
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1772	1807	1869	
31 Factor de estabilidad		1.14	0.95	1.04	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	2020	1821	1944	1928
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	14	14	14
34 Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.56	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5883	5123	5466	5423

USAT

 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

 Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos

 Henry Rivadeneira Obillos

 Tec. Laboratorio USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5
Peso de C.A	82.5 5.5%
Peso del Cemento	15
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.16
B Arena	56.50	53.39
C Filler	1	6.44

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.16	40.16	40.16	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	53.39	53.39	53.39	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% masa #200)	%	0.95	0.95	0.95	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.57	6.99	6.84	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1182.5	1242.2	1235.2	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1185.5	1245.7	1239.6	
15	Peso de la briqueeta en el agua 25 °C	gr.	709.0	726.9	721.1	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	476.5	518.8	518.5	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.482	2.394	2.382	2.419
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.542	2.542	2.542	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/2) + (9+10))$	gr/cc.	2.484	2.484	2.484	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.39	5.82	6.30	4.84
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.710	2.710	2.710	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.783	2.783	2.783	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.99	0.99	0.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4) * 17/21$	%	86.55	83.50	83.08	
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueeta $100 - (25+20)$	%	11.06	10.67	10.62	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	13.45	16.50	16.92	15.62
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.57	4.57	4.57	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	82.24	64.71	62.77	69.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1116	1125	1105	
31	Factor de estabilidad		1.14	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1272	1125	1105	1167
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	13	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.05	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3578	3641	3346	3538



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



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395
Peso de C.A	90 6.0%
Peso del Cemento	15
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.95
B Arena	56.50	53.11
C Filler	1	6.94

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.95	39.95	39.95	
4	% de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	%	53.11	53.11	53.11	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.87	6.88	7.26	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1247	1269.7	1323.9	
14	Peso de la briqueeta saturado superficialmente seca	gr.	1251.2	1272	1326.6	
15	Peso de la briqueeta en el agua 25 °C	gr.	737.4	759.6	784.5	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	513.8	512.4	542.1	
17	Peso unitaria de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.427	2.478	2.442	2.449
18	Peso específico tétrico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.564	2.564	2.564	
19	Máxima densidad tétrica de las agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc.	2.466	2.466	2.466	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.35	3.36	4.76	4.49
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100-2/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.710	2.710	2.710	
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-21/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.837	2.837	2.837	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.69	1.69	1.69	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta (3+4)*17/21	%	84.20	85.96	84.72	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta 100-(25+20)	%	10.46	10.68	10.52	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.80	14.04	15.28	15.04
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	4.42	4.42	4.42	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	66.17	76.06	68.88	70.37
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1080	1002	1123	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1080	1002	1044	1042
33	Lectura del flexímetro (1011/1012/1013/1014/1015/1016/1017/1018/1019/1020/1021/1022/1023/1024)	pul.	12	13	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.30	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3543	3035	3163	3247

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Herry Rivadeneira Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT

 USAT Universidad Católica del Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041

Tesista : Mundaca Sigüenías Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024

Referencia : ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2635	2684	2679	2720
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2061	2105	2089	2135
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3561.0	3605.0	3589.0	3635.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	574	579	590	585
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.613	2.591	2.542	2.564



Henty Rivadeneira Oblitas
Henty Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

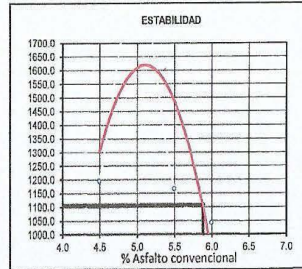
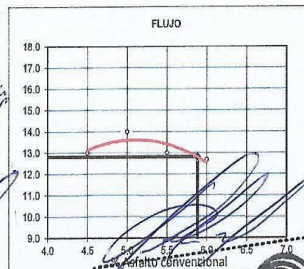
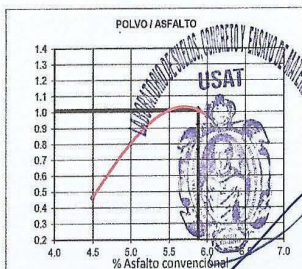
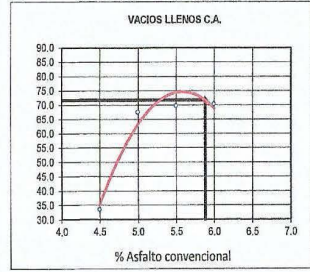
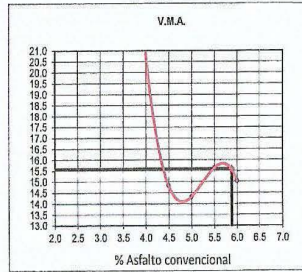
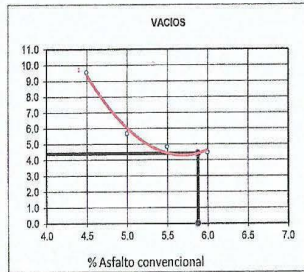
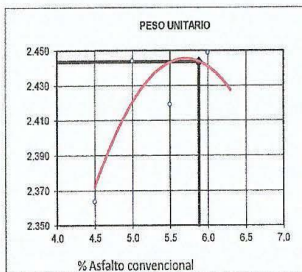


DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE

Tesista : Mundaca Signeñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 01 de Abril del 2024

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOUPES	75.0	75
% C.A.	5.88	
P. UNITARIO	2.4	
VACIOS	4.42	3 - 5
V.M.A.	15.6	12.0
V. L.L.C.A.	71.8	65-75
POLVO / ASFALTO	1.0	0.6 - 1.3
FLUJO	12.80	8 - 14
ESTABILIDAD	1107.4	8.16 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3459.9	1700 - 4000

TECNICO DE LABORATORIO
 Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

HMA (Diatomita 2%)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

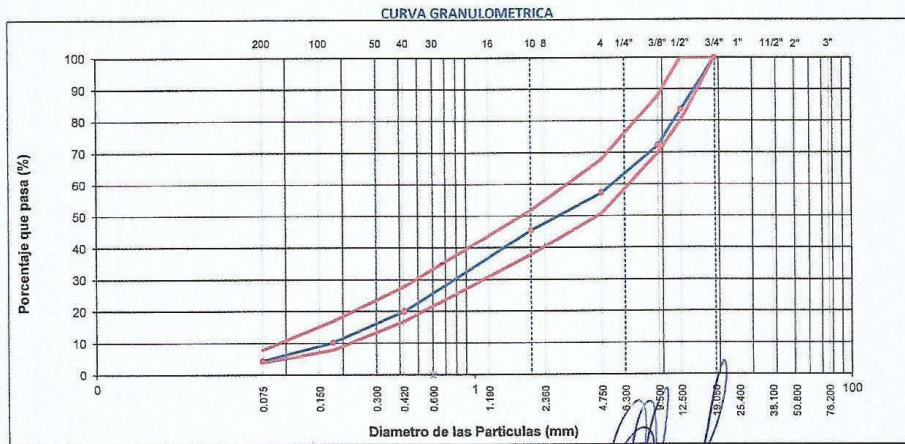
Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	0%
Diatomita	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)							
3"	76.200				100.0	MAC - 2	100	
3/4"	19.000	0.00						
1/2"	12.500	655.70	16.4	16.4	83.6	80	100	
3/8"	9.500	451.00	11.3	27.7	72.3	70	88	
Nº 4	4.750	593.40	14.8	42.50	57.5	51	68	
Nº 10	2.000	470.30	11.9	54.4	45.6	38	52	Observación:
Nº 40	0.425	1010.90	25.5	79.9	20.1	17	28	
Nº 80	0.177	391.10	9.9	89.7	10.3	8	17	
Nº 200	0.075	228.70	5.8	95.5	4.5	4	8	
< Nº 200	FONDO	179.00	4.5	100.0				



Henry Riuadeneira Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024
 Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C156 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filler)	1%
Diatomita	2.00%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1134	
Peso de C.A	54	4.50%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.74
B Arena	56.50	52.83
C Filler	1	5.44
D Diatomita	2	2.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla	
Especificaciones IVB	

	100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.		
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.74	39.74	39.74	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	52.83	52.83	52.83	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
	% de Diatomita	%	2.00	2.00	2.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de la Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.69	6.67	7.34	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1213.40	1212.30	1316.6	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1216.00	1215.50	1320.3	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	671.8	726.10	774.10	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	544.2	489.4	546.2	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.230	2.477	2.410	2.372
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.595	2.595	2.595	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.509	2.509	2.509	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	14.08	4.55	7.12	8.58
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.793	2.793	2.793	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^*P - 10))$	gr/cc.	2.798	2.798	2.798	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.45	2.45	2.45	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)^*17/21$	%	81.20	90.21	87.78	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	4.72	5.24	5.10	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.80	9.79	12.22	13.60
28	Asfalto efectivo y peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%	2.19	2.19	2.19	
29	Relación de vacíos $(28/27)^*100$...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	25.09	53.53	41.74	40.12
30	Estabilidad en corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1205	1284	1190	
	Factor de estabilidad		0.93	1.09	0.93	
	Estabilidad corregida 31752	kg	1121	1400	1107	1209
	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	14	13	14
34	Flexión	m.m.	3.56	3.56	3.30	
35	Relación Estabilidad / Flexión	m.m.	3151	3936	3352	3480

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitus
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASTHO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	2.00%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1128	
Peso de C.A	60	5.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.53
B Arena	56.50	52.54
C Filler	1	5.93
D Diatomita	2	2.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

	100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.53	39.53	39.53	
4 % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	%	52.54	52.54	52.54	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 55% pasa malla #200)	%	0.93	0.93	0.93	
% de Diatomita	%	2.00	2.00	2.00	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
Peso específico de la Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.97	6.80	6.95	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1295.70	1260.30	1278.3	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1298.60	1264.40	1282.0	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	793.7	706.40	721.00	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	504.9	558	561	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.566	2.259	2.279	2.368
18 Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.564	2.564	2.564	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.490	2.490	2.490	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC F 505)	%	-0.08	11.91	11.13	7.65
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.794	2.794	2.794	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.785	2.785	2.785	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2+21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.28	2.28	2.28	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	92.97	81.83	82.55	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	7.11	6.26	6.32	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	7.03	18.17	17.45	14.22
28 Asfalto en el agregado $(2-24/100) * (3+4)$	%	2.86	2.86	2.86	
29 Relación de los vacíos $(26/27) * 100$...% PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	101.19	34.44	36.19	57.28
30 Estabilidad por Cair (tabla de vibración del anillo)	kg	1331	1302	1286	
31 Factor de estabilidad		1.04	0.89	0.86	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	1384	1159	1106	1216
33 Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	14	14	14
34 Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.56	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3893	3259	3110	3420

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filler)	1%
Diatomita	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.31
B Arena	56.50	52.26
C Filler	1	6.43
F Diatomita	2	2.00

% Que Pasa el Tamiz						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40

Mezcla
Especificaciones IVB

	100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.31	39.31	39.31	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	52.26	52.26	52.26	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% paso malla #200)	%	0.93	0.93	0.93	
	% de Diatomita	%	2.00	2.00	2.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.62	6.79	6.82	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1212.60	1233.90	1259.3	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1213.70	1236.70	1261.2	
15	Peso de la briqueeta en el agua 25 °C	gr.	701.5	718.90	737.10	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	512.2	517.8	524.1	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.367	2.383	2.403	2.384
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.508	2.508	2.508	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))	gr/cc.	2.471	2.471	2.471	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.62	5.00	4.21	4.94
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.794	2.794	2.794	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.68	1.68	1.68	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta (3+4)*17/21	%	85.32	85.88	86.59	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta 100-(25+20)	%	9.06	9.12	9.20	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	14.68	14.12	13.41	14.07
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	3.93	3.93	3.93	
29	Relación betún-asfalto (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	61.73	64.60	68.61	64.98
30	Estabilidad en caliente (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	kg	1218	1202	1216	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1218	1202	1167	1196
33	Resistencia del flexión (0.01)* (35 / 0.254)	pul.	14	13	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.30	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3425	3640	3283	3449

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Testista : Mundaca Sigüenas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASTHO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	56%
Cemento (Filler)	1%
Diatomita	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.10
B Arena	56.50	51.98
C Filler	1	6.92
D Diatomita	2	2.00

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.10	39.10	39.10	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.98	51.98	51.98	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.92	0.94	0.94	
% de Diatomita	%	2.00	2.00	2.00	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
12 Peso específico de la Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
13 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.81	6.70	6.64	
14 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1251.80	1239.10	1231.4	
15 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1253.40	1240.40	1232.7	
16 Peso de la briqueta en el agua	gr.	735.9	723.60	711.60	
17 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	517.5	516.8	521.1	
18 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.419	2.398	2.363	2.393
19 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
20 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/2) + (9+10))$	gr/cc.	2.453	2.453	2.453	
21 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.40	4.25	5.63	4.43
22 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	
23 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/3) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.794	2.794	2.794	
24 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.759	2.759	2.759	
25 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.94	1.94	1.94	
26 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	86.72	85.97	84.73	
27 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	9.88	9.77	9.63	
28 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	13.28	14.03	15.27	14.19
29 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.20	4.20	4.20	
30 Relación de vacíos $(26/27) * 100 \dots$ % PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	74.38	69.67	63.10	69.05
31 Estabilidad sin corrección (Tabla de calibración del anillo)	kg	1093	1105	1119	
32 Factor de estabilidad	kg	1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1093	1105	1119	1106
34 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	14	15	14
35 Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.81	
36 Relación Estabilidad y Fluencia	m.m.	3310	3107	2937	3118

[Firma]
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS




GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Referencia : ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2616	2662	2707	2705	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2038	2077	2109	2106	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3538.0	3577.0	3609.0	3606.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	578	585	598	599	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.595	2.564	2.508	2.504	



Henry Rivadeneira Obitas
 Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

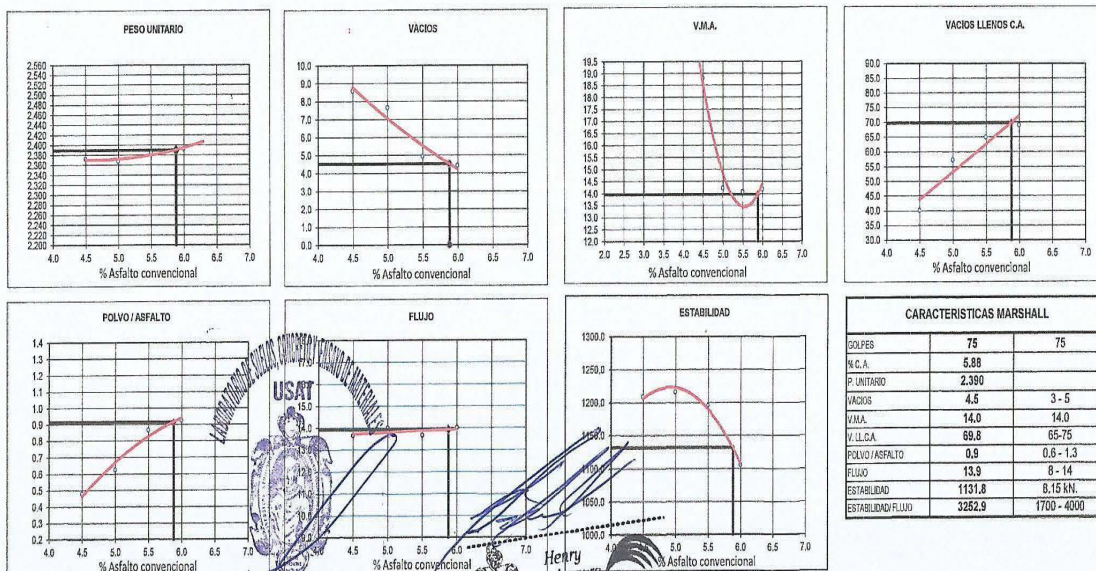


DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE

Tesista : Manduca Sigüetas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 01 de Abril del 2024

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% C.A.	6.88	
P UNITARIO	2.390	
VACIOS	4.5	3 - 5
V.M.A.	14.0	14.0
V.LL.C.A.	69.8	65-75
POLVO / ASFALTO	0.9	0.8 - 1.3
FLUJO	13.9	8 - 14
ESTABILIDAD	1131.8	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3252.9	1700 - 4000

USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

HMA (Diatomita 5%)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Tesista : Mundaca Sigüenas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

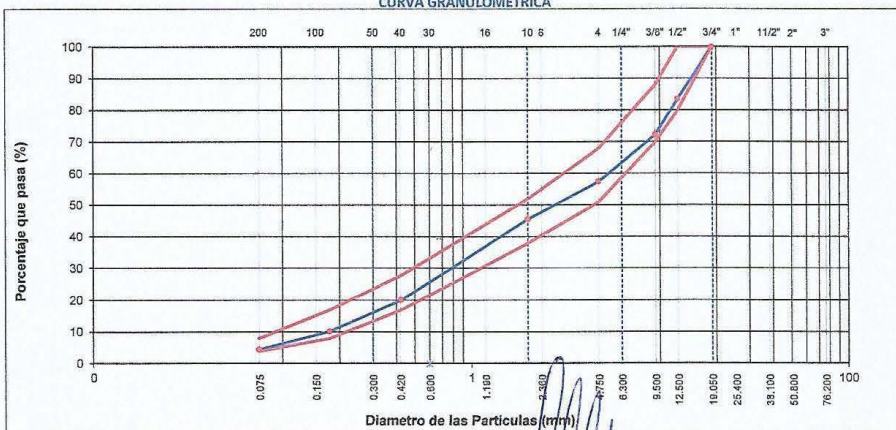
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	0%
Diatomita	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0	MAC - 2	
3/4"	19.000	0.00			100		
1/2"	12.500	655.70	16.4	16.4	83.6	80 100	
3/8"	9.500	451.00	11.3	27.7	72.3	70 88	
Nº 4	4.750	593.40	14.8	42.50	57.5	51 66	
Nº 10	2.000	470.30	11.9	54.4	45.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1010.90	25.5	79.9	20.1	17 28	
Nº 80	0.177	391.10	9.9	89.7	10.3	8 17	
Nº 200	0.075	228.70	5.8	95.5	4.5	4 8	
< Nº 200	FONDO	179.00	4.5	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
USAT
 Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
USAT
 Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

Tecista : Mundaca Sigüñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1134
Peso de C.A	54 4.50%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.59
B Arena	51.50	49.18
C Filler	1	5.45
D Diatomita	5	4.78

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-26	8-17	4-8

Mezcla	Especificaciones IVB
--------	----------------------

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.59	40.59	40.59	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	49.18	49.18	49.18	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.96	0.96	0.96	
	% de Diatomita	%	4.78	4.78	4.78	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	7.04	6.98	7.28	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1273.90	1261.00	1291.4	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1276.40	1264.30	1295.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	778.7	705.60	692.90	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	497.7	558.7	602.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.560	2.257	2.145	2.320
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.632	2.632	2.632	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc.	2.486	2.486	2.486	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.74	14.23	18.50	11.82
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100-2/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-21/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.874	2.874	2.874	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.842	2.842	2.842	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	3.41	3.41	3.41	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	%	94.16	83.03	78.90	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	%	3.11	2.74	2.60	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	5.84	16.97	21.10	14.64
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	1.27	1.27	1.27	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	53.16	16.14	12.33	27.21
30	Lectura del oro.	pul.	123	135	130	
30	Estabilidad sin corrosión (liberación del anillo)	kg	1348	1348	1386	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.89	0.78	
32	Estabilidad corregida	kg	1402	1200	1081	1228
33	Lectura de flexión (0.01") (35/66.4)	pul.	14	12	11	12
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.05	2.79	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3942	3936	3869	3916

TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
USAT
Téc. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1128	
Peso de C.A	60	5.0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.38
B Arena	51.50	48.92
C Filer	1	5.95
D Diatomita	5	4.75

% Que Pasa el Tamiz						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.38	40.38	40.38	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.92	48.92	48.92	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	
% de Diatomita	%	4.75	4.75	4.75	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12 Altura promedio de la briquea	cm.	6.63	6.23	6.36	
13 Peso de la briquea en el aire	gr.	1197.50	1126.70	1169.0	
14 Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1200.40	1130.60	1171.9	
15 Peso de la briquea en el agua 25 °C	gr.	675.7	657.80	678.60	
16 Volumen de la briquea 14-15	c.c.	524.7	472.8	493.3	
17 Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.282	2.383	2.370	2.345
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20 % de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	10.84	6.90	7.42	8.39
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.874	2.874	2.874	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.779	2.779	2.779	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.60	2.60	2.60	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4)*17/21$	%	83.52	87.21	86.72	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100-(25+20)$	%	5.64	5.89	5.86	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	16.48	12.79	13.28	14.19
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	2.55	2.55	2.55	
29 Relación betón vacíos $(26/27)*100...%$ PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	34.24	46.05	44.12	41.47
30 Lectura del ara.	pul.	123	135	130	
30 Estabilidad sin corrección de calibración del anillo	kg	1301	1106	1291	
31 Factor de estabilidad		0.96	1.14	1.09	
32 Estabilidad corregida $32*32$	kg	1249	1261	1407	1306
33 Lectura del flexómetro $1 (0.01")$ (354/2254)	pul.	13	14	14	14
34 Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.56	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	gr.0.1	3782	3546	3957	3762

TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.16
B Arena	51.50	48.67
C Filler	1	6.45
F Diatomita	5	4.73

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.16	40.16	40.16	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.67	48.67	48.67	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	
	% de Diatomita	%	4.73	4.73	4.73	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.82	6.69	6.58	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1251.10	1209.10	1185.8	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1253.00	1211.40	1189.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	735.8	690.70	666.90	
16	Volúmen de la briqueeta 14-15	c.c.	517.2	520.7	522.1	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.419	2.322	2.271	2.337
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.451	2.451	2.451	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.31	5.26	7.33	4.63
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.874	2.874	2.874	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.668	2.668	2.668	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.06	1.06	1.06	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta (3+4)*17/21	%	88.05	84.53	82.68	
26	% del volúmen de asfalto efectivo / volúmen de briqueeta 100-(25+20)	%	10.64	10.21	9.99	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	11.95	15.47	17.32	14.91
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	4.51	4.51	4.51	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	89.07	66.01	57.66	70.91
30	Lectura del anillo	pul.	123	135	130	
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1396	1414	1576	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.86	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1298	1315	1355	1323
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/ 0.254)	pul.	13	13	14	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	ml.m.	3932	3982	3811	3909

TÉCNICO DE LABORATORIO

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



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

Tesista : Mundaca Sigüenias Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Febrero del 2024

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.95
B Arena	49.50	46.53
C Filler	1	6.94
D Diatomita	7	6.58

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.95	39.95	39.95	
4 % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	%	46.53	46.53	46.53	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
% de Diatomita					
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	7.15	6.70	6.78	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1307.20	1239.10	1253.5	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1308.40	1240.50	1255.2	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	737.9	709.10	711.40	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	570.5	531.4	543.8	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.291	2.332	2.305	2.309
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.366	2.366	2.366	
19 Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))	gr/cc.	2.419	2.419	2.419	
20 % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.15	1.44	2.57	2.39
21 Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	
22 Peso específico Aparente del agregado total 100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.933	2.933	2.933	
23 Peso específico efectivo del agregado total (3+4) /((3/P- 8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.582	2.582	2.582	
24 Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.03	0.03	0.03	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	%	83.47	84.95	83.97	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	%	13.37	13.61	13.45	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	16.53	15.05	16.03	15.87
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.97	5.97	5.97	
29 Relación betón vacíos (26/27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE C.A	%	80.92	90.41	83.95	85.09
30 Estabilidad en caliente (Tabla de calibración del anillo)	kg	1641	1361	1380	
31 Factor de estabilidad		0.81	1.00	0.89	
32 Estabilidad cargada 31*32	kg	1329	1361	1228	1306
33 Lectura del flexómetro (0.01" / 0.254)	pul.	14	14	13	14
34 Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.30	
35 Relación Estabilidad/Fluencia	m.m.	3738	3827	3720	3762

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tcc. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Referencia : ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2730	2651	2700	2786
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2160	2065	2088	2152
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3660.0	3565.0	3588.0	3652.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	570	586	612	634
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.632	2.560	2.451	2.366



Henry Rivadeneira Obiñas

Henry Rivadeneira Obiñas
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

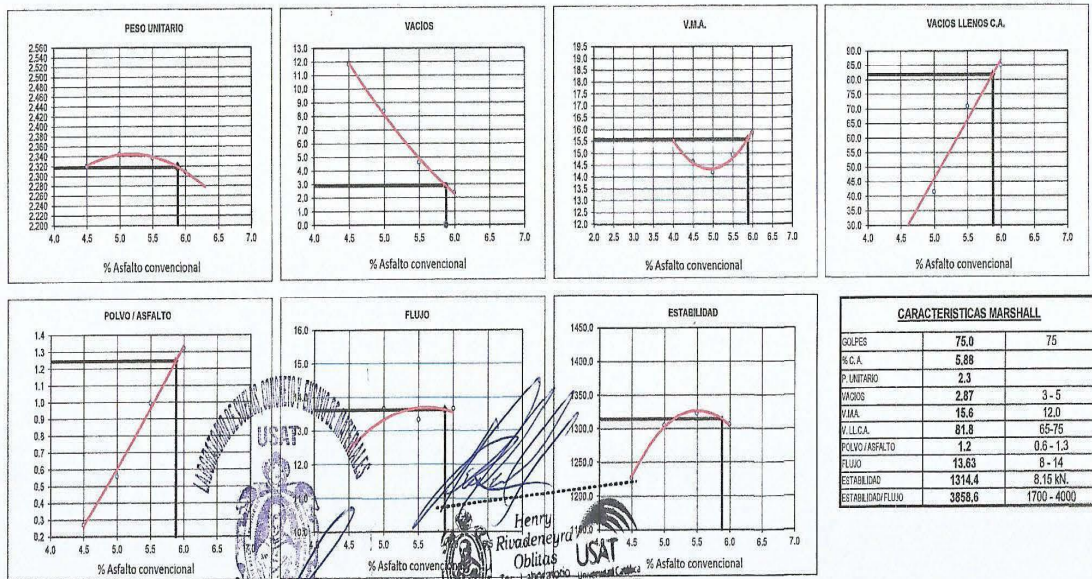


DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE

Tesista : Mundaica Sigüeñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de dinamita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 01 de Abril del 2024

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TEJERO DE LABORATORIO

HMA (Diatomita 7%)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023
Ensayo : ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

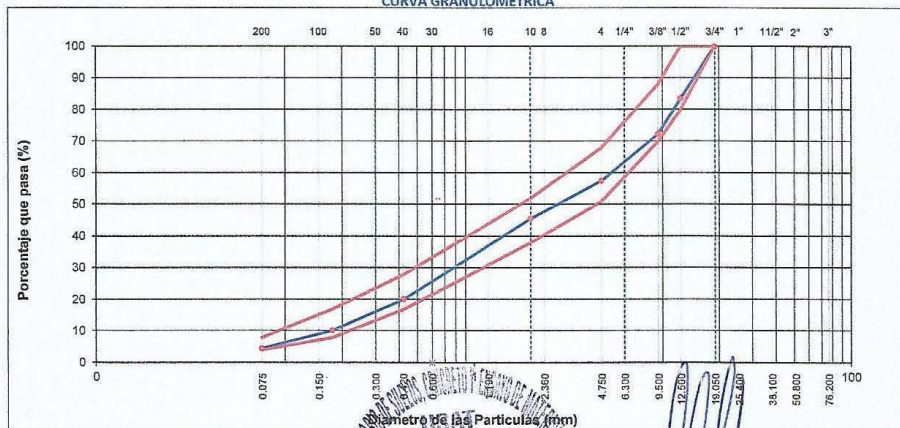
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	0%
Diatomita	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0	MAC - 2	
3/4"	19.000	0.00			100.0	100	
1/2"	12.500	655.70	16.4	16.4	83.6	80 100	
3/8"	9.500	451.00	11.3	27.7	72.3	70 88	
Nº 4	4.750	593.40	14.8	42.50	57.5	51 68	
Nº 10	2.000	470.30	11.9	54.4	45.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1010.90	25.5	79.9	20.1	17 28	
Nº 80	0.177	391.10	9.9	89.7	10.3	8 17	
Nº 200	0.075	228.70	5.8	95.5	4.5	4 8	
< Nº 200	FONDO	179.00	4.5	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



TÉCNICO DE LABORATORIO

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



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023
 Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1134
Peso de C.A	54 4.50%
Peso del Cemento	12
Peso Total de la	1200

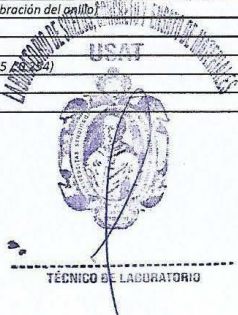
Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.59
B Arena	49.50	47.27
C Filler	1	5.45
D Diatomita	7	6.69

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80

Mezcla
Especificaciones IVB

	100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.59	40.59	40.59
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	47.27	47.27	47.27
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.96	0.96	0.96
	% de Diatomita	6.69	6.69	6.69
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.500	2.500	2.500
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.560	2.560	2.560
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.790	2.790	2.790
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.830	2.830	2.830
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
	Peso específico de Diatomita	gr/cc. 2.10	2.10	2.10
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.50	6.30	6.24
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1142.50	1112.40	1098.2
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1145.20	1117.60	1100.7
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 675.3	649.50	645.00
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 469.9	468.1	455.7
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.431	2.376	2.410
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.586	2.586	2.586
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc. 2.472	2.472	2.472
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 5.99	8.11	6.82
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.580	2.580	2.580
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.933	2.933	2.933
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.787	2.787	2.787
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 2.94	2.94	2.94
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	% 89.99	87.96	89.20
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	% 4.02	3.93	3.99
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 10.01	12.04	10.80
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	% 1.72	1.72	1.72
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100 \dots$ %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	% 40.20	32.65	36.91
30	Lectura del aro.	pul. 123	135	130
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1310	1287	1265
31	Factor de estabilidad	1.14	1.04	1.00
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 1493	1338	1265
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 AASHTO)	pul. 15	14	13
34	Fluencia	m/m. 3.81	3.56	3.30
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m/m. 3920	3764	3831



Henry Rivadeneira Obillas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023
Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1128	
Peso de C.A	60	5,0%
Peso del Cemento	12	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1200	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.38
B Arena	49.50	47.02
C Filler	1	5.95
D Diamita	7	6.65

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB

	100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

Nº	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.38	40.38	40.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.02	47.02	47.02	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	
	% de Diatomita	%	6.65	6.65	6.65	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (-#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (-#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena(-#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena(-#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.72	6.94	6.77	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1233.10	1240.90	1238.2	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1235.60	1243.60	1241.2	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	723.8	736.40	734.50	
		25 °C				
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	511.8	507.2	506.7	
17	Peso unitario de la briqueta 13-16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr cc.	2.409	2.447	2.444	2.433
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr cc.	2.564	2.564	2.564	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100 ((2.6) + (3*2 (7+8) + (4*2 (9+10)))	gr cc.	2.454	2.454	2.454	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.04	4.58	4.70	5.11
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2) ((3.7) + (4.9) + (5.11))	gr cc.	2.580	2.580	2.580	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21) ((3.8) + (4.10) + (5.11))	gr cc.	2.933	2.933	2.933	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) ((3.8) + (4.10))	gr cc.	2.785	2.785	2.785	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21) (23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.91	2.91	2.91	
25	% del vol. del Agregado Volumen Bruto de la briqueta (3-4)*17/21	%	88.71	90.08	89.97	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20)	%	5.26	5.34	5.33	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	11.29	9.92	10.03	10.42
28	Asfalto efectivo peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	2.26	2.26	2.26	
29	Relación betún vacíos (26.27)*100...%PORCENTAJE DE VACÍOS DEENOS DE CA	%	46.55	53.80	53.17	51.17
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1300	1325	1355	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.04	1.04	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1200	1378	1409	1362
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35-36-34)	pul.	16	15	15	15
34	Fluencia	m.m.s	4.86	3.81	3.81	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.s	3193	3617	3699	3505

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivedeneyra Oblitas
 Tec. LABORATORIO USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

Tesista : Mundaca Sigüñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	40.16
B Arena	49.50	46.78
C Filler	1	6.45
F Diatomita	7	6.62

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Nº	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	"	1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.16	40.16	40.16	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.78	46.78	46.78	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	
	% de Diatomita	%	6.62	6.62	6.62	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.60	6.58	6.57	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1211.00	1201.30	1188.7	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1213.40	1201.00	1190.5	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	688.8	681.90	678.20	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	524.6	519.1	512.3	
17	Peso unitario de la briqueta 13-16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.308	2.314	2.320	2.314
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.362	2.362	2.362	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100 ((2 G) + (3*2 (7+8)) + (4*2 (9-10)))	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	
20	% de vacíos con aire 100*((1-17)18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.28	2.03	1.77	2.03
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2) ((3*7) + (4*9) + (5*11))	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21) ((3*8) + (4*10) + (5*11))	gr/cc.	2.933	2.933	2.933	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) ((3*P-8) + (4*P-10))	gr/cc.	2.557	2.557	2.557	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6((23-21) (23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511))	%	-0.36	-0.36	-0.36	
25	% del vol. del Agregado Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21	%	84.54	84.76	84.98	
26	% del volumen de asfalto efectivo volumen de briqueta 100-(25+20)	%	13.18	13.21	13.25	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.46	15.24	15.02	15.24
28	Asfalto efectivo peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.84	5.84	5.84	
29	Relación betún vacíos (26.27)*100...%PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	85.27	86.67	88.20	86.71
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1295	1275	1345	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1245	1275	1345	1288
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 0.254)	pul.	15	15	15	16
34	Fluencia	m.m.	406	406	381	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	1059	1037	3530	3242

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Referencia : NORMA MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

Grava Chancada	43%
Arena Chancada	57%
Cemento (Filer)	1%
Diatomita	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60 70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.50	39.95
B Arena	49.50	46.53
C Filler	1	6.94
D Diatomita	7	6.58

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200

Mezcla
Especificaciones IVB

100	83.6	72.3	57.5	45.6	20.1	10.3	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Número de briquea					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.95	39.95	39.95	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.53	46.53	46.53	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
	% de Diatomita	%	6.58	6.58	6.58	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (~#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr cc.	2.500	2.500	2.500	
8	Peso específico Aparente de la grava (~#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr cc.	2.560	2.560	2.560	2.530
9	Peso específico Bulk de la arena (~#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr cc.	2.790	2.790	2.790	
10	Peso específico Aparente de la arena (~#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr cc.	2.830	2.830	2.830	2.810
11	Peso específico aparente del filler	gr cc.	1.47	1.47	1.47	1.470
	Peso específico de Diatomita	gr cc.	2.10	2.10	2.10	2.100
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.83	6.84	6.68	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1251.80	1254.40	1225.9	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1254.00	1255.50	1227.8	
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	715.3	716.30	691.30	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	538.7	539.2	536.5	
17	Peso unitario de la briquea 13-16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr cc.	2.324	2.326	2.285	2.312
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr cc.	2.336	2.336	2.336	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100 ((2.6) + (3*2 (7+8)) + (4*2 (9-10)))	gr cc.	2.419	2.419	2.419	
20	% de vacíos con aire 100*((1-17)/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.54	0.43	2.20	1.06
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21) ((3.7) + (4.9) + (5.11))	gr cc.	2.580	2.580	2.580	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21) ((3.8) + (4.10) + (5.11))	gr cc.	2.933	2.933	2.933	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) ((3.P-8) - (4*P-10))	gr cc.	2.545	2.545	2.545	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21) (23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-0.55	-0.55	-0.55	
25	% del vol. del Agregado Volumen Bruto de la briquea (3+4)*17/21	%	84.65	84.75	83.24	
26	% del volumen de asfalto efectivo volumen de briquea 100-(25+20)	%	14.80	14.82	14.55	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.35	15.25	16.76	15.78
28	Asfalto efectivo peso de la mezcla 2 - (24.100)*(3+4)	%	6.51	6.51	6.51	
29	Relación betón vacíos (26.27)*100. %PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE CA	%	96.46	97.18	96.86	93.50
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del amillo)	kg	1276	1218	1200	
31	Factor de estabilidad	kg	0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1186	1125	1116	1142
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 0.254)	mil	18	18	17	17
34	Fluencia	m.m.	4.53	4.57	4.32	
35	Relación Estabilidad Fluencia	m.m.	746	2461	2585	2597

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TÉCNICO DEL LABORATORIO

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



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

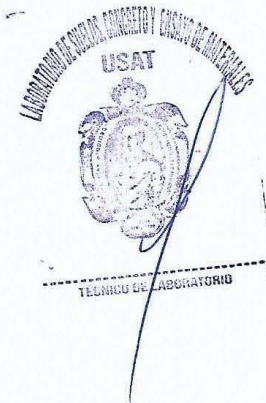


GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024

Referencia : ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2722	2582	2720	2703
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2142	1997	2085	2061
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3642.0	3497.0	3585.0	3561.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	580	585	635	642
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.586	2.564	2.362	2.336



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

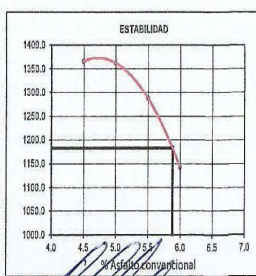
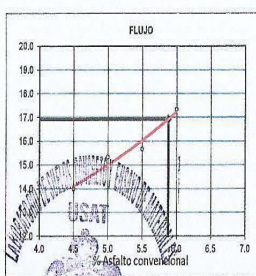
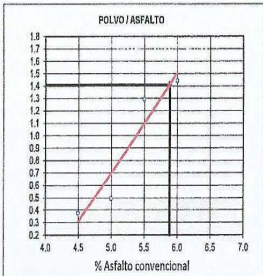
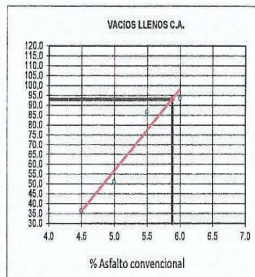
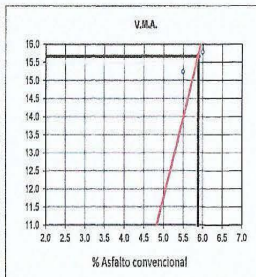
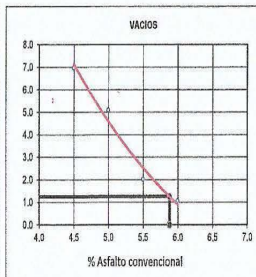
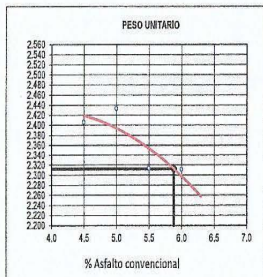


DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE

Tesista : Mundaca Sigüeiás Keico Madeleine
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Influencia de la adición de dinamita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Dep. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 01 de Abril del 2024

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación : ---
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLFES	75.0	75
% C.A.	5.88	
P. UNITARIO	2.3	
VACIOS	1.24	3 - 5
V.M.A.	16.7	12.0
V.L.L.C.A.	93.0	65-75
POLVO/ASFALTO	1.4	0.6 - 1.3
FLUJO	16.91	8 - 14
ESTABILIDAD	1183.4	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	2798.7	1700 - 4000

[Firma]
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 15: Ensayo de módulo de resiliencia



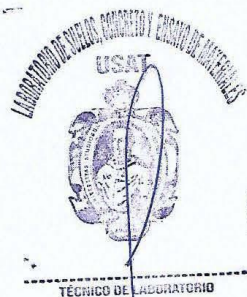
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 26/08/2024
Ensayo : Módulo resiliente por tracción indirecta
Norma : ASTM D4123
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
: La Victoria-Pátapo (AF)

ASTM D4123-82- INDIRECT TENSILE MODULUS TEST MEZCLA ASFÁLTICA: MAC-2 -BRIQUETA PATRON

FRECUENCIA DE ENSAYO		10 HZ		
TEMPERATURA DE ENSAYO		5 °C	25 °C	40 °C
Especimen		1	1	1
Deformación horizontal I	ΔHI	2.31	2.89	3.24
Deformación vertical I	ΔVI	2.11	3.15	3.16
Deformación horizontal T	ΔHT	3.81	4.75	5.11
Deformación vertical T	ΔVT	4.52	5.12	5.46
Carga (N)	P	4051.53	3698.37	2207.25
Coefficiente Poisson I	V_{RI}	3.66	3.02	3.41
Coefficiente Poisson T	V_{RT}	2.76	3.06	3.09
Espesor de a probeta	t	63820	67820	68820
Módulo de resiliencia (MPa) I	E_{RI}	7420.27	5094.76	2672.77
Módulo de resiliencia (MPa) T	E_{RT}	4498.89	3099.76	1694.67



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 26/08/2024
Ensayo : Módulo resiliente por tracción indirecta
Norma : ASTM D4123
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

ASTM D4123-82- INDIRECT TENSILE MODULUS TEST
MEZCLA ASFÁLTICA: MAC-2 -BRIQUETA ADICIONADAS

FRECUENCIA DE ENSAYO		10 HZ		
TEMPERATURA DE ENSAYO		5 °C	25 °C	40 °C
ESPECIMEN		1	1	1
Deformación horizontal I	ΔHI	2.34	2.91	3.55
Deformación vertical I	ΔVI	2.14	3.65	3.25
Deformación horizontal T	ΔHT	3.88	4.89	5.31
Deformación vertical T	ΔVT	4.51	5.14	5.47
Carga (N)	P	3953.43	3600.27	1971.81
Coefficiente Poisson I	V_{RI}	3.66	2.59	3.65
Coefficiente Poisson T	V_{RT}	2.82	3.15	3.21
Espesor de a probeta	t	67030	64030	61030
Módulo de resiliencia (MPa) I	E_{RI}	6805.48	5217.07	2457.33
Módulo de resiliencia (MPa) T	E_{RT}	4104.32	3104.64	1642.84



TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 16: Ensayo de Lottman



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



Tesista : Mundaca Sigisíñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 10/05/2024
Ensayo : Lottman modificado
Norma : MTC E 522
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
: La Victoria-Pátapo (AF)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-155			GRUPO SATURADO				GRUPO SECO					
ENSAYO		Nº	1	2	3	4	5	6	7	8		
DIAMETRO	D	cm	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1		
ESPESOR (ALTURA)	t	cm	6.34	6.55	6.42	6.12	6.316	6.492	6.415	6.481		
PESO DE PROBETA AAL AIRE	A	Gr.	1172.90	1192.20	1200.70	1132.70	1171.40	1192.40	1177.60	1205.60		
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B ¹	Gr.	1174.54	1193.79	1201.43	1134.27	1172.52	1193.87	1178.7	1207.08		
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	684.86	693.48	696.86	665.08	683.23	695.19	687.49	699.41		
VOLUMEN (B-C)	E	c.c.	489.68	500.31	504.57	469.19	489.29	498.68	491.21	507.67		
P.e BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr./c.c.	2.395	2.383	2.380	2.414	2.394	2.391	2.397	2.375		
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE)	G	Gr./c.c.	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56		
VACIOS (100(G-F)/G)	H	%	6.59	7.07	7.19	5.85	6.67	6.63	6.75	6.50	7.38	6.82
VOLUMEN DE VACIOS (H*E)/100	I	c.c.	32.25	35.35	36.3	27.44	32.44	33.64	31.95	37.49		
SATURACIÓN: 20 min. MUESTRA SATURADA EN VACIO												
SSD DE LA MUESTRA	B ²	Gr.	1197.34	1219.59	1228.71	1154.07						
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C ²	Gr.	707.41	716.97	722.44	683.17						
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B ² -C ²)	E ²	c.c.	489.93	502.62	506.27	470.9						
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B ² -A)	J ²	c.c.	24.44	27.39	28.01	21.37						
SATURACIÓN (100 J ² /I)		%	75.8	77.5	77.2	77.9	77.10					
HINCHAMIENTO (100 (E ² - E)/E)		%	0.05	0.46	0.34	0.36						
CONDICIONES DE SATURACION POR 24 Hrs. a 60 °C en Agua												
ESPESOR	t ²	cm	6.37	6.56	6.44	6.13						
SSD DE LA MUESTRA	B ²	Gr.	1199.45	1220.71	1230.05	1155.75						
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C ²	Gr.	709.3	717.22	723.14	684.17						
VOLUMEN (B ² -C ²)	E ²	c.c.	490.15	503.49	506.91	471.58						
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B ² -A)	J ²	c.c.	26.55	28.51	29.35	23.05						
SATURACIÓN (100 J ² /I)		%	82.33	80.65	80.85	84.00						
HINCHAMIENTO (100 (E ² - E)/E)		%	0.10	0.64	0.46	0.54						
CARGA TRACCIÓN	P ²	Kg	442.3	524.8	489.5	478.2	559.5	588.7	602.5	678.5		
RESISTENCIA SECA 2P/IDPI	S ² td	Kg/cm ²	3.7	3.34	4.81	4.95	5.58	5.72	5.92	6.60	5.95	
RESISTENCIA HUMEDA 2P ² /I ² DP ²	S ² m	Kg/cm ²	4.87	3.33	4.79	4.93						
PROMEDIO	TSR	%										

TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Obilitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica del Perú
www.usat.edu.pe



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 10/05/2024
 Ensayo : Lottman modificado
 Norma : MTC E 522
 Cantera : Las tres tomas-Ferretiafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-155			GRUPO SATURADO				GRUPO SECO			
ENSAYO	Nº		1	2	3	4	5	6	7	8
DIAMETRO	D	cm	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
ESPESOR (ALTURA)	t	cm	6.69	6.38	6.65	6.57	6.45	6.37	6.62	6.54
PESO DE PROBETA AAL AIRE	A	Gr.	1227.6	1187.4	1196.6	1211	1179.6	1176.3	1183.3	1182.2
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B	Gr.	1230.45	1189.55	1199.79	1213.61	1182.84	1179.14	1187.54	1185.73
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	701.47	680.3	687.86	692.83	677.29	673.39	681.09	676.81
VOLUMEN (B-C)	E	c.c.	528.98	509.25	511.93	520.78	505.55	505.75	506.45	508.92
P.e BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr.c.c.	2.32	2.33	2.34	2.33	2.33	2.33	2.34	2.32
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE)	G	Gr.c.c.	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
VACIOS (100(G-F)/G)	H	%	7.33	6.89	6.66	7.14	7.00	6.82	7.12	6.70
VOLUMEN DE VACIOS (H²E)/100	I	c.c.	38.76	35.08	34.09	37.19	34.50	36.01	33.92	36.83
SATURACIÓN: 20 min. MUESTRA SATURADA EN VACIO										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1254.79	1214.55	1225.91	1238.5				
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C'	Gr.	724.22	703.05	712.15	715.81				
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'-C')	E'	c.c.	530.57	511.5	513.76	522.69				
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'-A)	J'	c.c.	27.19	27.15	29.31	27.5				
SATURACIÓN (100 J' /I)		%	70.10	77.40	86.00	73.90	76.85			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E)/E)		%	0.30	0.44	0.36	0.37				
CONDICIONES DE SATURACION POR 24 Hrs. a 60 °C en Agua										
ESPESOR	t''	cm	6.70	6.40	6.66	6.60				
SSD DE LA MUESTRA	B''	Gr.	1236.84	1218.11	1226.96	1242.29				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C''	Gr.	725.46	704.5	712.99	717.6				
VOLUMEN (B''-C'')	E''	c.c.	531.08	513.61	513.97	524.69				
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B''-A)	J''	c.c.	28.64	30.71	30.36	31.29				
SATURACIÓN (100 J'' /I)		%	73.9	87.5	89.1	84.1				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E)/E)		%	0.40	0.86	0.40	0.75				
CARGA TRACCIÓN	P''	Kg	406.5	415.78	465.2	478.1	506	496	435	486
RESISTENCIA SECA 2P/1DPI	S td	Kg/cm2	3.83	4.11	4.41	4.63	4.95	4.91	4.14	4.69
RESISTENCIA HÚMEDA 2P''/1''DPI	Stm	Kg/cm2	3.82	4.09	4.40	4.62				4.67
PROMEDIO	TSR	%								

TELÉFONO DE LABORATORIO

Henry Oblitas
 Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo



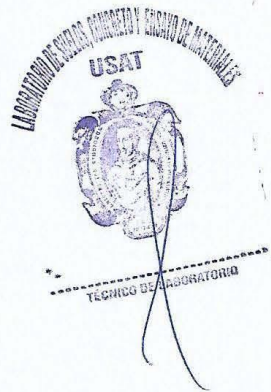
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

Tesista : Mundaca Sigüenias Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 10/05/2024

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.88%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2662
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2077
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3571
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	585
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.564




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





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



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 10/05/2024

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.88%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2705
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2106
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3606
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	599
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.5042



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
 Rivadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 17: Ensayo de tracción indirecta



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

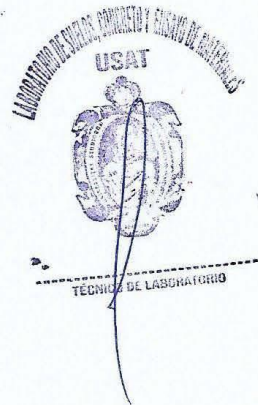


Tesista : Mundaca Sigüefñas Keico Madeleine
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 14/05/2024
 Ensayo : Tracción indirecta
 Norma : ASTM 6931
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

Método de prueba estándar para
 Resistencia a la tracción indirecta (IDT) de mezclas bituminosas

Temperatura de ensayo 25°C

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga máxima (Kg)	1077.127	1003.405	1077.154	978.494	1059.666	997.945	1065.105	1018.272
Altura de briqueta (mm)	63.82	64.31	65.11	64.61	65.31	62.27	64.34	62.29
Diámetro de la muestra (mm)	101	101	101	101	101	101	101	101
Intensidad IDT (Kpa)	1043.26	964.45	1022.61	936.14	1002.93	990.63	1023.28	1010.48
Promedio (KPA)	999.22							



Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



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



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 14/05/2024
Ensayo : Tracción indirecta
Norma : ASTM 6931
Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)

**Método de prueba estándar para
Resistencia a la tracción indirecta (IDT) de mezclas bituminosas**

Temperatura de ensayo 25°C

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga máxima (Kg)	1172.591	1177.356	1160.556	1183.812	1160.577	1185.553	1166.706	1184.820
Altura de briqueta (mm)	63.91	65.26	62.79	64.08	63.31	65.48	64.19	63.16
Diámetro de la muestra (mm)	101	101	101	101	101	101	101	101
Intensidad IDT (Kpa)	1134.12	1115.17	1142.50	1141.94	1133.14	1119.16	1123.51	1159.56
Promedio (KPA)	1133.64							




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


Anexo 18: Ensayo de cantabro



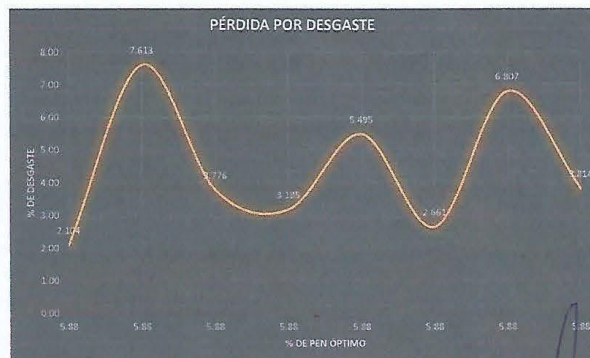
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 03/05/2024
 Ensayo : Cantabro
 Norma : MTC E 515
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafe (AG)
 : La Victoria-Pátapo (AF)
 Muestras : Seco

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
Metodo de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101	101	101	101	101	101	101	101
Espesor mm.	mm	63.91	64.65	65.26	65.56	62.79	63.75	64.08	63.31
Masa seca al aire	gr.	1178.40	1189.00	1196.90	1214.00	1174.50	1188.80	1193.30	1189.90
Masa (SSS)	gr.	1180.26	1191.27	1199.30	1215.88	1176.68	1188.75	1194.31	1190.61
Masa en el agua	gr.	662.95	675.85	680.05	691.15	672.92	671.06	680.55	682.60
Volumen del especimen	c.c	517.31	515.42	519.25	524.73	503.76	517.69	513.76	508.01
Peso unitario	gr/cc	2.278	2.307	2.305	2.314	2.331	2.296	2.323	2.342
Máxima gravedad específica	gr/cc	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49
Porcentaje de vacios (%)	%	8.43	7.26	7.34	6.99	6.28	7.69	6.63	5.84
Temperatura del procedimiento	°c	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1179.56	1190.19	1198.14	1215.14	1175.60	1189.90	1194.32	1191.07
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1127.50	1150.04	1155.53	1185.54	1144.72	1149.41	1172.48	1152.25
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	4.41	3.37	3.56	2.60	2.63	3.40	1.83	3.26
Promedio de pérdida por desgaste	%	3.13							



TÉCNICO DE LABORATORIA

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



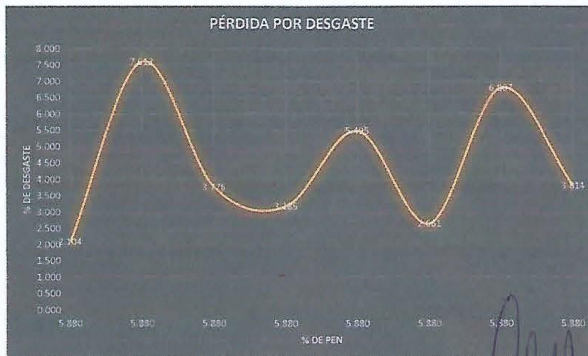
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIVIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madelaine
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha : 03/05/2024
 Ensayo : Cantabro
 Norma : MTC E 515
 Cantera : Las tres tomas-Ferreñafé (AG)
 Muestras : Secca

ENSAYO DE MEZCLAS BITULOMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE-CANTABRO

MUESTRA	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenido de PEN	%	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
Metodo de compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50	50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101	101	101	101	101	101	101	101
Espesor mm.	mm	61.31	65.41	64.78	62.80	66.24	65.31	63.51	64.19
Masa seca al aire	gr.	1104.70	1177.40	1191.40	1161.40	1189.50	1190.60	1180.10	1177.10
Masa (SSS)	gr.	1106.87	1179.85	1193.89	1163.62	1192.14	1193.00	1182.50	1179.92
Masa en el agua	gr.	621.06	657.10	676.03	661.10	663.11	674.50	670.97	665.44
Volumen del especimen	c.c	485.81	522.75	517.86	502.52	529.03	518.5	511.53	514.48
Peso unitario	gr/cc	2.274	2.252	2.301	2.311	2.248	2.296	2.307	2.288
Máxima gravedad especifica	gr/cc	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504
Porcentaje de vacios (%)	%	9.19	10.06	8.13	7.71	10.21	8.30	7.87	8.63
Temperatura del procedimiento	°c	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de vueltas	rev	300	300	300	300	300	300	300	300
Estado de probeta inicial P1	gr.	1105.87	1178.42	1192.50	1162.50	1190.64	1191.88	1181.33	1178.46
Estado de probeta despues del ensayo P2	gr.	1082.60	1088.71	1147.47	1125.47	1125.22	1160.17	1100.92	1133.51
RESULTADOS Y CÁLCULO DEL ENSAYO									
Pérdida por desgaste	%	2.10	7.61	3.78	3.19	5.49	2.66	6.81	3.81
Promedio de pérdida por desgaste	%	4.50							



Henry Rivedeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

Tesista : Mundaca Sigüeñas Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 03/05/2024

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.88%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2585
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1982
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3482
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	603
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.49



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

Tesista : Mundaca Sigüefías Keico Madeleine
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Influencia de la adición de diatomita en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha : 03/05/2024

PORCENTAJE DE ASFALTO	5.88%
1.- PESO DEL FRASCO	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2470
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1871
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3371
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	599
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.50



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 19: Panel fotográfico

Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio - MTC E 209



Ilustración 15: Preparación de la muestra y la solución con sulfato de magnesio



Ilustración 16: Agregando solución a la muestra por primera vez



Ilustración 17: Muestras extraídas del horno después de su primer ciclo en sulfato de magnesio



Ilustración 18: Muestras después de su último ciclo y remojo para diluir el sulfato de magnesio



Ilustración 19: Lavado de las muestras

Abrasión los ángeles (l.a.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1.5")
- MTC E 207



Ilustración 20: Preparación de la muestra y máquina de los ángeles para el ensayo de abrasión



Ilustración 21: Material obtenido de la máquina de los ángeles

Método de prueba estándar para partículas chatas y alargadas en agregado grueso - ASTM D4791



Ilustración 22: Elementos utilizados, preparación y medición de las partículas del agregado grueso



Ilustración 23: Clasificación de las partículas chatas y alargada

Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles - MTC E 219

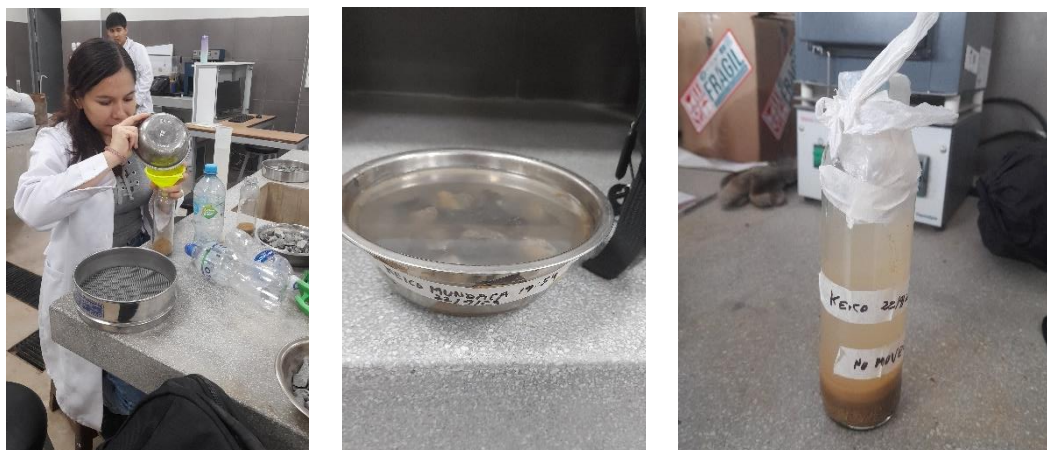


Ilustración 24: Preparación del agregado grueso y fino para el ensayo de sales solubles



Ilustración 25: Vaciado, filtración y hervor de agua de agregados



Ilustración 26: Muestra de agregado antes y después de sacado del horno

Peso específico y absorción de agregados gruesos - MTC E 206

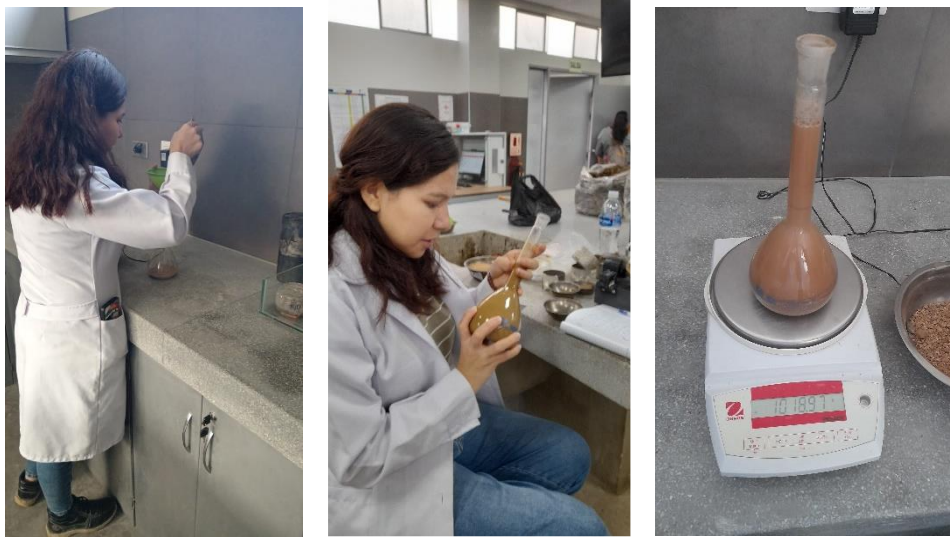


Ilustración 27: Preparación del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción



Ilustración 28: Vaciado y extracción de agua superficial de la muestra



Ilustración 29: Muestra antes y después de estar 24 horas en el horno



Ilustración 30: Preparación y pesado del agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción

Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino – MTC E 114



Ilustración 31: Preparando la solución y muestra para ensayo equivalente de arena



Ilustración 32: Vaciando el agregado a la probeta y agitación



Ilustración 33: Lavado, llenado de probeta y muestras en reposo listas para medición
 Ensayo de azul de metileno - AASHTO TP 57



Ilustración 34: Materiales a utilizar para el ensayo



Ilustración 35: Preparando insumos para el ensayo



Ilustración 36: Ensayo de azul de metileno

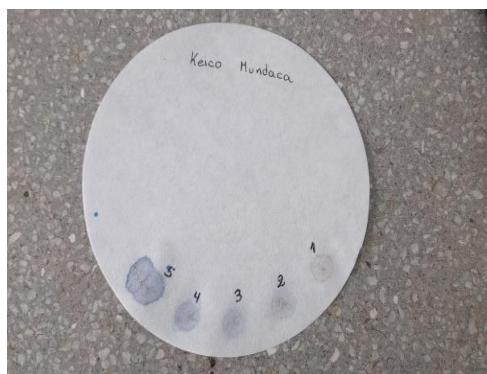


Ilustración 37: Filtro con muestras hasta obtener el color azul deseado

Determinación del límite plástico (l.p.) de los suelos e índice de plasticidad (i.p.) – MTC E 111



Ilustración 38: Preparando muestra para ensayo de límites



Ilustración 39: Muestras de límites líquido y plástico

Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos – MTC E 204



Ilustración 40: Ensayo de análisis granulométrico

Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso - MTC E 210



Ilustración 41: Selección del agregado según la cantidad de caras fracturadas



Ilustración 42: Agregado de 1/2" y 3/8" clasificado

Elaboración de briquetas

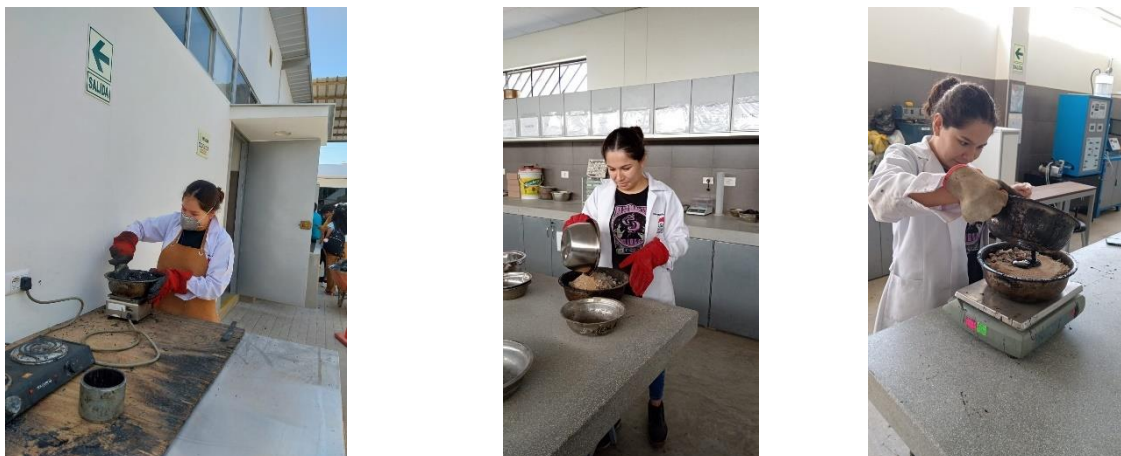


Ilustración 43: Pesado y mezclado de la mezcla asfáltica

Ensayo de Marshall



Ilustración 44: Briquetas a ensayar en Marshall



Ilustración 45: Extracción de baño maría y realización del ensayo

Ensayo Rice



Ilustración 46: Calentar las briquetas y desmoronarla



Ilustración 47: Pesado de la mezcla y realización del ensayo

Ensayo de Lottman



Ilustración 48: Eliminar vacíos y congelamiento de briquetas



Ilustración 49: Rotura de briqueta



Ilustración 50: Briquetas en baño maría y rotura final

Ensayo de Tracción Indirecta



Ilustración 51: Rotura de briquetas en ensayo IDT



Ilustración 52: Muestras a ensayar

Ensayo de Cantabro



Ilustración 53: Muestras después del ensayo

Módulo de resiliencia



Ilustración 54: Preparación de muestras para el ensayo



Ilustración 55: Muestras a ensayar