



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN
60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021**

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

AUTORES:

De La Cruz Flores, Rudy Augusto ([ORCID: 0000-0003-0697-1142](https://orcid.org/0000-0003-0697-1142))

Vasquez Ramirez, Hebert Jhackson ([ORCID: 0000-0003-2119-6754](https://orcid.org/0000-0003-2119-6754))

ASESOR:

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario ([ORCID:0000-0001-6774-8839](https://orcid.org/0000-0001-6774-8839))

LÍNEA DE INVESTIGACION:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Gracias Padre Celestial por permitirnos acabar la carrera de manera satisfactoria, a nuestra familia por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional en todo momento, compartimos esta gran alegría con todos ellos.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al Dr. Carlos Mario Diaz Fernandez por las asesorías brindadas para la correcta presentación de la tesis, a cada uno de los docentes de la Universidad Cesar Vallejo por sus conocimientos y experiencias brindadas, las cuales serán de mucha utilidad en mi carrera profesional.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice De Tablas	v
Índice de gráficos Figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	18
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	78
VI. CONCLUSIONES	80
VII. RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS	82
ANEXOS	88

Índice De Tablas

Tabla 1. <i>Características generales de las Zeolitas</i>	10
Tabla 2. <i>Clasificación estructural de las zeolitas naturales</i>	11
Tabla 3. <i>Producción de zeolitas sintéticas mediante procesos industriales</i>	14
Tabla 5. <i>Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C-136)</i>	25
Tabla 6. <i>Análisis granulométrico del diseño de mezcla asfáltica convencional</i>	27
Tabla 7. <i>Peso de la muestra</i>	28
Tabla 8. <i>Peso específico de la masa</i>	28
Tabla 9. <i>Peso específico del agregado fino</i>	29
Tabla 10. <i>Peso por mallas para distintos porcentajes de cemento asfáltico</i>	30
Tabla 11. <i>Peso específico máximo para distintos porcentajes de cemento asfáltico (ASTM D2041)</i>	31
Tabla 12. <i>Informe de ensayo Marshall (4.5% cemento asfáltico)</i>	32
Tabla 14. <i>Informe de ensayo Marshall (5.5% cemento asfáltico)</i>	34
Tabla 15. <i>Informe de ensayo Marshall (6% cemento asfáltico)</i>	35
Tabla 16. <i>Informe de ensayo Marshall (6.5% cemento asfáltico)</i>	36
Tabla 17. <i>Informe del ensayo Gravedad Especifica Máxima (ASTM D2041)</i>	37
Tabla 18. <i>Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 4.5% CA)</i>	42
Tabla 20. <i>Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 5.5% CA)</i>	44
Tabla 21. <i>Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 6% CA)</i>	45
Tabla 22. <i>Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 6.5% CA)</i>	46
Tabla 23. <i>Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 4.5% CA)</i>	52
Tabla 24. <i>Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 5% CA)</i>	53
Tabla 25. <i>Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 5.5% CA)</i>	54
Tabla 26. <i>Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 6% CA)</i>	55
Tabla 27. <i>Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 6.5% CA)</i>	56
.....	61
Tabla 28. <i>Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 4.5% CA)</i>	62
Tabla 29. <i>Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 5% CA)</i>	63
Tabla 30. <i>Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 5.5% CA)</i>	64
Tabla 32. <i>Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 6.5% CA)</i>	66

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Estructura típica de las zeolitas, A. Atómica, B. Tetraédrica y C. Cristalina	9
<i>Figura 2.</i> Dispositivo típico de carga.....	16
<i>Figura 3.</i> Briquetas de Mezcla Asfáltica.....	20
<i>Figura 4.</i> Muestras de zeolita natural triturada	22
<i>Figura 5.</i> Muestra de zeolita natural tamizado.....	23
<i>Figura 6.</i> Curva granulométrica de los agregados en estado natural	26
<i>Figura 7.</i> Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica convencional	27
<i>Figura 8.</i> Peso Unitario vs Asfalto Convencional	37
<i>Figura 9.</i> Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional	38
<i>Figura 10.</i> Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional.....	38
<i>Figura 11.</i> Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional.....	39
<i>Figura 12.</i> Polvo vs Asfalto Convencional	39
<i>Figura 13.</i> Flujo vs Asfalto Convencional.....	40
<i>Figura 14.</i> Estabilidad vs Asfalto Convencional.....	41
<i>Figura 15.</i> Peso Unitario vs Asfalto Convencional	47
<i>Figura 16.</i> Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional.....	48
<i>Figura 17.</i> Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional.....	48
<i>Figura 18.</i> Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional.....	49
<i>Figura 19.</i> Polvo vs Asfalto Convencional	49
<i>Figura 20.</i> Flujo vs Asfalto Convencional.....	50
<i>Figura 21.</i> Estabilidad vs Asfalto Convencional.....	51
<i>Figura 22.</i> Peso Unitario vs Asfalto Convencional	57
<i>Figura 23.</i> Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional.....	57
<i>Figura 24.</i> Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional.....	58
<i>Figura 25.</i> Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional.....	59
<i>Figura 26.</i> Polvo vs Asfalto Convencional	59
<i>Figura 27.</i> Flujo vs Asfalto Convencional.....	60
.....	61
<i>Figura 28.</i> Estabilidad vs Asfalto Convencional.....	61
<i>Figura 29.</i> Peso Unitario vs Asfalto Convencional	67
<i>Figura 30.</i> Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional.....	68
<i>Figura 31.</i> Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional.....	68

<i>Figura 32.</i> Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional.....	69
<i>Figura 33.</i> Polvo vs Asfalto Convencional	70
<i>Figura 34.</i> Flujo vs Asfalto Convencional.....	71
<i>Figura 35.</i> Estabilidad vs Asfalto Convencional.....	72
<i>Figura 36.</i> Peso Unitario	73
<i>Figura 37.</i> Vacíos.....	74
<i>Figura 38.</i> Vacíos en la Mezcla Asfáltica.....	74
<i>Figura 39.</i> Vacíos llenos con cemento asfáltico	75
<i>Figura 40.</i> Polvo/Asfalto.....	75
<i>Figura 41.</i> Resistencia al corte	76
<i>Figura 42.</i> Resistencia a la tracción.....	76
<i>Figura 43.</i> Resistencia a la compresión.....	77
<i>Figura 44.</i> Materiales usados en diseño de mezcla.....	117
<i>Figura 45.</i> Análisis granulométrico de los agregados.....	118
<i>Figura 46.</i> Peso saturado superficialmente seco del agregado grueso.....	119
<i>Figura 47.</i> Peso específico y absorción del agregado fino	120

RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo como objetivo principal es determinar cómo incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, para ello se realizó ensayos de laboratorio empleando la Metodología Marshall, para así determinar la resistencia a la compresión, corte y tracción de la mezcla asfáltica modificada con dosificaciones de zeolita de 3%, 6%, y 9% comparándolo con la mezcla asfáltica convencional sin zeolita. Los resultados mostraron que la mezcla asfáltica modificada tendrá una mejora en su resistencia a la compresión en 2.10%, la resistencia al corte con un valor de 0.129 mm, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos en el Manual de carreteras del MTC, y una resistencia a la tracción en 1.40%. Finalmente concluimos que el uso de zeolitas es una nueva alternativa para tener en cuenta en el diseño de pavimentos.

Palabras clave: zeolita, pavimento asfáltico reciclado (RAP), material puzolánico, concreto zeolítico.

ABSTRACT

The main objective of this research report was to determine how it affects the mechanical properties of the PEN 60/70 asphalt mixture using zeolites, Lima 2021, for this, laboratory tests were carried out using the Marshall Methodology, in order to determine the resistance to the compression, cutting and traction of the modified asphalt mix with zeolite dosages of 3%, 6%, and 9% compared to the conventional asphalt mix without zeolite. The results showed that the modified asphalt mixture will have an improvement in its compressive strength by 2.10%, the shear strength with a value of 0.129 mm, which is within the ranges established in the MTC Highway Manual, and a tensile strength of 1.40%. Finally, we conclude that the use of zeolites is a new alternative to consider in pavement design.

Keywords: zeolite, recycled asphalt pavement (RAP), pozzolanic material, zeolitic concrete.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización más antigua de zeolitas es sin duda, el de la construcción; considerada también el uso más importante en cuanto a la cantidad de material empleado. Una estimación reciente, es del orden de unas 107 toneladas anuales (Colella, 2007). Esta valoración se realizó en varios países, incluyendo, Alemania, China, Cuba, EE. UU., España, Italia, Japón, Jordania, México, Rusia, Serbia. Sin embargo, no es el único campo de aplicación de las zeolitas; se estima que la producción mundial se encuentra en el intervalo de 2,5 a 3 millones de toneladas anuales, en base a los informes estadísticos presentados por los principales productores, con los datos que se tiene, se sabe que cerca de 1/3 de la zeolita natural producida en el mundo, se aplica como una piedra de construcción. A partir de los años 90 se ha podido observar el continuo deterioro del medio ambiente, tanto en la contaminación del agua como del aire y demás. Debido a diversos factores, como por ejemplo el impacto ambiental que generan las obras civiles, hidráulicas y viales, es por esto mismo que hoy en día, es necesario implementar el término “Sostenibilidad” y todo lo que conlleva, hacia la industria de la construcción en general. Por ello todo proyecto de ingeniería se debe llevar a cabo siempre y cuando se respeten las normas de protección medioambientales, cosa que en ocasiones no ocurre.

En todo el mundo, gran parte de las carreteras son restablecidas usando el concreto convencional, pero ello implica un mayor costo para la sociedad, con lo que se opta por la explotación de canteras, reduciendo así los recursos naturales, que afectan al clima y además disminuye la calidad del aire atentando contra la salud de los pobladores. En el caso del Perú la infraestructura vial tiene serias deficiencias en cuanto a calidad y cantidad, debido a que no es una prioridad para las autoridades, limitando el desarrollo del país porque si se le diera la debida importancia a la correcta construcción de las redes viales, esto ocasionaría muchos beneficios tales como la

comunicación entre pueblos alejados además de generar empleo en el ámbito de la construcción y el mantenimiento de estas.

Esta investigación tiene como objetivo dar a conocer mediante el uso de zeolitas que tipo de mantenimiento y/o rehabilitación será adecuado realizar para prolongar la vida útil del pavimento flexible, lo que permitirá mejorar las vías a nivel nacional, a su vez ahorrar de forma considerable en el mantenimiento de estas. Así mismo esta investigación mostrará de qué manera elaborar un buen diseño, así también la correcta aplicación y elaboración de la mezcla con un apropiado diseño estructural del pavimento que certifiquen óptimos resultados. El propósito de la investigación es ofrecer una opción para tener en cuenta en la elaboración de proyectos que nos demuestre como se aprovecharían las propiedades mecánicas de los pavimentos flexibles al usar las zeolitas, lo que evitaría que ocurran fallas y optimizar el costo y tiempo. Asimismo, usa nanotecnología, para ello se añade Zeolita Sintética a la mezcla que forma parte del Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) con Cemento Portland agregando agua y así se convierta en un tipo de Concreto Zeolítico sintético, cuyas características específicas de gran desempeño en el pavimento contribuirán a la ingeniería, una tecnología opcional para reutilizar los materiales de las carpetas asfálticas de pavimentos envejecidos en los corredores de carga en el Perú.

La investigación tiene como Problema General lo siguiente: ¿Cómo incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70, Lima 2021? Los Problemas Específicos son: a) ¿Cómo influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?, b) ¿Cómo influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?, c) ¿Cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?

La investigación tiene como Objetivo General: Determinar cómo incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. Los Objetivos Específicos son: a) Determinar cómo influye en la

resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, b) Determinar cómo influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, c) Determinar cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. La investigación tiene como Hipótesis General lo siguiente: Incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. Las Hipótesis Específicas son: a) Influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, b) Influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, c) Determinar cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Los Antecedentes que se consideran en esta investigación son los siguientes:

Moll, Alonso y González (2016), en su artículo científico "*Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba*", la presente investigación presenta como objetivos disminuir el impacto ambiental negativo que genera la producción de mezclas asfálticas en caliente, desarrollar mezclas asfálticas semicalientes que se fabrican a temperaturas menores que las convencionales y las RAP que se mezcla con material virgen durante actividades de rehabilitación. Se empleo la metodología Marshall para realizar ensayos de densidad, estabilidad, flujo y tracción indirecta, para mezclas semicalientes se agregó la zeolita natural en dos granulometrías: a) en forma de filler: 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1% para 4.5% y 5% de asfalto, b) En forma de arena: 2%, 6%, 10% y 20%, para 4.7% de asfalto. Los resultados muestran que el incremento de zeolita de 0.2 a 0.8%.con 4.5% de asfalto, hace que aumente la resistencia de las mezclas en 1.11% (10.5 kN a 11.67 kN) con respecto a la mezcla patrón.

Mamani (2018), en la tesis "*Incidencias de la adición de zeolita natural a la mezcla asfáltica en su comportamiento mecánico*", presenta una investigación que mide el desempeño de la mezcla Asfáltica, con una composición Patrón y otras agregando Zeolita Natural, teniendo en cuenta indicadores de Densidad, Tracción indirecta Estabilidad Marshall, y Módulo resiliente. Para desarrollar la investigación se usó 1 composición patrón (mezcla asfáltica con 0% de zeolita) y 3 composiciones experimentales con Zeolita Natural al 0.3%, 0.6% y 0.9% de su peso de la mezcla asfáltica, donde se mide como actúa la zeolita en la prueba de desempeño de la mezcla y el asfalto utilizado fue el PEN 60/70 de acuerdo con las condiciones de temperatura. Los resultados muestran una disminución de la resistencia a la

tracción indirecta a medida que aumenta el porcentaje de zeolita de 0%, 0.3%, 0.6%, 0.9% con promedios de 124, 121.4, 115.4 y 109.9 lb/pulg².

Montoya (2020) en su tesis "*Alternativa de rehabilitación del pavimento asfáltico reciclado en frío mediante el uso del concreto zeolítico sintético, en Lima 2020*" da a conocer como objetivo principal determinar si el uso del concreto zeolítico sintético mejorará el pavimento de asfalto reciclado en la ciudad de Lima 2020. El plan de trabajo fue en base a resultados de otras investigaciones tomando en cuenta porcentajes de zeolitas al 0%, 10%, 20%, 30% con periodos de 7, 14, 28 días, de esta manera al añadir el 5% de zeolita sintética, se obtuvo un mejor resultado aumentando en la resistencia a la compresión en 34% de (318.54 kg/cm² a 427.30 kg/cm²). Se concluyó, para determinar si el uso del concreto zeolítico sintético mejorará el pavimento asfáltico reciclado en frío, tuvo que efectuar el análisis observacional, y al adquirir los resultados en relación a la resistencia a la compresión logro que a los 28 días, el 5% de zeolita sintética incrementa la resistencia a la compresión en un 34% de (318.54 kg/cm² a 427.30kg/cm²), asimismo muestra ventajas con relación al costo de construcción, tiempo de construcción y vida útil.

Sánchez, Moreno y Rubio (2019) en su artículo científico "*Reutilización de subproductos de zeolita derivados del petróleo Refinación para carreteras sostenibles*" tiene como objetivo reducir el consumo de recursos naturales (combustible, gas, etc.) y emisiones contaminantes (CO₂, CO, NO_x) con la fabricación de mezcla asfáltica tibia (WMA) añadiendo zeolitas, garantizando el rendimiento mecánico y la durabilidad de la mezcla. El presente estudio aplica como metodología primero el uso de materiales como lo son tres tipos de zeolitas (Zeolita 1, Zeolita 2, zeolita comercial), donde las zeolitas convencionales son sintéticas con un 20% de masa compuesta de cristalizado de agua que se libera durante el contacto con el betún en un rango de temperatura 85°-180°, segundo emplea un plan de prueba que consistió en almacenar tres muestras de 30 gr de cada tipo de zeolita en una

cámara climática a temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) y humedad ($98 \pm 1\%$), midiendo la absorción de agua después de 1, 2, 3, 5, 72, 98, 120, 240 y 408 horas. Posteriormente, estas mismas muestras (parcialmente humedecido) se almacenaron en un horno a diferentes temperaturas (120°C , 130°C y 145°C) para medir la capacidad de cada material para liberar su contenido de agua durante diferentes períodos de tiempo. Finalmente, los resultados muestran que la zeolita 1, zeolita 2 y zeolita comercial tiene una capacidad de absorción de 0.67%, 0.26%, 3.2%, siendo la zeolita 2 la de menor porcentaje de absorción, para tener en cuenta en las etapas de diseño y fabricación de WMA.

Tacha, Huertas y Arévalo (2014), en la tesis "*Diseño De Una Mezcla De Asfalto En Caliente Msc-25 Reciclada Modificada Con Zeolita Sintética*" tiene como objetivo buscar disminuir en el asfalto su viscosidad y la temperatura en su elaboración para de esta manera reducir el impacto ambiental. Se empleo un método donde se realizó diferentes pruebas de mezcla asfáltica reemplazando el agregado pétreo con adiciones RAP de 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 100% con aditivo y sin aditivo, utilizando zeolitas sintéticas al 0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6%, asimismo se usó temperaturas de 120°C , 130°C y 150°C en la elaboración de la mezcla para reducir los impactos ambientales. Finalmente se obtuvo como resultado que la mezcla asfáltica se vuelve más resistente mostrando valores de 253.14 kg/mm, 301.82 kg/mm, 327.84 kg/mm, asimismo se mejora el desempeño, reduce las emisiones de gases y el consumo de combustibles, mayor trabajabilidad y menor envejecimiento durante la producción, además la mezcla con 50% de RAP y aditivo obtuvo mejores resultados con mayor rigidez y resistencia, lo que reduce el uso del agregado natural y disminuyendo la explotación de canteras.

Muhammad y Syed (2020) en su artículo científico "*Influencia de la zeolita natural y la cera de parafina en la adhesión a la Resistencia entre el betún y el agregado*", tiene como objetivo cuantificar el efecto de las ceras y la zeolita

sobre la adhesión entre el betún y el agregado, menciona que existe un aglutinante más blando 80/100 que tiene menos adherencia en comparación con el aglutinante duro. Se aplicó la Prueba de Penetración y la Prueba de punto de ablandamiento, el cual fue realizado para verificar el grado de pluma y calcular el punto de ablandamiento del betún. Luego se hizo la prueba de resistencia a la adherencia del betún (BBS) para determinar la fuerza de unión adhesiva entre el agregado y el betún, se realizó a diferentes temperaturas, en condiciones secas y húmedas. Finalmente, los resultados muestran que la modificación del betún con zeolita se puede usar para hacer que el betún sea rígido con una adición de 0.5% de Zeolita, ya que cambia el grado de penetración de 87 a 74 y 3,5% de Zeolita cambia el grado de penetración de 87 a 57. Mientras que un 0,5% de cera de parafina se puede utilizar para suavizar el betún y convertir el grado de penetración de 87 a 94 y un 3,5% de cera de parafina mejora el grado a 134 que la zeolita al 2% que muestra resultados favorables para la adhesión y grado de rendimiento, mientras que la cera de parafina tiene menos adhesión y un grado de rendimiento deficiente.

Kaboosi (2019) en su artículo científico "*Investigación del uso de aguas grises y zeolitas en diferentes contenidos de cemento sobre la resistencia a la compresión del hormigón y sus interacciones*" manifiesta como objetivo investigar la interacción de la calidad del agua con porcentaje de zeolita con contenido de cemento y su curación en el tiempo. El estudio investigó el uso de cuatro niveles de zeolita (hasta un 30% con un intervalo del 10%) como material de sustitución del cemento en el diseño de mezcla de hormigón. Las propiedades químicas de la zeolita natural se probaron de acuerdo con la norma ASTM C311-11. Según ASTM C618, el mínimo actividad puzolánica que es igual a la suma de SiO_2 , Al_2O_3 y el óxido férrico (Fe_2O_3) debe ser del 70% para la clase N natural crudo y calcinado por puzolanas. Esta propiedad fue del 80.20% para el utilizado de zeolita. Además, de acuerdo con esta norma, la cantidad máxima de trióxido de azufre (SO_3) y la pérdida por ignición (LOI) debe ser del 4% y 10%, respectivamente. Los resultados

mostraron que los efectos simples del contenido de cemento, agua tipo, porcentaje de zeolita y edad de curado y todas las interacciones bidireccionales excepto del tipo de agua x la edad de curado, así como una interacción de tres vías del contenido de cemento x tipo de agua x nivel de zeolita sobre la resistencia a compresión del concreto fueron estadísticamente significativos (generalmente Valor $P \leq 0.01$).

De La Cruz (2015) en su artículo científico "*Estudio comparativo de porosidad y permeabilidad del hormigón convencional y hormigón con proporciones variables de adiciones de zeolita natural*" menciona como objetivo principal el estudio de la calidad del hormigón con zeolitas ante la presencia de ataques y se analiza su comportamiento mediante dos dosis de hormigón convencional y hormigón con adición de zeolitas. Para la fabricación de hormigón con zeolitas con tipo de patrones correspondiente, se utilizó un PEMAT PM-250, de bandeja anular con mecanizados interiores cilíndricos centrales con central suspensión y motor de hélice colocados horizontalmente con una capacidad para preparar mezclas de hormigón de 250 litros de volumen según el fabricante. El tipo de hormigón elegido para fabricar en este proyecto fue un HP / 30 / F / 12 / IIa. Los resultados obtenidos nos llevan a las siguientes conclusiones: pésima trabajabilidad del hormigón con adiciones del 15% o más es un inconveniente al intentar obtener hormigón con un alto proporción de zeolita, excepto cuando se usa reemplazo parcial de cemento y / o variando la consistencia agregando agua o aditivo. Por tanto, podría provocar un conflicto entre fuerza y viabilidad. Con respecto a la adición de Clinoptilolita natural, fue posible obtener hormigón con cantidades de zeolita del 5% y el 10% que mostró una trabajabilidad apropiada.

Las Teorías Básicas relacionadas al tema son:

Zeolitas Naturales:

Son aluminosilicatos cristalinos que forman parte de la familia de los tectosilicatos, donde incluye cationes con los elementos de los grupos 1 y 2. Posee una nomenclatura química de $[\text{SiO}_4]^{4-}$ y $[\text{AlO}_4]^{5-}$ en forma de tetraedros que se conectan entre sí en sus esquinas, por medio de átomos de oxígeno (Ver Figura 1)

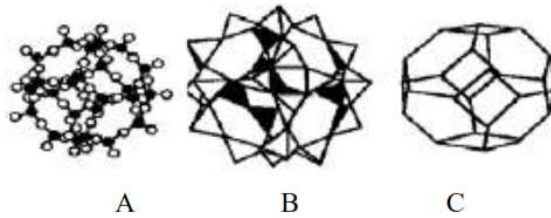


Figura 1. Estructura típica de las zeolitas, A. Atómica, B. Tetraédrica y C. Cristalina

Su estructura presenta canales y cavidades de dimensiones moleculares donde están los cationes de compensación, sales y moléculas de agua, de esta manera las zeolitas poseen aberturas grandes en su superficie interna, entre 500 y 1000 m/g, en correlación a su superficie exterior, su microporosidad es abierta y su estructuración admite la transferencia de materia entre el espacio intracristalino y el medio que lo envuelve, con ello las moléculas que solo ingresen o salgan tendrán dimensiones inferiores a un cierto valor, esto hace que se note la variación entre Zeolitas. En la tabla 1, se muestra las propiedades más relevantes de las Zeolitas.

Tabla 1. Características generales de las Zeolitas

Propiedad	Valor
Diámetro de poro	2 a 12 Å
Diámetro de cavidades	6 a 12 Å
Superficie interna	500 a 1000 m ² /g
Capacidad de intercambio catiónico	0 a 650 meq/100 g
Capacidad de adsorción	< 0.35 cm ³ /g
Estabilidad térmica	desde 200°C hasta más de 1000°C

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Dpto. de Química, María Teresa Olguín Gutiérrez, D. F, México.

Clasificaciones de las Zeolitas Naturales:

Las zeolitas naturales se han clasificado en grupos, se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación estructural de las zeolitas naturales

Nombre	Contenido Típico de la Celda Unidad	Densidad (g/cms)	F. de poro	Tipo de canal
<i>Grupo 1 (S4R)</i>				
Analcima	$Na_{16}[(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{32}] + 16H_2O$	1.85	0.18	1
Harmotoma	$Ba_2[(AlO_2)_4(SiO_2)_{12}] + 12H_2O$	1.59	0.31	3
Phillipsita	$(K, Na)_{10}[(AlO_2)_{10}(SiO_2)_{22}] + 20H_2O$	1.58	0.31	3
Gismondina	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_8] + 16H_2O$	1.52	0.46	3
P	$Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{10}] + 15H_2O$	1.57	0.41	3
Paulingita	$(K_2, Na, Ca, Ba)_{76}[(AlO_2)_{152}(SiO_2)_{520}] + 700H_2O$	1.54	0.49	3
Laumontita	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_{16}] + 16H_2O$	1.77	0.34	1
Yugawaralita	$(K, Na)_{10}[(AlO_2)_{10}(SiO_2)_{22}] + 20H_2O$	1.81	0.27	2
<i>Grupo 2 (S6R)</i>				
Erionita	$(Ca, Mg, K_2, Ca_2)_{43}[(AlO_2)_9(SiO_2)_{27}] + 27H_2O$	1.51	0.35	3
Offretita	$(K_2, Na)_{27}[(AlO_2)_{54}(SiO_2)_{126}] + 15H_2O$	1.55	0.40	3
T	$(Na 1.2, K_2, B)[(AlO_2)_4(SiO_2)_{14}] + 14H_2O$	1.50	0.40	3
Levynita	$Ca_3[(AlO_2)_6(SiO_2)_{12}] + 18H_2O$	1.54	0.40	2
Omega	$(Na_{6.8}TMA_{1.6})[(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] + 21H_2O$	1.65	0.38	1
Sodalita	$Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_6] + 7.5H_2O$	1.72	0.35	3
Hidratada	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] + 19H_2O$	1.58	0.33	3
Losod				
<i>Grupo 3 (D4R)</i>				
A	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] + 27H_2O$	1.27	0.47	3
N-a	$(Na_4TMA_3)[(AlO_2)_7(SiO_2)_{17}] + 21H_2O$	1.3	0.5	3
ZK-4	$(Na_8TMA_{1.6})[(AlO_2)_8(SiO_2)_{15}] + 28H_2O$	1.3	0.47	3
<i>Grupo 4 (D6R)</i>				
Faujasita	$(Na_2K_2, Ca, Mg)_{29.5}[(AlO_2)_{59}(SiO_2)_{133}] + 235H_2O$	1.27	0.47	3
X	$Na_{96}[(AlO_2)_{96}(SiO_2)_{105}] + 264H_2O$	1.31	0.5	3
Y	$Na_{56}[(AlO_2)_{56}(SiO_2)_{136}] + 250H_2O$	1.27	0.48	3
Chabazita	$Ca_2[(AlO_2)_4(SiO_2)_8] + 13H_2O$	1.45	0.47	3
Gmelinita	$Na_8[(AlO_2)_8(SiO_2)_{16}] + 24H_2O$	1.46	0.44	3
ZK-5	$(R, Na_2)_{15}[(AlO_2)_{30}(SiO_2)_{66}] + 98H_2O$	1.46	0.44	3
L ^a	$K_9[(AlO_2)_9(SiO_2)_{27}] + 22H_2O$	1.61	0.32	1
<i>Grupo 5 (T₅O₁₀)</i>				
Natrolita	$Na_{16}[(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{24}] + 16H_2O$	1.76	0.23	2
Scolecita	$Ca_8[(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{24}] + 16H_2O$	1.75	0.31	2
Mesolita	$(Na_{16}Ca_{16})[(AlO_2)_{48}(SiO_2)_{72}] + 64H_2O$	1.75	0.30	2
Thomsonita	$(Na_4Ca_8)[(AlO_2)_{20}(SiO_2)_{20}] + 24H_2O$	1.76	0.32	2
Gonnardita	$(Na_4Ca_2)[(AlO_2)_8(SiO_2)_{12}] + 14H_2O$	1.74	0.31	2
Edingtonita	$Ba_2[(AlO_2)_4(SiO_2)_6] + 8H_2O$	1.68	0.36	2
<i>Grupo 6 (T₈O₁₆)</i>				
Mordenita	$Na_8[(AlO_2)_8(SiO_2)_{40}] + 24H_2O$	1.70	0.28	2
Dachiardita	$Na_5[(AlO_2)_5(SiO_2)_{19}] + 12H_2O$	1.72	0.32	2
Ferrierita	$(Na_{1.5}Mg_2)[(AlO_2)_{5.5}(SiO_2)_{30.5}] + 18H_2O$	1.76	0.28	2
Epistilbita	$Ca_3[(AlO_2)_6(SiO_2)_{18}] + 18H_2O$	1.76	0.25	2
Bikitaia	$Li_2[(AlO_2)_2(SiO_2)_4] + 2H_2O$	2.02	0.23	1
<i>Grupo 7 (T₁₀O₂₀)</i>				
Heulandita	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] + 24H_2O$	1.69	0.39	2
Clinoptilolita	$Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}] + 24H_2O$	1.71	0.34	?
Stilbita	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] + 28H_2O$	1.64	0.39	2
Brewsterita	$(Sr, Ba, Ca)_2[(AlO_2)_4(SiO_2)_{12}] + 10H_2O$	1.77	0.26	2

Fuente: Adaptado de Industrial Minerals and Rocks - Kogel

Propiedades de las Zeolitas:

Porosidad: Están formadas por diferentes cavidades y diferentes canales regulares y similares de dimensiones moleculares (3 a 13 nm) comparados con los diámetros cinéticos de muchas moléculas. Las zeolitas tienen una característica que hace que tenga un área interna amplia con relación a su área externa. La IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) reconoce a las zeolitas como partículas que tienen microporos con diámetros menores de 2 nm.

Adsorción: El nivel de adsorción que tiene las zeolitas es muy alto, ello se debe porque posee una gran superficie interna, es así como con la disminución del tamaño del poro se produce un nivel de adsorción que se incrementa de manera significativa, por consiguiente, la molécula adsorbida en confinamiento es mejor (Garcia, M.J, 2002).

Capacidad de Intercambio Iónico (C.I.I): Es un parámetro que evalúa la calidad de la zeolita, brinda una medida que proporciona el monto de equivalentes que un catión puede retener por intercambio iónico.

Zeolitas Sintéticas:

Son sólidos que se obtienen de soluciones acuosas saturadas de una adecuada composición, con temperaturas comprendidas entre 25°C y 300°C, poseen factores cinéticos, lo cual hace que las composiciones de las soluciones y la condición operativa varíe, es posible resumir Zeolitas de diferente estructura o la misma Zeolita con diferente composición química (Zarate y Gutiérrez, 2018). A nivel industrial las zeolitas sintéticas se pueden agrupar en tres grupos: a) Proceso hidrogel: a partir de reactivos solubles se preparan hidrogeles homogéneos, o bien, hidrogeles heterogéneos, se utiliza un gel de sílice coloidal y un aluminato de un metal alcalino, de esta manera al mezclarse los dos componentes forman un gel que cuando se envejece y se polimeriza se somete a cristalización en un depósito sellado a temperaturas entre 25 y 200°C, b) Conversión de arcillas: se emplea metacaolín que se forma del caolín (composición de silicio y aluminio), c)

Conversión de otras materias primas: Se emplea el vidrio, que se obtiene de las industrias metalúrgicas con contenidos elevados de Si y Al, ceniza de centrales térmicas de carbón.

Síntesis de zeolitas a partir de precursores naturales

Se utiliza este método principalmente para buscar fuentes cómodas de silicio y aluminio como una forma de producir la Zeolita tipo A, para preparación de detergentes. Entre la materia prima natural más empleada son: Ceniza residual de la combustión del carbón mineral, Vidrios volcánicos, Ceniza volcánica, Caolín, Perlita, Zeolitas naturales. La suma de NaOH o mezclas de NaOH y KOH, permiten la obtención de zeolitas tipo A. Sin embargo, utilizando estas fuentes naturales de materia prima hacen que su producción tenga costos competitivos con los habituales. En la tabla 3, se muestra cómo se obtiene Zeolitas con diferentes materias primas naturales.

Tabla 3. Producción de zeolitas sintéticas mediante procesos industriales

Proceso	Reactivos	Productos
Hidrogel	Oxidos Silicatos solubles Aluminatos solubles Caústicos	Polvos de alta pureza Gel preformado Zeolita en matriz de gel
Conversión de arcillas	Caolín Meta-caolín Caolín calcinado Arcilla con tratamiento ácido Silicato soluble Caústicos Cloruro de sodio	Polvos de alta y baja pureza, preformas de alta pureza sin aglomerar, zeolita en matriz de arcilla
Otros	SiO ₂ natural Minerales amorfos Vidrio volcánico Caústicos	Polvos de baja y alta pureza, zeolita o soporte cerámico, preformas sin aglomerar

Fuente: Zeolitas. Características, Propiedades y Aplicaciones Industriales, Giuseppe Giannetto Pace, Arturo Montes Rendón, La Habana Cuba, 2000.

Las Mezclas asfálticas

Se forman al combinar agregados pétreos con material asfáltico en proporciones exactas, con ello se logra establecer sus propiedades físicas de la mezcla una vez terminada. Para el diseño de la mezcla asfáltica se debe tener en cuenta dos aspectos importantes (Padilla, 2004, cap. 3, p. 40): a) Su Función, define en los materiales su resistencia y su espesor de la capa que se empleara en la construcción. b) Su Finalidad, donde la capa de rodadura debe resultar segura y confortable, aquí se define las condiciones de acabado y textura.

Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas:

Resistencia a la compresión

El material granular debe ser el óptimo porque es la base que soportara al pavimento flexible, es decir debe contar con una capa resistente a la compresión generada por cargas de tránsito y debe transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas (Montejo, 1998).

Una serie de características como una adecuada composición de partículas hace que se tenga una buena resistencia del pavimento, es decir, una base conformada con una variedad de partículas de distintos tamaños y con una forma adecuada, en general que el material tenga una fuerza a la fricción apropiada, de esta manera se garantizara en gran medida una adecuada resistencia estructural (Acosta y Macías, 2006).

Resistencia al corte

Para que los materiales de base de un pavimento flexible que será sometido a diferentes cargas no sufran por corte, es necesario que mantenga una rigidez constante, significa que este no debe fracturarse ni muchos menos romperse ya que ello hace que se vea afectada la composición de tamaños de las partículas, lo que conlleva a que la estructura no ofrezca la misma capacidad de soporte inicial (Menéndez, 2013). La resistencia de un material se da cuando el desgaste es bajo, y cuando hay una rigidez estable del mismo, para ello las partículas deben tener una forma apropiada, sin deformaciones, así como por su porosidad y fracturamiento (Acosta y Macias, 2006).

El Dispositivo de carga axial que mide la resistencia al corte puede ser cualquiera con capacidad suficiente y un adecuado control, en la Figura 2 se muestra un equipo para este fin.

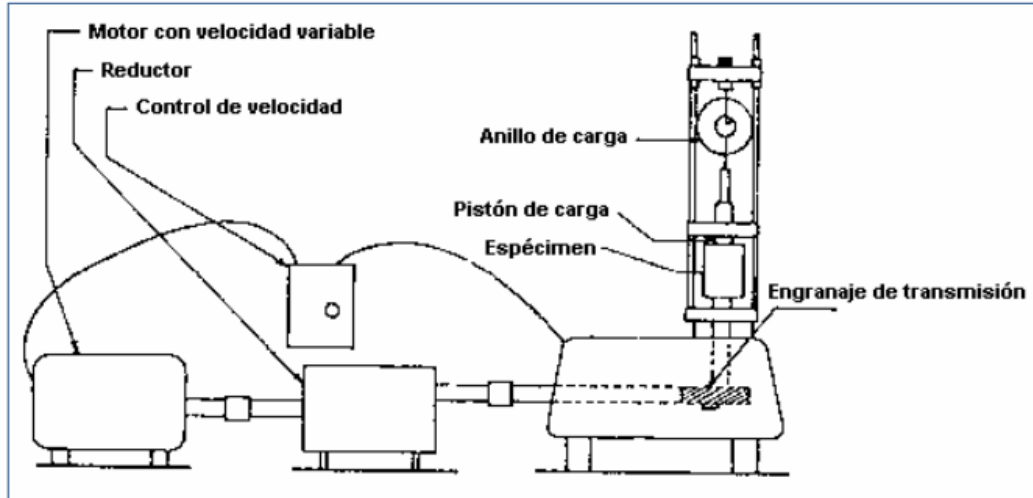


Figura 2. Dispositivo típico de carga

Resistencia a la tracción

Se emplea el método Marshall, donde se carga una probeta cilíndrica y se le aplica una carga de compresión diametral en lo largo de dos generatrices opuestas; para definir las características de las mezclas asfálticas, optimizar en función del contenido del ligante asfáltico, cohesión de la mezcla Asfáltica y la resistencia a su esfuerzo cortante, el factor por medir es la carga de rotura de la probeta, como norma de referencia tenemos NLT-346/90 (ensayo brasileño).

Se determina la resistencia a tracción indirecta con la siguiente formula:

$$Rt = \frac{2 * P}{\pi * h * d} \dots \dots \dots (\alpha)$$

En dónde:

Rt = Resistencia a la tracción indirecta (Kg. f/cm²)

P = Carga máxima de Rotura (Kg. f)

π = 3.1416

h = Altura de probeta (nm)

d = Diámetro de la probeta (nm)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de Investigación es Aplicativo, porque hace la comparación sobre cómo se comporta las mezclas asfálticas tradicional y las modificadas, así como también la reducción de costos e impacto ambiental (Tam, Vera & Oliveros; 2008).

El nivel de investigación es Correlacional, porque tiene el propósito de encontrar una relación entre la conducta de la mezcla asfáltica semicaliente con la mezcla asfáltica habitual (Hernández, Fernández & Baptista; 2006).

El Método de Investigación es Cuantitativo, ya que la prueba de hipótesis se basa en medidas numéricas, donde se establece patrones de comportamiento y se prueba teorías (Borja, 2016, p.11).

Diseño de la investigación es Experimental, porque los resultados buscan verificar sus propiedades mecánicas, sus beneficios económicos y ambientales del diseño de la mezcla asfáltica con adiciones de zeolita.

“En esta investigación se determinará la relación causa-efecto de un fenómeno físico o social” (Borja, 2016, p.14).

Para comprobar nuestra hipótesis trabajaremos con diferentes porcentajes de zeolitas 0%, 3%, 6%, 9%, por cada porcentaje se fabricarán tres briquetas a una temperatura de 100° C y 140° C respectivamente para la muestra patrón y de 100°C para la muestra modificada con adición de la zeolita.

3.2 Variables y Operacionalización

Tabla 4. Operacionalización de las Variables

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PEN 60/70 UTILIZANDO ZEOLITAS, LIMA 2021					
VARIABLE	DISEÑO CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Zeolitas	Las zeolitas son materiales cristalinos, inorgánicos y porosos que tiene una estructura tridimensional compuesta por aluminosilicatos en forma de tetraedros, esta unión hace que formen poros de un tamaño definido (Jhonson, 2014).	Empleo de diversas dosificaciones de zeolitas para determinar en cuánto varia la resistencia en el pavimento flexible.	Dosificaciones	0% zeolitas 3% zeolitas 6% zeolitas 9% zeolitas	Razón
			Propiedades físicas	Porosidad Absorción Capacidad de intercambio iónico	
Variable Dependiente: Mezcla asfáltica	Estructura que se deflecta o flexiona, ello depende de las cargas que transitan sobre él, está compuesta por la capa asfáltica, la capa base que está compuesta por agregados y la capa subbase (Yepes, 2014).	Medición de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica como resistencia a la comprensión, corte y tracción mediante ensayos en laboratorio.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la comprensión. Resistencia al corte. Resistencia a la tracción.	Razón

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según Tamayo (2012) es el total de un fenómeno de estudio que incluye un análisis de todas las unidades que componen dicho fenómeno y se tiene que cuantificar para determinar el estudio que se quiere realizar, incluyendo un conjunto N de entidades que participaran cumpliendo ciertos criterios.

El proyecto de investigación se hará empleando la Metodología Marshall, que estará conformado por una población de 60 briquetas de mezcla asfáltica (Ver Figura 3).



Figura 3. Briquetas de Mezcla Asfáltica

Muestra

Es un subgrupo que representa a la población o universo, en ella se refleja las propiedades de la población aplicando la técnica correcta del muestreo de la cual es procedente, debe incluirse un número mínimo de unidades y optimo (Valderrama, 2015, p. 184).

La muestra será definida por una muestra patrón sin zeolita y 20 muestras modificadas con zeolitas con dosificaciones de 3%, 6%, 9% para el cálculo de la resistencia a la compresión, 20 muestras modificadas con zeolitas con dosificaciones de 3%, 6%, 9% para el cálculo de la resistencia al corte y 20 muestras modificadas con zeolitas con dosificaciones de 3%, 6%, 9%, para el cálculo de la resistencia a tracción.

Muestreo

Es el método que se empleó para seleccionar las muestras (Arias, 2012, p.83).

Para este estudio de investigación se utilizó el método no probabilístico de tipo intencional.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Trabajo de Gabinete

Para desarrollar el proyecto de investigación se revisó: artículos científicos, trabajos de investigación, revistas, tesis de repositorios de universidades, bases de datos como Ebsco, Scielo, Scopus, ProQuest.

Trabajo de campo

Se realizó la averiguación de la cantera más cercana al lugar donde se encuentra el laboratorio, para así reducir los costos en la movilización de los materiales, se hizo la limpieza de impurezas de la piedra chancada y arena, se utilizó bolsas de polietileno de 20 kg para recolectar el material ya limpio, por último, se hizo la compra de cemento asfáltico PEN 60/70. Posteriormente en el laboratorio se hizo el análisis granulométrico de los

agregados utilizando los tamices según normas ASTM, gravedad específica, peso específico y absorción.

3.5 Procedimientos

La prueba experimental para recolección de los datos se lleva a cabo en el Laboratorio Ingeocontrol ubicado en el Distrito de San Martín de Porres.

Los análisis para determinar la morfología de la zeolita, así como su composición se realizaron en el Laboratorio Química Industrial Perú, donde se hizo un análisis para evaluar la concentración de Silicio, Aluminio, Potasio, Sodio, Magnesio, entre otros, para así determinar si es un material puzolánico.

Procesamiento de la Zeolita Natural

El proceso inicio con la limpieza del material, triturado y tamizado con tamices de 20, 30, 40, 50 y 60 (ASTM E11-61), considerando para el estudio el tamaño de partículas de malla 20 y 30, luego se lavó con agua bidestilada y se puso a secar en una estufa a 100°C en un lapso de 24 horas, consiguiendo partículas finas de color blanquecino (Ver Figura 4 y 5).



Figura 4. Muestras de zeolita natural triturada



Figura 5. Muestra de zeolita natural tamizado

3.6 Métodos de análisis de datos

Es la actividad de verificar, identificar y analizar los datos de un problema (Pérez, Galán y Quintanal, 2012).

En la investigación se tendrá que desarrollar pruebas de laboratorio y ensayos de las probetas de donde se evaluará los cambios o alteraciones que se producen en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, incorporando zeolitas.

Validez

Para Yuni y Ariel (2014) la validez es el aparato que pretende medir y observar, la señal de descubrimiento [...]. La validez de los instrumentos se encuentra validado por las normas peruanas.

Confiabilidad

Según Hernández (2014) manifiesta que la confiabilidad es el grado en aplicar repetidas veces al mismo objeto o sujeto y cause iguales resultados. La confiabilidad será comprobada con cuyos certificados de calibración de los equipos, con un tiempo no mayor a 1 año desde su última calibración.

3.7 Aspectos éticos

Las fuentes empleadas en la presente investigación son fidedignas y con rigor científico, ya que cumplen con lo establecido en las normas internacionales ISO en el citado de las referencias, respetando la propiedad intelectual de los autores.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presenta todos los ensayos elaborados para la correcta comparación entre la mezcla asfáltica con zeolitas y sin zeolitas, empleando agregados gruesos y finos aplicados en el diseño de la mezcla.

Los ensayos realizados para el agregado grueso considero piedra chancada que se obtuvo de la Cantera Trapiche.

En primer lugar, se llevó a cabo el análisis granulométrico por tamizado (ASTM C-136), en este ensayo se determinó de manera cuantitativa las características físicas de las partículas compuesta por la muestra M-1, en estado natural, haciendo la clasificación y separándolo según su tamaño, para ello se emplearon mallas de diferentes dimensiones para así determinar el tamaño de las partículas.

Tabla 5. Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C-136)

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa		
1"	25.400				100.0		
3/4"	19.050		-	-	100.0	Calculos.	
1/2"	12.700	897.0	21.7	21.7	78.3	Tara	M-1
3/8"	9.525	1,002.0	24.2	45.9	54.1	Peso de Tara	695 g
1/4"	6.350					Tara + muestra Humeda	4,849 g
N° 4	4.760	1,946.0	47.0	92.9	7.1	Tara + muestra Seca	4,832 g
N° 6	3.360					Contenido de Humedad (%)	0.4
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	278.0	6.7	99.7	0.3	Muestra Seca	4,136.9 g
N°16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426	3.7	0.1	99.8	0.2		
N° 50	0.297					Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	0.8	0.0	99.8	0.2	Agregado Grueso.	92.9 %
N° 100	0.149					Agregado Fino.	6.9 %
N° 200	0.074	1.5	0.0	99.8	0.2	Fino Malla 200.	0.2 %
FONDO	-	7.9	0.2	100.0	0.0		

En la tabla 5 observamos que el porcentaje de agregado grueso (gravas) retenido entre los tamices de 1/2" al N°4 es del 92.9%, el agregado fino (arenas) que se retuvo entre los tamices N°8 al N°40 es del 6.9%, y los finos retenidos en la malla N°200 es del 0.2%, la cual indica que la muestra cumple con la norma del MTC EG-2013 (Sección 423)

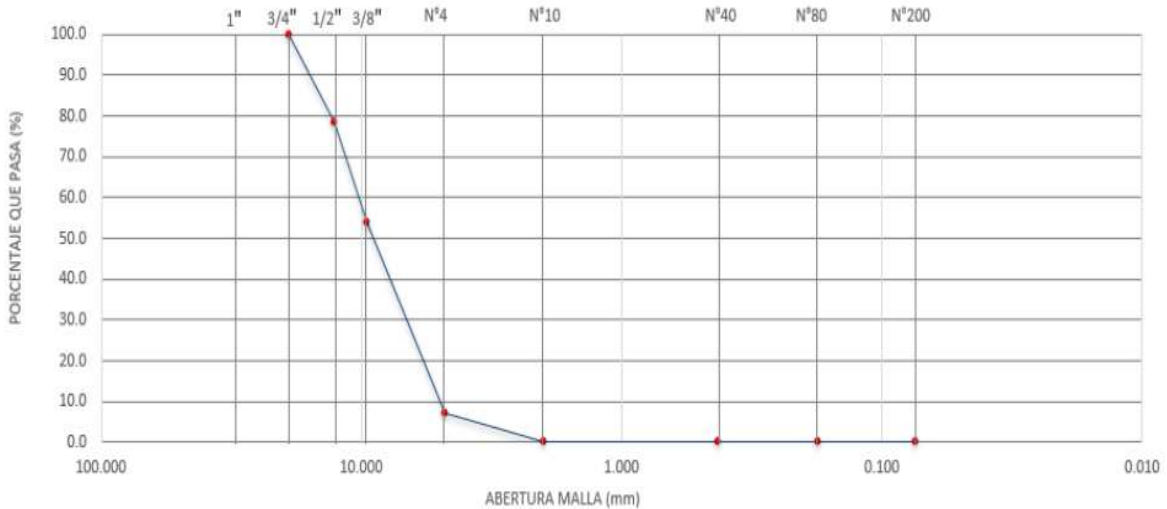


Figura 6. Curva granulométrica de los agregados en estado natural

Según lo mostrado en la Figura 6, se observa que por el tamiz de 1" y 3/4" el porcentaje de partículas que pasa es del 100%, de ahí se aprecia el punto de inicio de la curva, en el tamiz 1/2" el porcentaje de partículas que pasa es del 78.3%, en el tamiz 3/8" el porcentaje de partículas que pasa es del 54.1%, en el tamiz N°4 el porcentaje de partículas que pasa es del 7.1%, en el tamiz N°10 el porcentaje de partículas que pasa es del 0.3%, en el tamiz N°40 el porcentaje de partículas que pasa es del 0.2%, en el tamiz N°80 el porcentaje de partículas que pasa es del 0.2% y en el tamiz N°200 el porcentaje de partículas que pasa es del 0.2%.

Tabla 6. Análisis granulométrico del diseño de mezcla asfáltica convencional

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)								
TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN MAC-2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Arena	Filler				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	Observaciones : Según especificación técnica MTC EG -2013 (Sección 423) Pavimento de concreto asfáltico en caliente. Mezcla agregados diseño asfalto MAC-2
1/2"	12.500	78.3	100.0	100.0	91.3	80	100	
3/8"	9.500	54.1	100.0	100.0	81.6	70	88	
1/4"	6.350							
# 4	4.750	7.1	99.2	100.0	62.4	51	68	
# 8	2.360							Grava 40.0 %
# 10	2.000	0.3	75.6	100.0	46.0	38	52	
# 16	1.180							Arena 58.0 %
# 30	0.600							
# 40	0.420	0.2	33.6	100.0	21.6	17	28	Filler 2.00 %
# 80	0.180	0.2	16.8	100.0	11.8	8	17	
# 100	0.150							
# 200	0.075	0.2	5.2	100.0	5.1	4	8	
>200								
MEZCLA		40.0%	58.0%	2.0%	100.00			

En la tabla 6 se indica que los datos obtenidos del material combinado (Material N°01, 03 y 04) a utilizar para el diseño de las mezclas asfálticas señalado en la columna "Prueba N°01" se encuentra dentro de los rangos estipulados en la especificación técnica del MTC EG-2013.

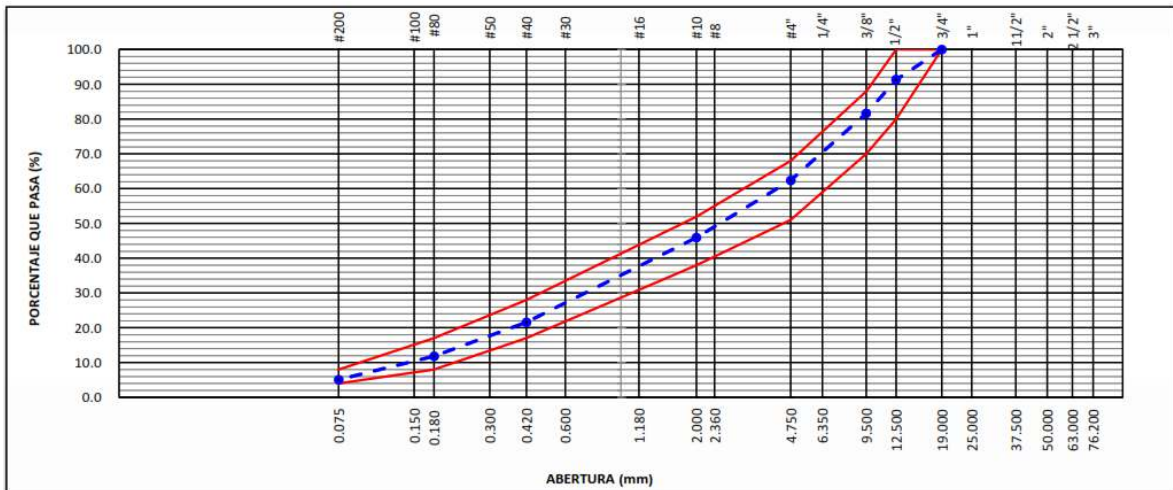


Figura 7. Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica convencional

En la Figura 7, se observa la curva granulométrica se encuentra dentro de los rangos establecidos en el manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), por lo tanto, el material es el óptimo y se puede utilizar para diseño de las mezclas asfálticas.

Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C-127)

Según MTC E 206 – E 205 (2016) se llenan los poros de las muestras de los agregados con agua, sumergiendo por 24 horas, en seguida se seca el agua de la superficie sacándola del agua y luego se pesa.

Nuevamente lo sumergimos en el agua a la dicha muestra y se pesa, luego por tercera vez se pesa la muestra una vez secada en el horno. Obteniendo los datos de los pesos, se puede encontrar su absorción y sus tres tipos de peso específico.

La prueba de absorción se especifica como incremento de la masa del agregado pétreo como consecuencia de la filtración del agua a través de sus poros que existente en el material, no se incluye el agua adherida superficialmente y al exterior de las partículas, de esta manera se muestra el porcentaje de la masa seca del material. Se indica que el agregado es “seco” cuando ha sido sometido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por tiempos considerables para eliminar completamente el agua que no se ha mezclado (Ver Tabla 7 y 8).

Tabla 7. Peso de la muestra

DATOS		A	B
1	Peso de la muestra sss	3000.3	2818.5
2	Peso de la muestra sss sumergida	1946.0	1829.2
3	Peso de la muestra secada al horno	2978.0	2796.7

Tabla 8. Peso específico de la masa

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.825	2.827	2.826
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.846	2.849	2.847
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.886	2.891	2.888
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.7	0.8	0.8

Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C-128)

Se selecciona por cuarteo una cantidad aproximada de 1 kg, se ingresa para secar al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, luego de 24 h se saca la muestra del horno y se dejara enfriar a una temperatura ambiente durante aproximadamente entre 1 a 3 h, se cubre la muestra completamente con agua sumergiéndola por 24 h, se decanta con cuidado el agua para impedir la pérdida de finos, se seca la muestra con una secadora, se coloca un molde cónico donde se va ingresando la muestra para determinar la compactación, se introduce en el picnómetro 0.5 kg de muestra y se agrega agua, luego se deja el picnómetro en una vasija con agua a temperatura ambiente durante 1h, luego se retira el picnómetro del agua, se pesa picnómetro, muestra y agua, se saca la muestra y se seca en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, después de 24 h se saca la muestra del horno y se dejara secar a temperatura ambiente durante 1h y finalmente se determina su peso seco (Ver Tabla 9).

Tabla 9. *Peso específico del agregado fino*

	IDENTIFICACIÓN	1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.00	500.00	
B	Peso Frasco + agua	670.33	678.50	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	985.68	993.41	
D	Peso del Mat. Seco	494.18	494.95	
	Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$	2.676	2.674	2.675
	Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$	2.708	2.701	2.705
	Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$	2.763	2.749	2.756
	% Absorción = $100*((A-D)/D)$	1.18	1.02	1.1

Diseño de mezclas con asfalto diluidos usando el procedimiento del Ensayo Marshall

Una vez determinada las proporciones exactas de los agregados, lo que sigue es encontrar el óptimo contenido del asfalto en la mezcla asfáltica. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Se dejan secar los agregados pétreos a temperatura ambiente.
- De acuerdo a la granulometría de los agregados pétreos se prepara una serie de tres especímenes, por lo menos por cada contenido de asfalto. Se considerará una diferenciación de asfalto de 0.5% cada vez, y se necesitará varias mezclas para que se obtengan dos por debajo y dos por encima del óptimo.

Se tomará 1250 gr de agregado, según su granulometría se distribuirá proporcionalmente. A partir del porcentaje de asfalto en la mezcla se calcula la cantidad de asfalto a añadir. Para un contenido de asfalto de 4.5%, el peso de asfalto añadido será de 56.25 gr. El asfalto diluido utilizado en esta investigación es el PEN 60/70 (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Peso por mallas para distintos porcentajes de cemento asfáltico

para briquetas de		1250				
% de Cemento Asf.		4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
Agregados en la mezcla		1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
Agregados por mallas						
Tamiz	% ret. Parcial	peso (g)	peso (g)	peso (g)	peso (g)	peso (g)
1/2"	8.6	103.14	102.6	102.1	101.5	101.0
3/8"	9.7	116.03	115.4	114.8	114.2	113.6
N° 4	19.3	229.96	228.8	227.6	226.4	225.1
N° 10	16.4	195.87	194.8	193.8	192.8	191.8
Arena	44.0	524.87	522.1	519.4	516.6	513.9
FILLER	2.0	23.88	23.8	23.6	23.5	23.4
Cemento Asfáltico		56.25	62.5	68.8	75.0	81.3

En la tabla 11 se muestran los pesos que se retienen en las mallas de 1/2", 3/8", N°4, N°10, arena y filler para cada porcentaje de cemento asfáltico que se utilizó.

Tabla 11. Peso específico máximo para distintos porcentajes de cemento asfáltico (ASTM D2041)

PESOS PARA RICE		1500				
% de Cemento Asf.		4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
Agregados en la mezcla		1432.5	1425.0	1417.5	1410.0	1402.5
Agregados por mallas						
Tamiz	%ret. Parcial	peso (g)	peso (g)	peso (g)	peso (g)	peso (g)
1/2"	8.6	123.8	123.1	122.5	121.8	121.2
3/8"	9.7	139.2	138.5	137.8	137.1	136.3
N° 4	19.3	276.0	274.5	273.1	271.6	270.2
N° 10	16.4	235.0	233.8	232.6	231.4	230.1
Arena	44.0	629.8	626.5	623.2	619.9	616.7
Filler	2.0	28.7	28.5	28.4	28.2	28.1
Cemento Asfáltico		67.5	75.0	82.5	90.0	97.5

La tabla 11 es importante porque aquí se determina un patrón para efectuar correcciones, y se usa para: a) Cálculo de vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas, b) Cálculo de la cantidad de mezcla asfáltica absorbido por el agregado, c) Proveer valores de referencia para la compactación de mezclas asfálticas.

Ensayo Marshall a la mezcla asfáltica convencional

Para evaluar los parámetros de nuestra mezcla asfáltica convencional, se determinaron realizar los ensayos por el método Marshall. A continuación presentamos las siguientes tablas donde se muestra el diseño de la mezcla asfáltica convencional agregando cinco contenidos de cemento asfáltico.

Tabla 12. Informe de ensayo Marshall (4.5% cemento asfáltico)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					35.93			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					57.66			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.91			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.690			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.664			
11	Altura promedio de la briqueeta cm								
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)				1231.5	1237.4	1234.8		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60' (gr)				1233.7	1239.7	1236.9		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)				708.1	712.5	710.2		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				525.6	527.2	526.7		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)				2.343	2.347	2.344	2.345	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.541			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7.8	7.6	7.7	7.7	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.747	2.687		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.733	2.754		
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.19	2.752		
22	% de Asfalto Efectivo					4.68			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.6	18.4	18.5	18.5	14
25	% Vacios llenos con C.A.				58.0	58.5	58.1	58.2	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				10.2	10.3	10.7	10.4	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1339	1321	1347		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1285	1268	1293	1282	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4982	4840	4772	4865	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingecocontrol)

En la Tabla 12 se muestra los resultados, que se obtuvieron al añadir 4.5% de cemento asfáltico del ensayo por el método Marshall.

Tabla 13. Informe de ensayo Marshall (5% cemento asfáltico)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					35.74			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					57.36			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.90			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.690			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.664			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1226.4	1234.2	1231.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1228.0	1236.3	1233.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				709.4	715.5	713.1		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				518.6	520.8	519.9		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.365	2.370	2.368	2.368	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.523			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				6.3	6.1	6.1	6.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.747			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.735			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.17			
22	% de Asfalto Efectivo					5.16			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.0			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.2	18.0	18.1	18.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				65.6	66.4	66.1	66.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.0	11.8	12.0	11.9	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1238	1225	1203		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1238	1225	1203	1222	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4072	4083	3931	4029	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 13 se muestra los resultados, que se obtuvieron al añadir 5% de cemento asfáltico del ensayo por el método Marshall.

Tabla 14. Informe de ensayo Marshall (5.5% cemento asfáltico)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					35.55			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					57.06			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.89			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.690			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.664			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1233.1	1230.4	1235.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)				1234.2	1231.6	1236.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				716.5	714.8	718.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				517.7	516.8	518.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.382	2.381	2.384	2.382	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.504			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.9	4.9	4.8	4.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.747			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.736			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.15			
22	% de Asfalto Efectivo					5.65			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.1			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.1	18.1	18.0	18.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				73.0	72.8	73.3	73.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.3	12.1	12.5	12.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1198	1205	1171		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1198	1205	1171	1191	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3840	3912	3694	3815	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 14 se muestra los resultados, que se obtuvieron al añadir 5.5% de cemento asfáltico del ensayo por el método Marshall.

Tabla 15. Informe de ensayo Marshall (6% cemento asfáltico)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					35.37			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					56.75			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.88			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.690			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.664			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1234.1	1233.5	1238.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1235.0	1234.2	1239.4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				723.3	721.0	725.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				511.7	513.2	513.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.412	2.404	2.410	2.409	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.490			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.1	3.5	3.2	3.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.747			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.742			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.07			
22	% de Asfalto Efectivo					6.06			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.2			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.5	17.8	17.5	17.6	14
25	% Vacios llenos con C.A.				82.0	80.5	81.7	81.4	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.0	13.2	13.0	13.1	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1154	1135	1121		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1154	1135	1121	1137	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3486	3388	3407	3427	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 15 se muestra los resultados, que se obtuvieron al añadir 6% de cemento asfáltico del ensayo por el método Marshall.

Tabla 16. Informe de ensayo Marshall (6.5% cemento asfáltico)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					35.18			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					56.45			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.87			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.690			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.664			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1237.6	1231.2	1235.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1238.1	1231.6	1236.1		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				727.3	722.9	725.8		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				510.8	508.7	510.3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.423	2.420	2.421	2.421	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.476			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				2.1	2.2	2.2	2.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.747			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.749			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.02			
22	% de Asfalto Efectivo					6.48			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.3			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.5	17.6	17.6	17.6	14
25	% Vacios llenos con C.A.				87.8	87.3	87.4	87.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.2	14.1	13.8	14.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1002	995	1015		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1002	995	1015	1004	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2776	2787	2900	2821	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingecontrol)

En la Tabla 16 se muestra los resultados, que se obtuvieron al añadir 6.5% de cemento asfáltico del ensayo por el método Marshall.

Tabla 17. Informe del ensayo Gravedad Especifica Máxima (ASTM D2041)

MUESTRAN°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	3252.0	3252.0	3252.0	3252.0	3252.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0	9031.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	8449.0	8442.0	8436.0	8435.0	8430.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9928.0	9928.0	9926.0	9919.0	9918.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1479.0	1486.0	1490.0	1484.0	1488.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	582.0	589.0	595.0	596.0	601.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.541	2.523	2.504	2.490	2.476
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales (Ingeocontrol)

En la tabla 17 se muestra los resultados de los ensayos de gravedad especifica máxima, mediante los cálculos y análisis de los diferentes pesos y volúmenes para cada serie de cemento asfáltico.

Ya obtenido los datos de las muestras, procedimos a realizar las gráficas para así poder determinar el óptimo contenido del cemento asfáltico y por consecuente su índice de rigidez.

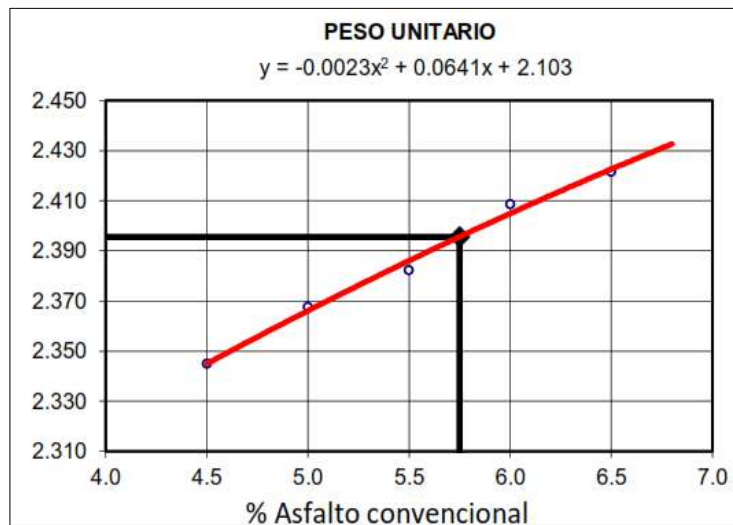


Figura 8. Peso Unitario vs Asfalto Convencional

En la figura 8 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo su peso unitario de 2.395 g/cm².

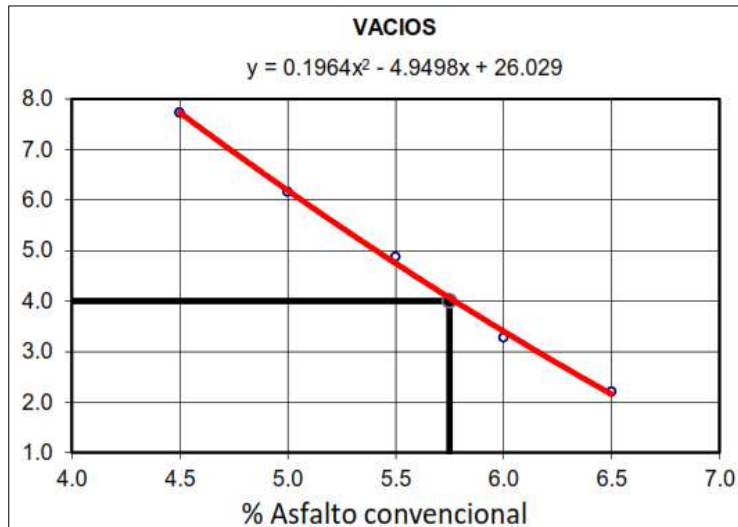


Figura 9. Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional

En la figura 9 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo un Porcentaje de vacíos de 4%, el cual se encuentra en los rangos establecidos en el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 3% y 5%.

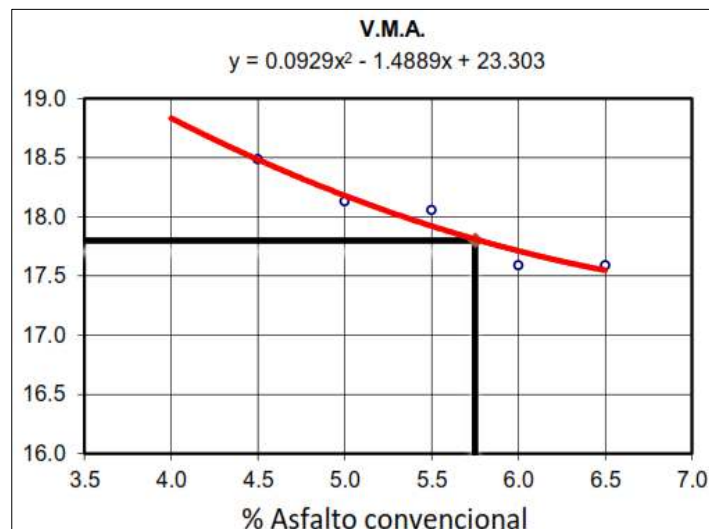


Figura 10. Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional

En la figura 10 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo un Porcentaje de vacíos de Agregado Mineral de 17.8%.

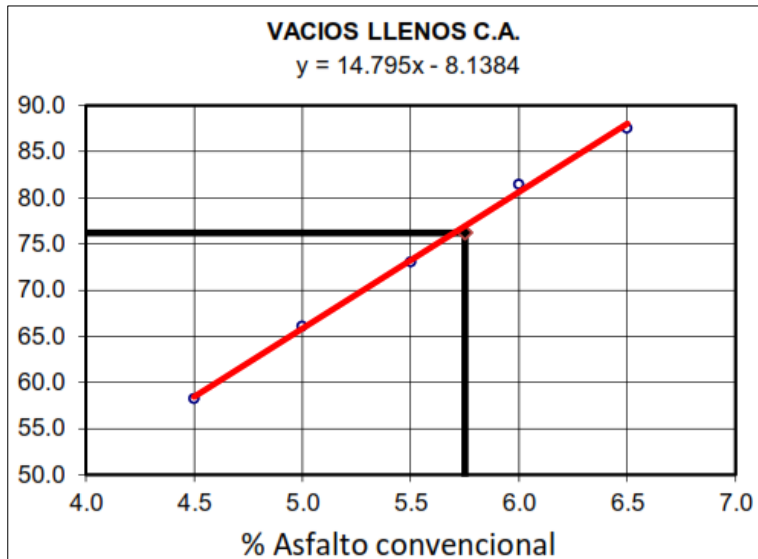


Figura 11. Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional

En la figura 11 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo un Porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 76.2%.

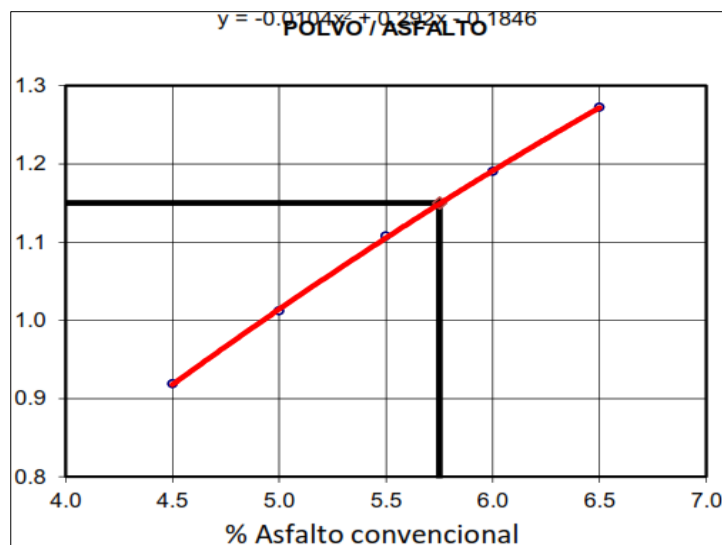


Figura 12. Polvo vs Asfalto Convencional

En la figura 12 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo un polvo/asfalto de 1.1, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos en el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 0,6 y 1,3.

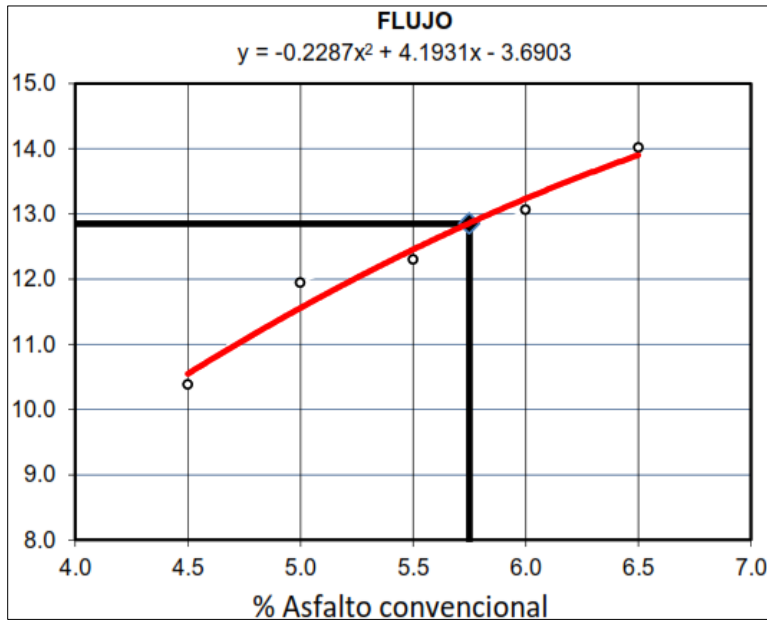


Figura 13. Flujo vs Asfalto Convencional

En la figura 13 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo un flujo de 12.9%, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos en el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 8% y 14%.

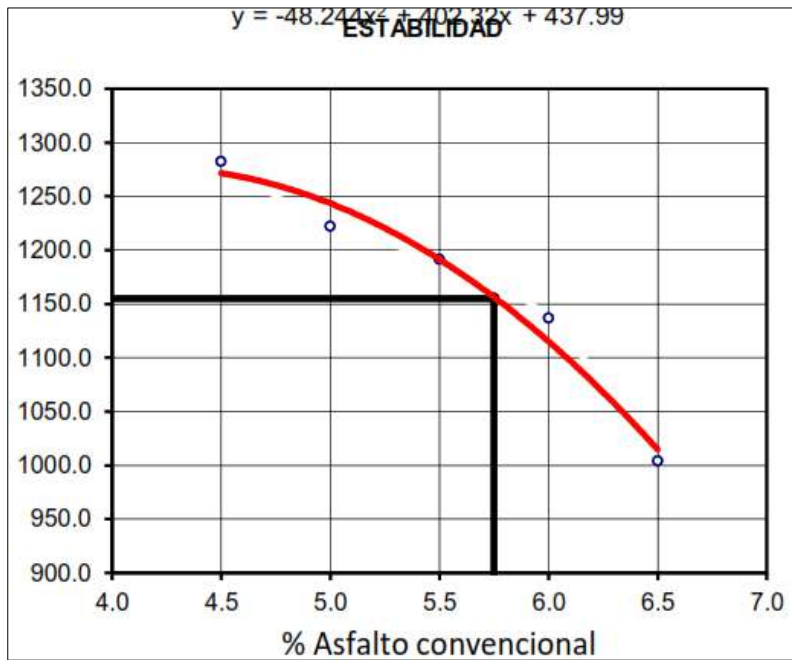


Figura 14. Estabilidad vs Asfalto Convencional

En la figura 14 se puede observar el óptimo contenido de cemento asfáltico convencional con un 5.75%, obteniendo una estabilidad 1155 lb (5,14 kN), el cual se encuentra dentro del rango establecido por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica, donde señala que debe ser ≤ 8.15 kN.

Ensayo Marshall a la mezcla asfáltica modificada

Para evaluar los parámetros de nuestra mezcla asfáltica modificada, se determinaron realizar los ensayos por el método Marshall. A continuación, presentamos las siguientes tablas donde se muestra el diseño de la mezcla asfáltica modificada aplicando 3%, 6%, 9% de zeolita.

Tabla 18. Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 4.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla						4.5			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						34.80			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						55.85			
- % Zeolita en peso de la Mezcla						3.00			
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla						1.85			
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.020			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.826			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.554			
- Peso Especifico de la Zeolita						2.200			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.120			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc						2.888			
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc						2.692			
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1242.6	1241.5	1239.6		
13 Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)					1247.0	1245.6	1243.7		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					702.5	702.6	699.2		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					544.5	543.0	544.5		
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.282	2.286	2.277	2.282	
17 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.476			
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					7.8	7.7	8.1	7.9	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.642			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.655			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						0.18			
22 % de Asfalto Efectivo						4.33			
23 Relación Polvo/Asfalto						0.8			0.6 - 1.3
24 V.M.A.					17.5	17.4	17.7	17.5	14
25 % Vacios llenos con C.A.					55.3	55.9	54.5	55.2	
26 Flujo 0,01"(0,25 mm)					11.7	11.8	12.0	11.9	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)					1415	1385	1427		
28 Factor de estabilidad					0.93	0.93	0.93		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28					1316	1288	1327	1310	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					4416	4294	4337	4349	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 18 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 3% de zeolita y 4.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 19. Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					34.61			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					55.55			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					3.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.84			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.554			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.692			
11	Altura promedio de la briqueeta cm								
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)				1241.8	1240.6	1240.6		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60' (gr)				1245.1	1244.4	1244.2		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)				703.7	705.4	704.1		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				541.4	539.0	540.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)				2.294	2.302	2.297	2.298	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.459			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				6.7	6.4	6.6	6.6	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.642			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.656			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.20			
22	% de Asfalto Efectivo					4.81			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.5	17.2	17.4	17.4	14
25	% Vacios llenos con C.A.				61.7	62.9	62.2	62.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.4	12.6	12.7	12.6	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1371	1363	1350		
28	Factor de estabilidad				0.93	0.93	0.93		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1275	1268	1256	1266	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4048	3961	3887	3965	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 19 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 3% de zeolita y 5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 20. Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 5.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					34.43			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					55.24			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					3.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.83			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.554			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.692			
11	Altura promedio de la briketa cm								
12	Peso de la briketa al aire (gr)				1240.8	1240.8	1239.4		
13	Peso de la briketa al agua por 60' (gr)				1243.2	1243.3	1241.8		
14	Peso de la briketa desplazada (gr)				708.4	709.3	707.2		
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				534.9	534.0	534.6		
16	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.320	2.324	2.318	2.321	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.447			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.2	5.0	5.2	5.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.642			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.664			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.31			
22	% de Asfalto Efectivo					5.21			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.0			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.0	16.9	17.1	17.0	14
25	% Vacios llenos con C.A.				69.5	70.2	69.3	69.7	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.6	12.7	12.8	12.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1266	1279	1251		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1215	1228	1201	1215	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3786	3801	3707	3765	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 20 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 3% de zeolita y 5.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 21. Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 6% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					34.24			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.94			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					3.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.82			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.554			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.692			
11	Altura promedio de la briqueeta cm								
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)				1237.4	1239.9	1240.6		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60' (gr)				1239.2	1241.6	1242.3		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)				710.6	708.6	710.7		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				528.6	533.0	531.6		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)				2.341	2.326	2.334	2.334	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.427			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.5	4.2	3.8	3.8	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.642			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.661			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.28			
22	% de Asfalto Efectivo					5.74			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.1			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				16.7	17.2	17.0	17.0	14
25	% Vacios llenos con C.A.				78.8	75.9	77.4	77.4	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.2	13.3	13.2	13.2	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1201	1187	1226		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1153	1140	1177	1156	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3442	3371	3503	3439	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 21 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 3% de zeolita y 6% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 22. Informe Ensayo Marshall (3% zeolita – 6.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					34.05			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.64			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					3.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.81			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.554			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.692			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1243.4	1241.2	1239.7		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´ (gr)				1244.5	1242.4	1240.8		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				717.0	713.4	713.8		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				527.5	529.0	527.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.357	2.346	2.352	2.352	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.418			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				2.5	3.0	2.7	2.7	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.642			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.673			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.45			
22	% de Asfalto Efectivo					6.08			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.2			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				16.6	17.0	16.8	16.8	14
25	% Vacios llenos con C.A.				84.7	82.4	83.7	83.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.5	14.2	14.1	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1079	1098	1033		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1036	1054	992	1027	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2815	2920	2770	2835	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 22 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 3% de zeolita y 6.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Ya obtenido los datos de las muestras, procedimos a realizar las gráficas para así poder comparar su índice de rigidez con 3% de zeolita.

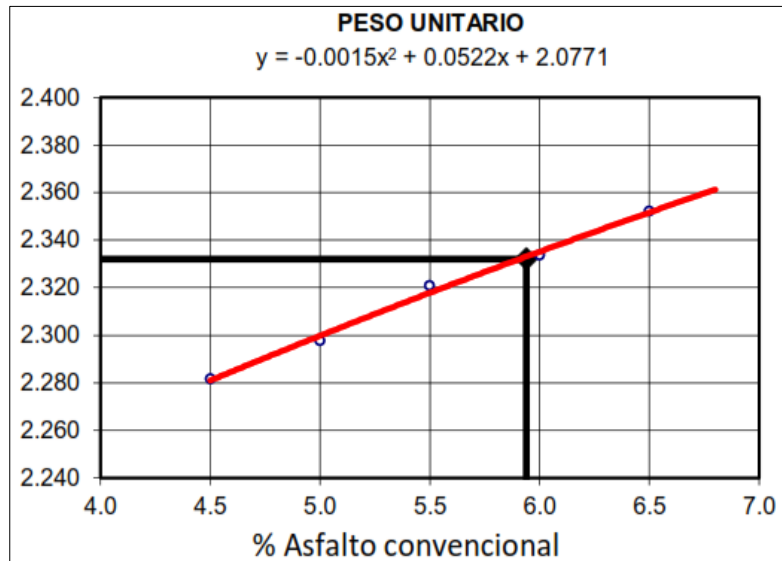


Figura 15. Peso Unitario vs Asfalto Convencional

En la figura 15 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo su peso unitario de 2.332 g/cm².

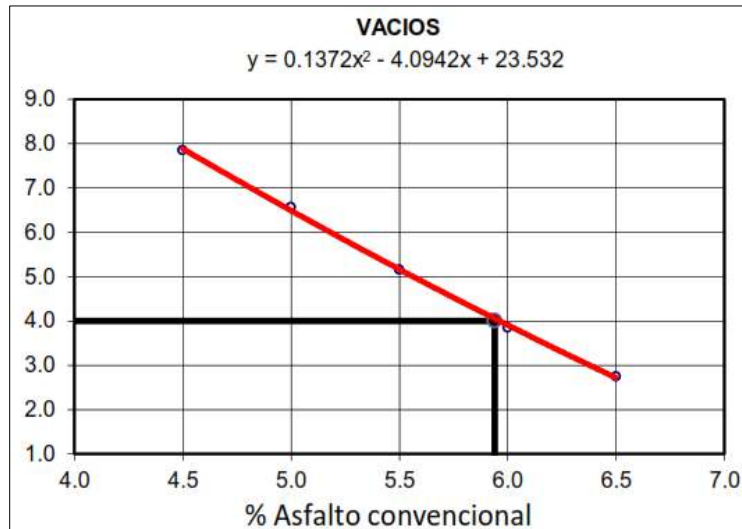


Figura 16. Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional

En la figura 16 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo un Porcentaje de vacíos de 4%, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 3% y 5%.

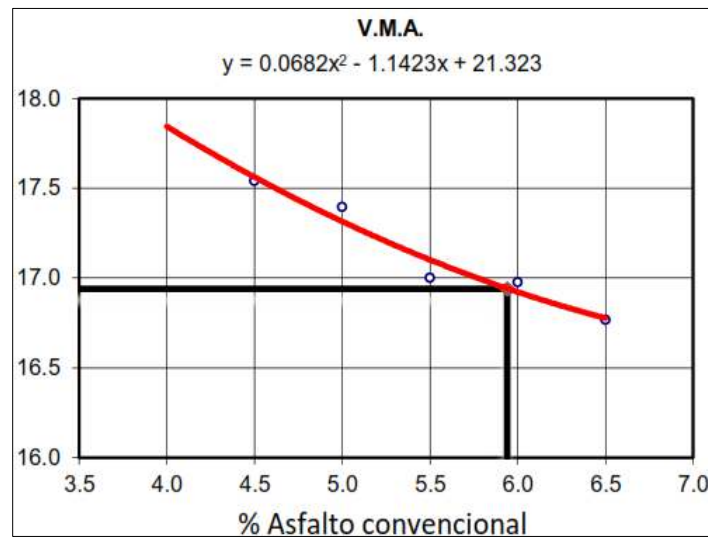


Figura 17. Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional

En la figura 17 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo un Porcentaje de vacíos de Agregado Mineral de 16.9%.

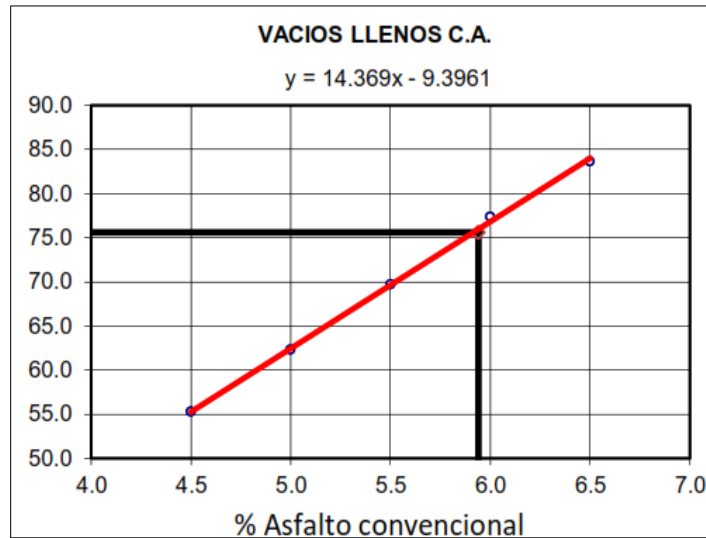


Figura 18. Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional

En la figura 18 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo un Porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 75.6%.

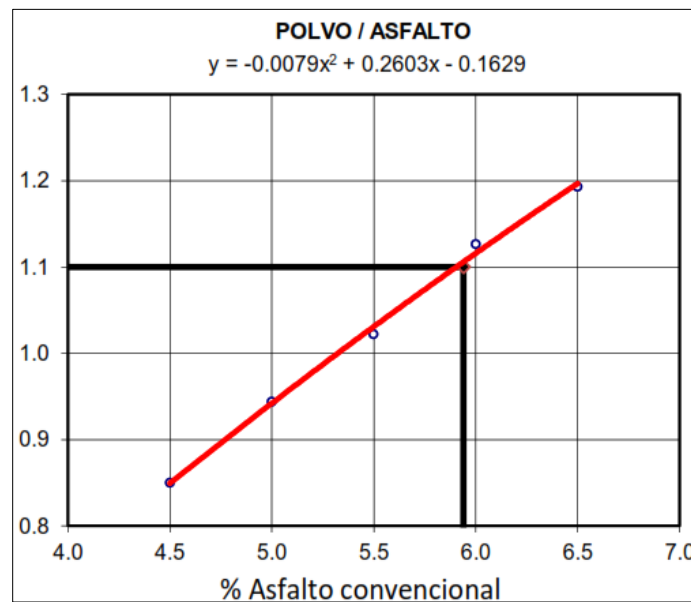


Figura 19. Polvo vs Asfalto Convencional

En la figura 19 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo un polvo/asfalto de 1.1, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 0,6 y 1,3.

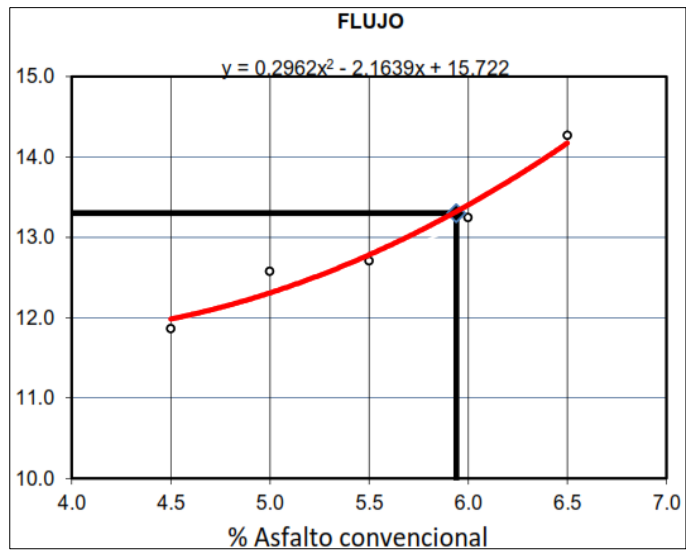


Figura 20. Flujo vs Asfalto Convencional

En la figura 20 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo un flujo de 13.3%, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 8% y 14%.

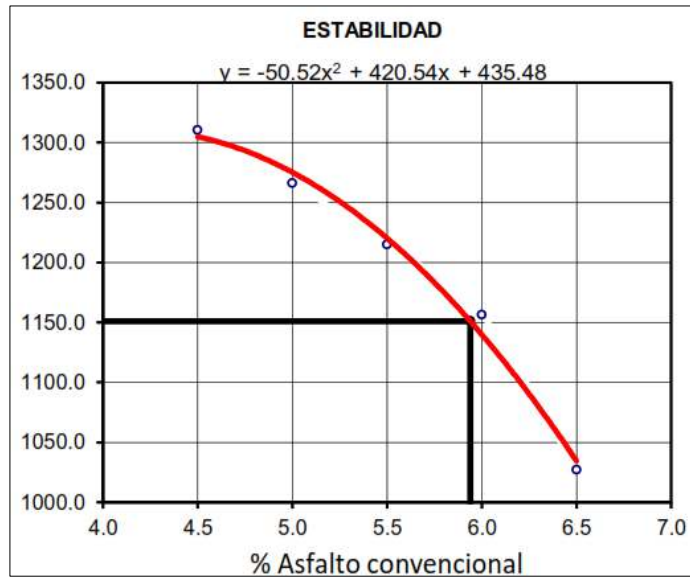


Figura 21. Estabilidad vs Asfalto Convencional

En la figura 21 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 5.94%, obteniendo una estabilidad 1151 lb (5,12 Kn), el cual se encuentra dentro del rango establecido por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica, donde señala que debe ser ≤ 8.15 Kn.

Tabla 23. Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 4.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					33.67			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.04			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					6.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.79			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1242.3	1244.4	1240.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1246.4	1248.6	1244.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685.2	687.3	682.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				561.1	561.3	561.7		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.214	2.217	2.208	2.213	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.406			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				8.0	7.9	8.2	8.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.549			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.571			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.34			
22	% de Asfalto Efectivo					4.17			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.0	16.9	17.3	17.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				53.1	53.6	52.3	53.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				11.5	11.5	11.6	11.6	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1564	1600	1570		
28	Factor de estabilidad				0.86	0.86	0.86		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1345	1376	1350	1357	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4591	4696	4577	4621	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 23 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 6% de zeolita y 4.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 24. Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					33.49			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.73			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					6.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.78			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1240.8	1243.2	1241.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1244.1	1250.0	1245.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				688.2	692.4	690.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				555.9	557.6	555.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.232	2.230	2.233	2.232	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.403			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				7.1	7.2	7.1	7.1	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.549			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.588			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.61			
22	% de Asfalto Efectivo					4.42			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				16.8	16.9	16.8	16.8	14
25	% Vacios llenos con C.A.				57.6	57.2	57.8	57.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.3	12.1	12.0	12.2	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1455	1431	1457		
28	Factor de estabilidad				0.89	0.89	0.89		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1295	1274	1297	1288	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4150	4135	4238	4174	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 24 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 6% de zeolita y 5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 25. Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 5.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					33.30			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.43			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					6.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.77			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1237.5	1242.2	1238.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 '(gr)				1240.6	1244.7	1241.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				695.0	697.2	696.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				545.6	547.5	545.3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.268	2.269	2.271	2.269	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.393			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.2	5.2	5.1	5.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.548			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.596			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.74			
22	% de Asfalto Efectivo					4.80			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.9	15.9	15.8	15.8	14
25	% Vacios llenos con C.A.				67.2	67.3	67.8	67.4	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.4	12.5	12.6	12.5	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1334	1386	1352		
28	Factor de estabilidad				0.93	0.89	0.93		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1241	1234	1257	1244	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3938	3879	3929	3916	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 25 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 6% de zeolita y 5.5% de cemento asfaltico por el método Marshall.

Tabla 26. Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 6% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					33.11			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.13			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					6.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.76			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1241.6	1240.1	1243.7		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1243.7	1242.1	1245.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				698.9	700.1	700.7		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				544.8	542.0	545.2		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.279	2.288	2.281	2.283	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.382			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.3	3.9	4.2	4.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.548			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.604			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.86			
22	% de Asfalto Efectivo					5.19			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.0			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.9	15.6	15.9	15.8	14
25	% Vacios llenos con C.A.				72.8	74.7	73.3	73.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.7	12.8	12.8	12.8	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1286	1298	1273		
28	Factor de estabilidad				0.93	0.93	0.93		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1196	1207	1184	1196	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3714	3703	3654	3690	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 26 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 6% de zeolita y 6% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 27. Informe Ensayo Marshall (6% zeolita – 6.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.92			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					52.83			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					6.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.75			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1237.5	1236.9	1241.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1238.3	1237.5	1241.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				702.6	702.8	703.9		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				535.8	534.7	538.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.310	2.313	2.307	2.310	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.377			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				2.8	2.7	2.9	2.8	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.548			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.619			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.09			
22	% de Asfalto Efectivo					5.48			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.1			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.2	15.1	15.3	15.2	14
25	% Vacios llenos con C.A.				81.4	82.2	80.8	81.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.5	13.7	13.8	13.6	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1151	1163	1173		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.93		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1105	1116	1091	1104	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3231	3218	3108	3185	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 27 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 6% de zeolita y 6.5% de cemento asfaltico por el método Marshall.

Ya obtenido los datos de las muestras, procedimos a realizar las gráficas para así poder comparar su índice de rigidez con 6% de zeolita.

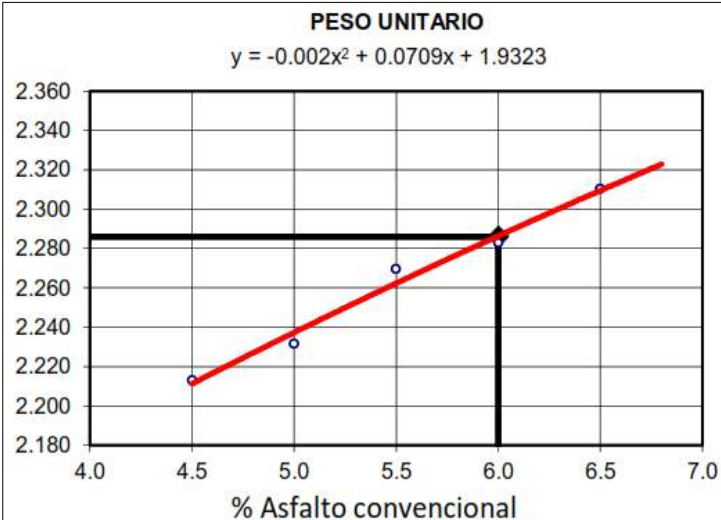


Figura 22. Peso Unitario vs Asfalto Convencional

En la figura 22 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo su peso unitario de 2.286 g/cm².

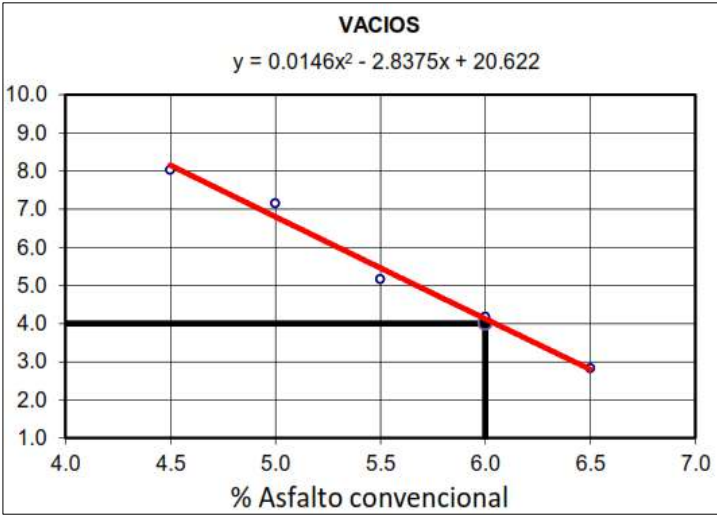


Figura 23. Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional

En la figura 23 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo su Porcentaje de vacíos de 4%, el cual se

encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 3% y 5%.

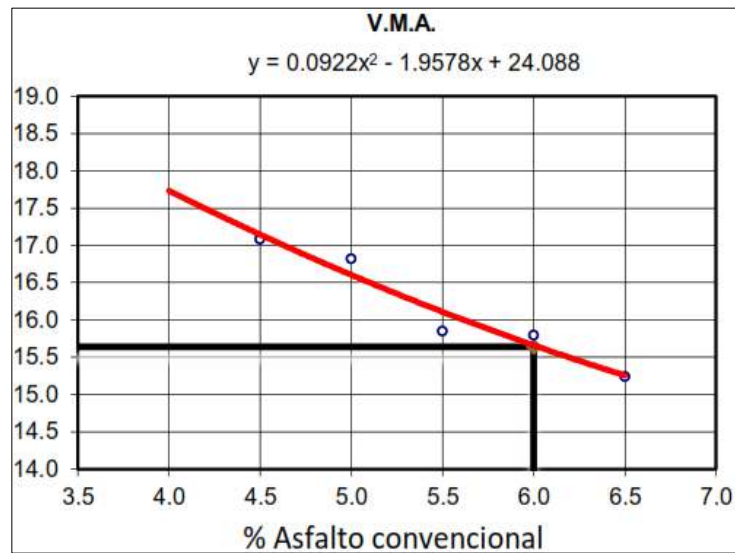


Figura 24. Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional

En la figura 24 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo su porcentaje de vacíos de Agregado Mineral de 15.6%.

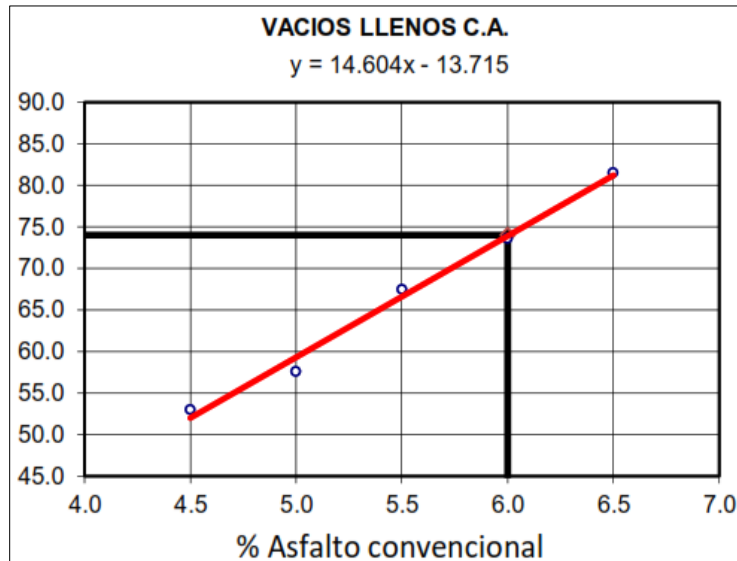


Figura 25. Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional

En la figura 25 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo su Porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 74%.

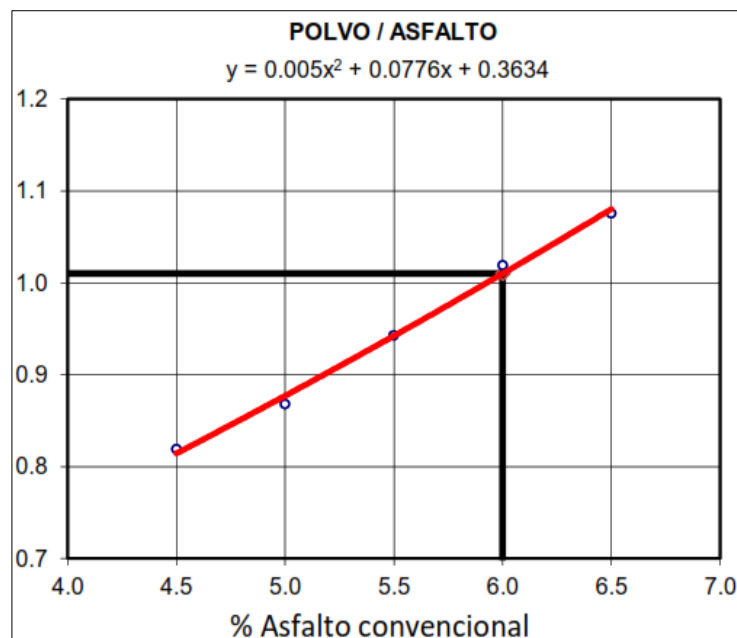


Figura 26. Polvo vs Asfalto Convencional

En la figura 26 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo un polvo/asfalto de 1, el cual se encuentra en

los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 0,6 y 1,3.

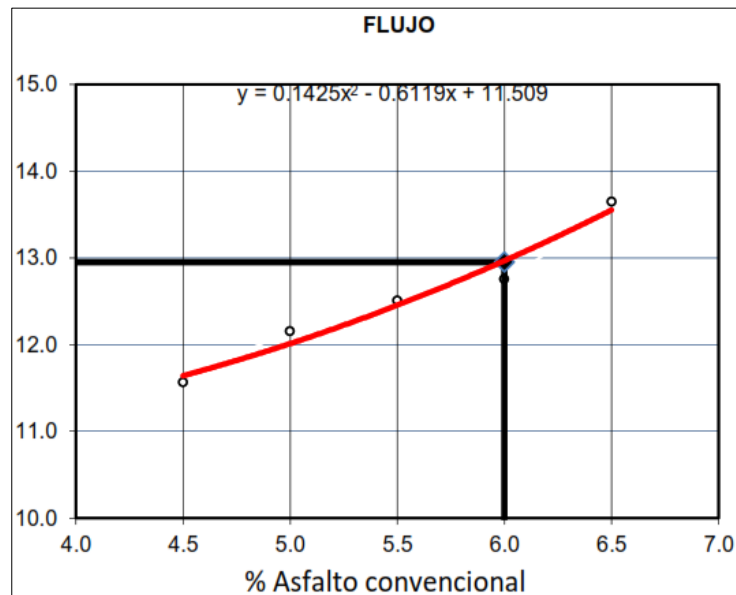


Figura 27. Flujo vs Asfalto Convencional

En la figura 27 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo su flujo de 13%, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 8% y 14%.

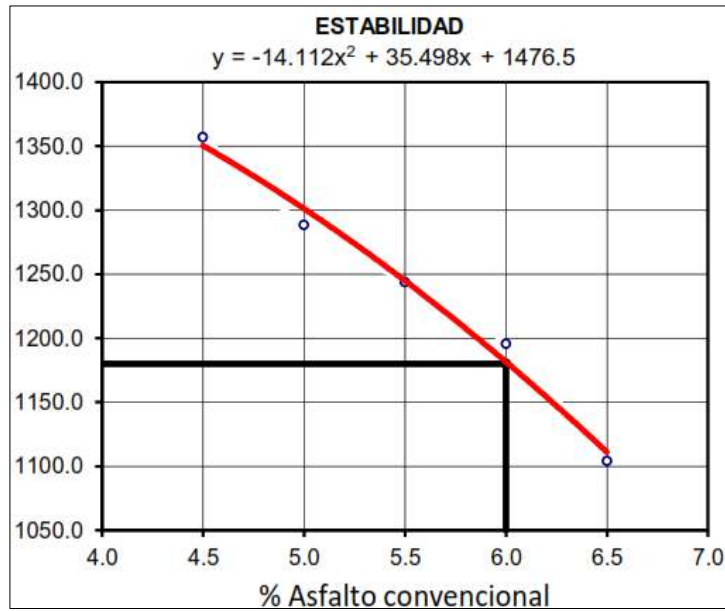


Figura 28. Estabilidad vs Asfalto Convencional

En la figura 28 se puede observar el óptimo contenido de cemento asfáltico convencional con un 6%, obteniendo una estabilidad 1180 lb (5,25 kN), el cual se encuentra dentro del rango establecido por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica, donde señala que debe ser ≤ 8.15 kN.

Tabla 28. Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 4.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.54			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					52.23			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					9.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.73			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1243.7	1240.2	1239.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1248.2	1244.2	1243.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				674.4	673.2	672.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				573.8	571.1	571.4		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.167	2.172	2.169	2.169	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.376			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				8.8	8.6	8.7	8.7	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.535			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.534			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.02			
22	% de Asfalto Efectivo					4.51			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.4	18.2	18.3	18.3	14
25	% Vacios llenos con C.A.				52.2	52.8	52.5	52.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				11.2	10.9	11.1	11.1	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1682	1602	1577		
28	Factor de estabilidad				0.83	0.86	0.86		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1396	1378	1356	1377	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4898	4956	4826	4894	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 28 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 9% de zeolita y 4.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 29. Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					51.92			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					9.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.72			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Específico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Específico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1235.3	1237.3	1239.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)				1238.6	1241.9	1243.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				672.3	673.8	675.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				566.4	568.2	567.8		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.181	2.178	2.183	2.181	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.351			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7.2	7.4	7.2	7.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.535			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.525			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.17			
22	% de Asfalto Efectivo					5.16			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.0			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.3	18.4	18.2	18.3	14
25	% Vacios llenos con C.A.				60.4	59.9	60.6	60.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				11.8	11.9	11.7	11.8	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1519	1508	1532		
28	Factor de estabilidad				0.86	0.86	0.86		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1306	1297	1318	1307	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4369	4294	4451	4371	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 29 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 9% de zeolita y 5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 30. Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 5.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.17			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					51.62			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					9.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.71			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1241.0	1239.7	1243.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´ (gr)				1242.8	1241.7	1245.4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				678.0	675.1	678.6		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				564.9	566.6	566.8		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.197	2.188	2.194	2.193	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.331			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.8	6.1	5.9	5.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.535			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.520			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.24			
22	% de Asfalto Efectivo					5.73			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.1			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				18.1	18.4	18.2	18.2	14
25	% Vacios llenos con C.A.				68.2	66.7	67.6	67.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.2	12.1	12.0	12.1	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1483	1503	1514		
28	Factor de estabilidad				0.86	0.86	0.86		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1275	1293	1302	1290	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4127	4210	4283	4207	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 30 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 9% de zeolita y 5.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 31. Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 6% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					31.98			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					51.32			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					9.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.70			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1236.4	1239.2	1241.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1238.0	1241.6	1243.2		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				681.5	683.5	685.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13/14)				556.5	558.0	557.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.222	2.221	2.225	2.222	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.329			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				4.6	4.6	4.5	4.6	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.535			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.536			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.03			
22	% de Asfalto Efectivo					5.97			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.2			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.6	17.6	17.5	17.6	14
25	% Vacios llenos con C.A.				73.9	73.7	74.5	74.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.4	12.5	12.6	12.5	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1364	1374	1351		
28	Factor de estabilidad				0.89	0.89	0.89		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1214	1223	1202	1213	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3854	3858	3769	3827	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 31 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 9% de zeolita y 6% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Tabla 32. Informe Ensayo Marshall (9% zeolita – 6.5% CA)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	91.3	81.6	62.4	46.0	21.6	11.8	5.1
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					31.79			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					51.02			
-	% Zeolita en peso de la Mezcla					9.00			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					1.69			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.826			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.428			
-	Peso Especifico de la Zeolita					2.200			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.888			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.712			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1241.1	1243.6	1244.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1242.4	1244.8	1245.5		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				689.6	691.4	693.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				552.8	553.5	552.3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.245	2.247	2.253	2.248	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.322			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.3	3.2	3.0	3.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.534			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.548			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.22			
22	% de Asfalto Efectivo					6.30			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.2			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				17.2	17.1	16.9	17.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				80.7	81.1	82.4	81.4	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.3	13.4	13.3	13.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1266	1275	1257		
28	Factor de estabilidad				0.89	0.89	0.89		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1127	1135	1119	1127	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3343	3328	3300	3324	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio de Ensayos de Materiales (Ingeocontrol)

En la Tabla 32 se muestra los resultados, que se obtuvieron del ensayo al añadir 9% de zeolita y 6.5% de cemento asfáltico por el método Marshall.

Ya obtenido los datos de las muestras, procedimos a realizar las gráficas para así poder comparar su índice de rigidez con 9% de zeolita.

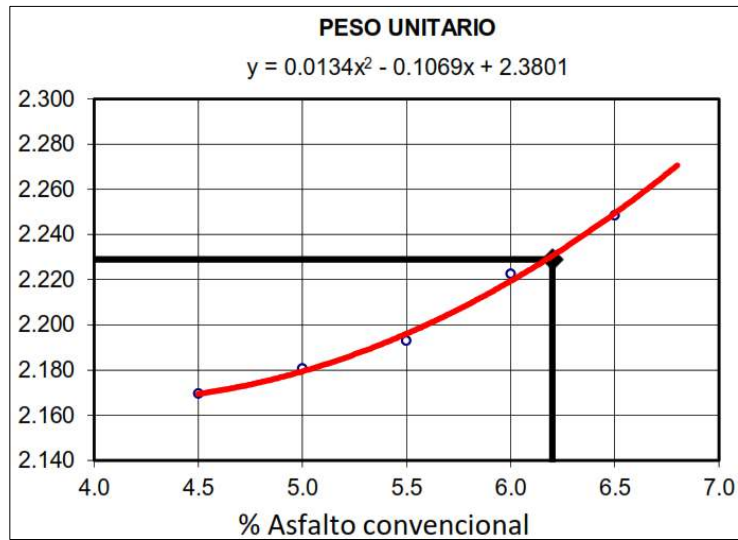


Figura 29. Peso Unitario vs Asfalto Convencional

En la figura 29 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo un peso unitario de 2.229 g/cm².

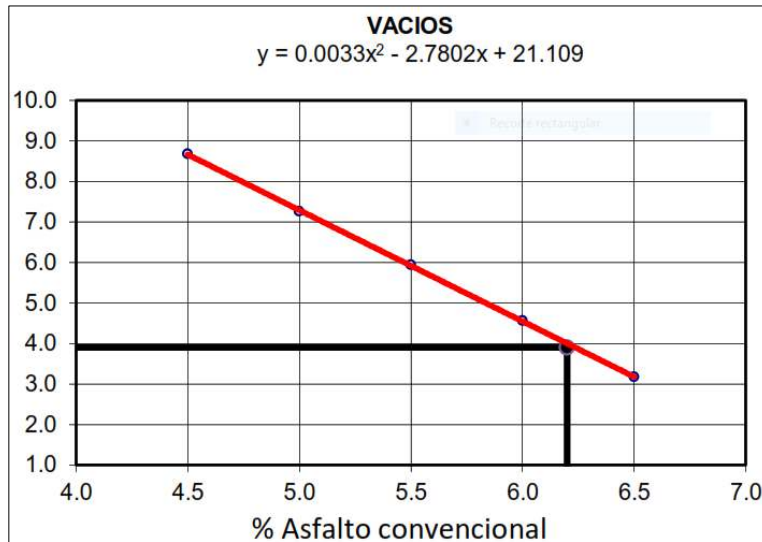


Figura 30. Porcentajes de vacíos vs Asfalto Convencional

En la figura 30 se puede observar el óptimo contenido de cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo su Porcentaje de vacíos de 3.9%, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 3% y 5%.

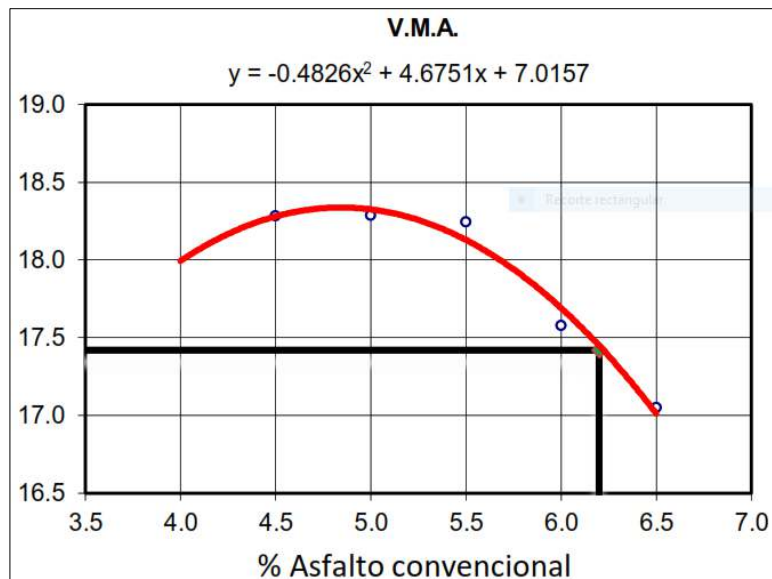


Figura 31. Vacíos de Agregado Mineral vs Asfalto Convencional

En la figura 31 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo su Porcentaje de vacíos de Agregado Mineral de 17.4%.

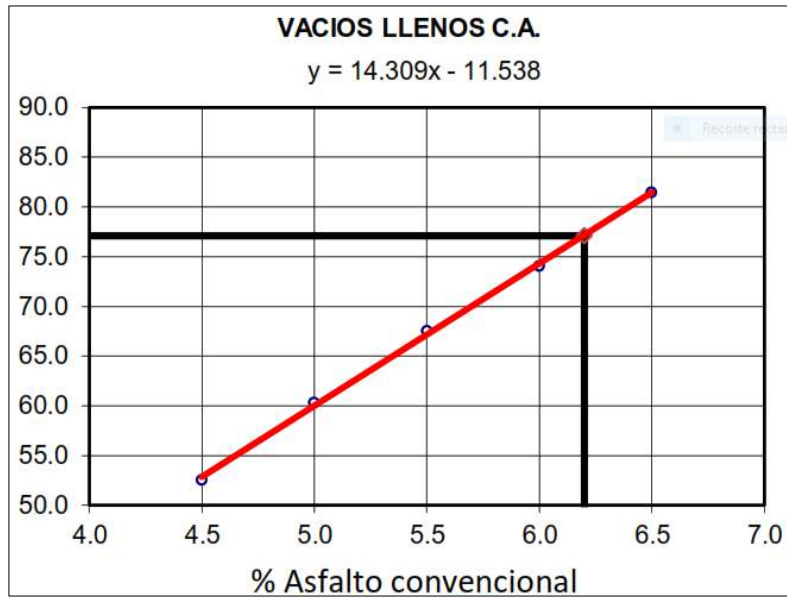


Figura 32. Vacíos llenos con C.A. vs Asfalto Convencional

En la figura 32 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo su Porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 77.1%.

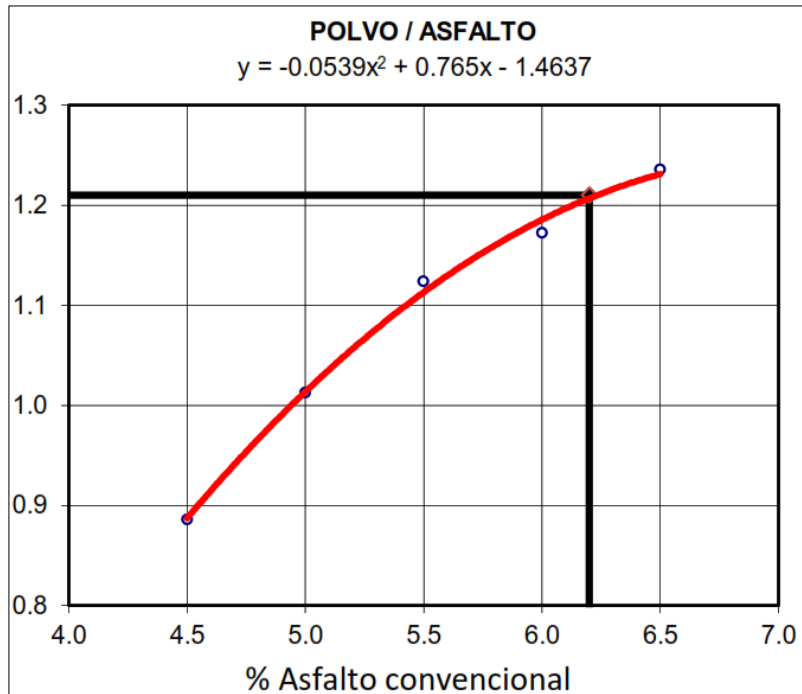


Figura 33. Polvo vs Asfalto Convencional

En la figura 33 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo un polvo/asfalto de 1.20, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezcla del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 0,6 y 1,3.

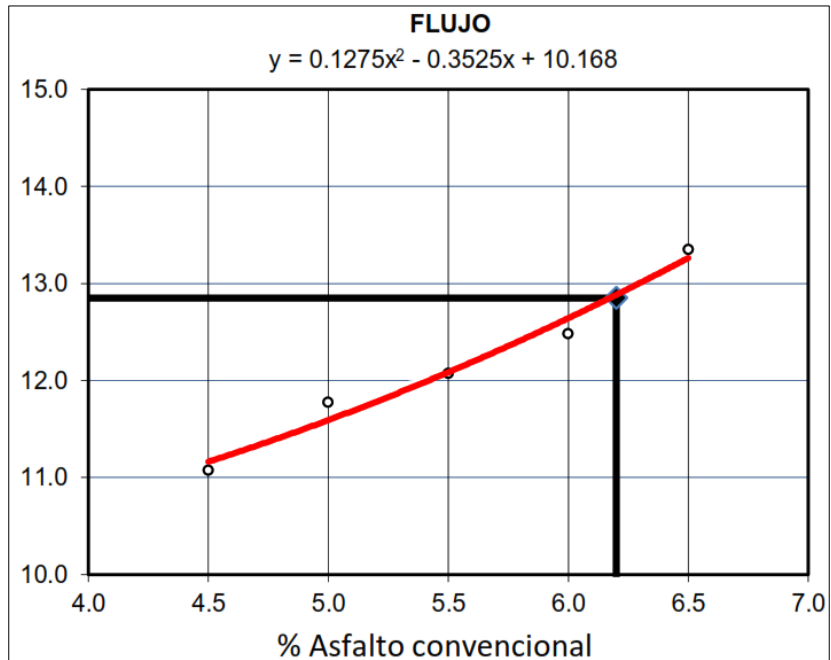


Figura 34. Flujo vs Asfalto Convencional

En la figura 34 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo su flujo de 12.9%, el cual se encuentra en los rangos establecidos por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica que fluctúa entre 8% y 14%.

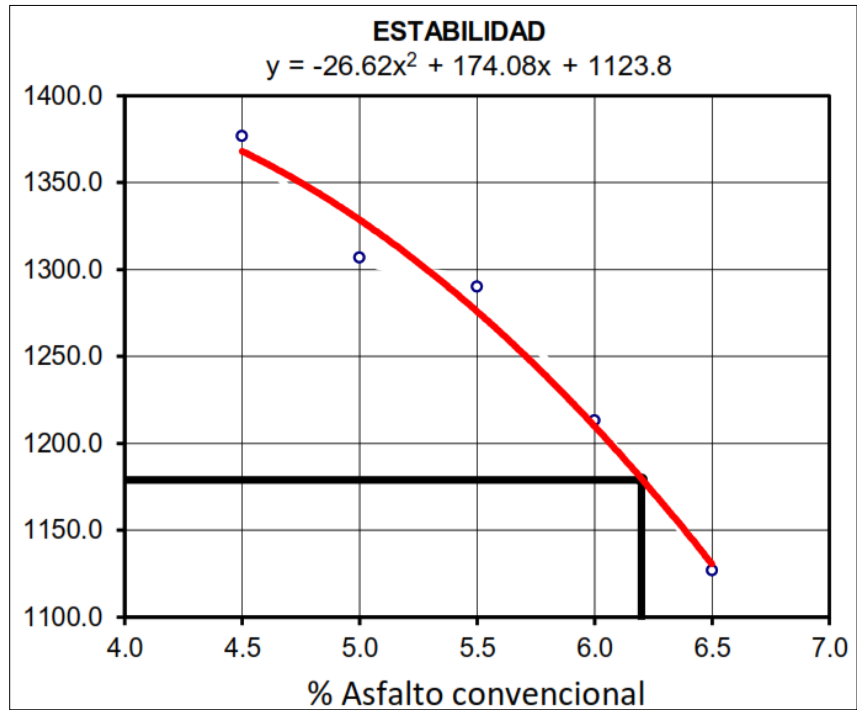


Figura 35. Estabilidad vs Asfalto Convencional

En la figura 35 se puede observar el óptimo contenido del cemento asfáltico convencional con un 6.20%, obteniendo una estabilidad 1179 lb (5,24 kN), el cual se encuentra dentro del rango establecido por el manual de diseño de mezclas del Instituto del Asfalto de Norteamérica, donde señala que debe ser ≤ 8.15 kN.

Ya obtenido los datos de los diseños de la mezcla modificada, procedimos a realizar las gráficas para así poder comparar su índice de rigidez.

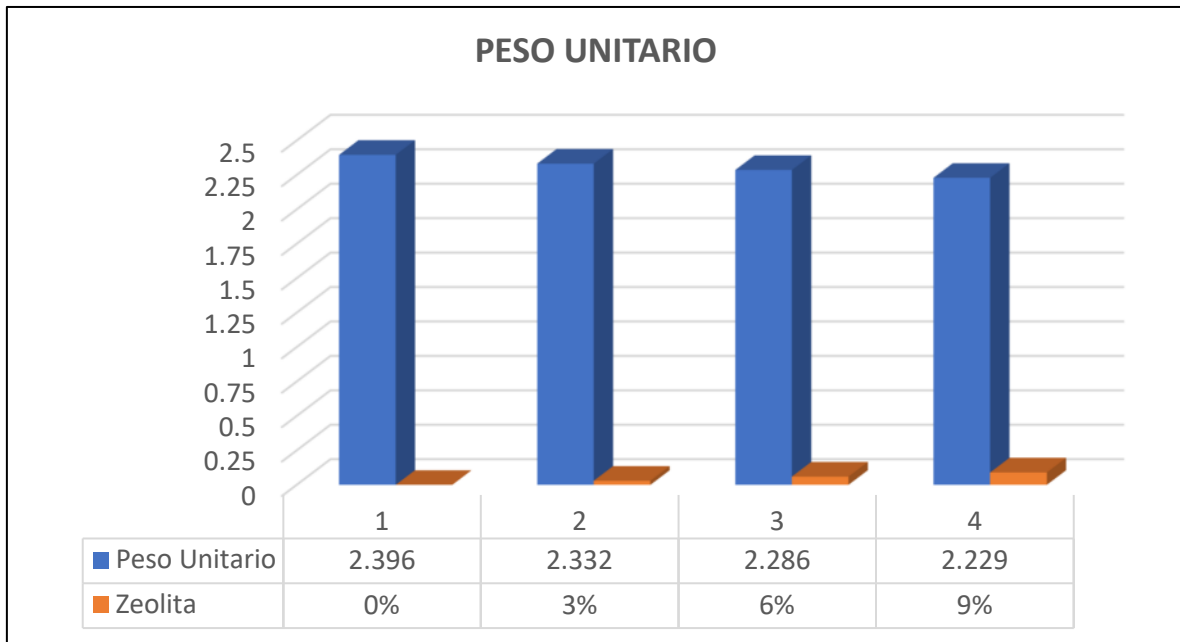


Figura 36. Peso Unitario

En la Figura 36 se observa que conforme se le va aumentado el porcentaje de zeolita a la mezcla asfáltica de diseño el peso unitario disminuye.

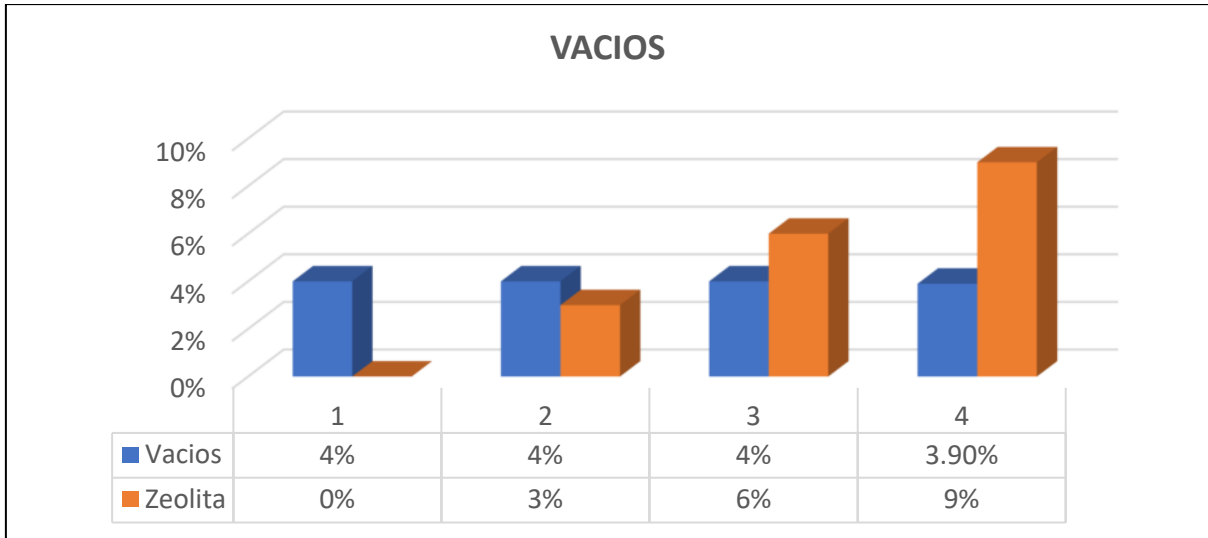


Figura 37. Vacíos

En la Figura 37 se observa que el porcentaje de vacíos se conserva en un 4% en promedio, independientemente de la cantidad de zeolita que pueda ser añadida al diseño de mezcla asfáltica.

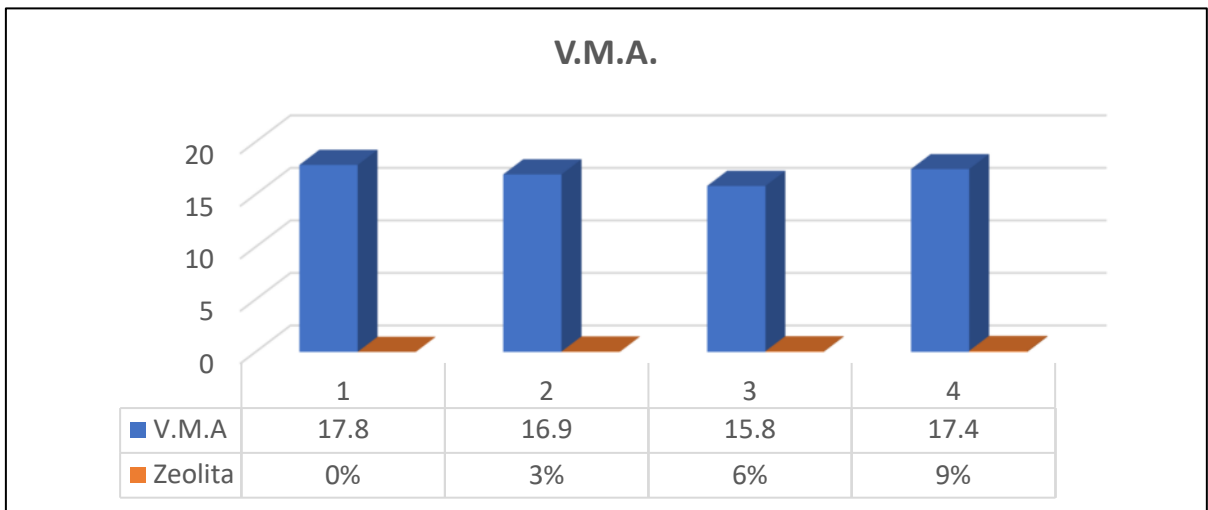


Figura 38. Vacíos en la Mezcla Asfáltica

En la Figura 38 se observa que los vacíos en la mezcla asfáltica disminuyen agregando hasta un 6% de zeolita, y aumentando el porcentaje de vacíos cuando se agrega el 9% de zeolitas al diseño de mezcla asfáltica.

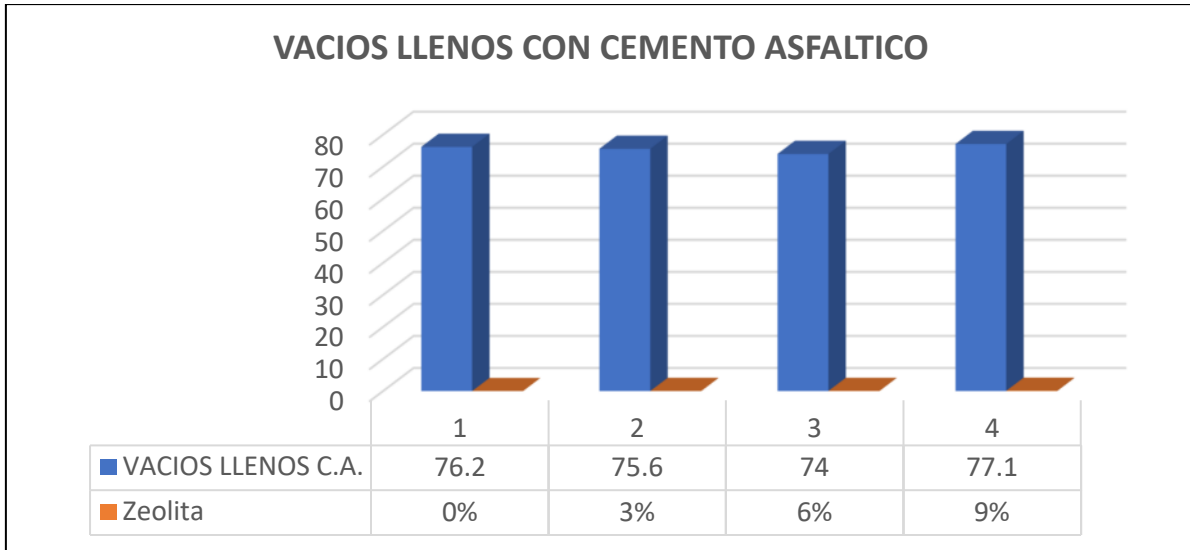


Figura 39. Vacíos llenos con cemento asfaltico

En la Figura 39 se observa que los vacíos llenos con cemento asfaltico disminuye al añadir hasta un 6%, y aumenta al añadir un 9% de zeolita.

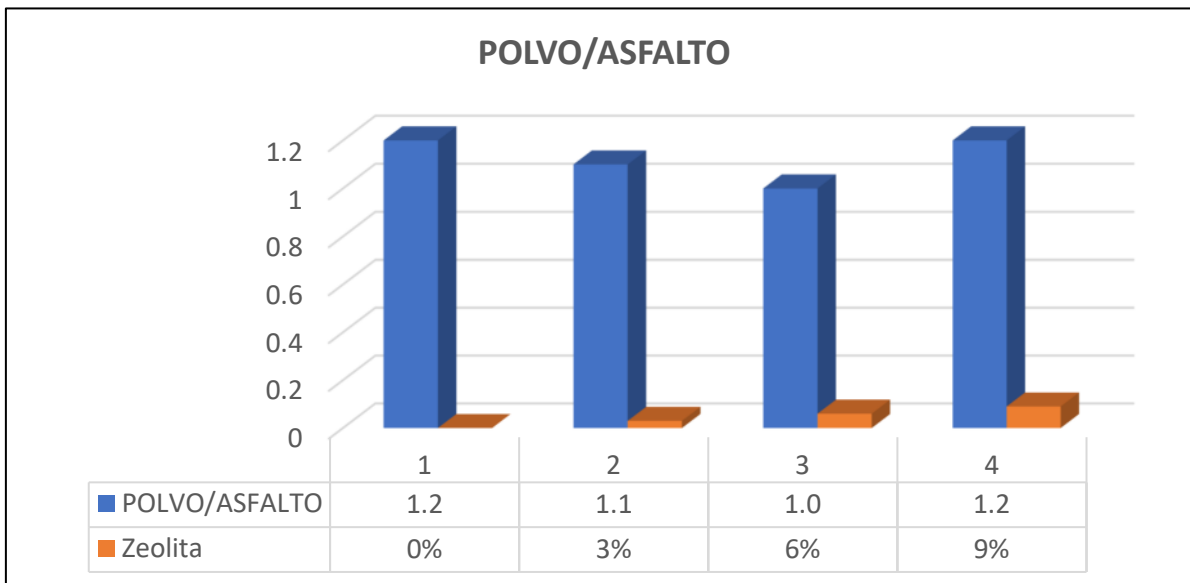


Figura 40. Polvo/Asfalto

En la Figura 40 se observa que la relación polvo/asfalto disminuye al añadir hasta un 6% de zeolita, y aumenta al añadir un 9% de zeolita.

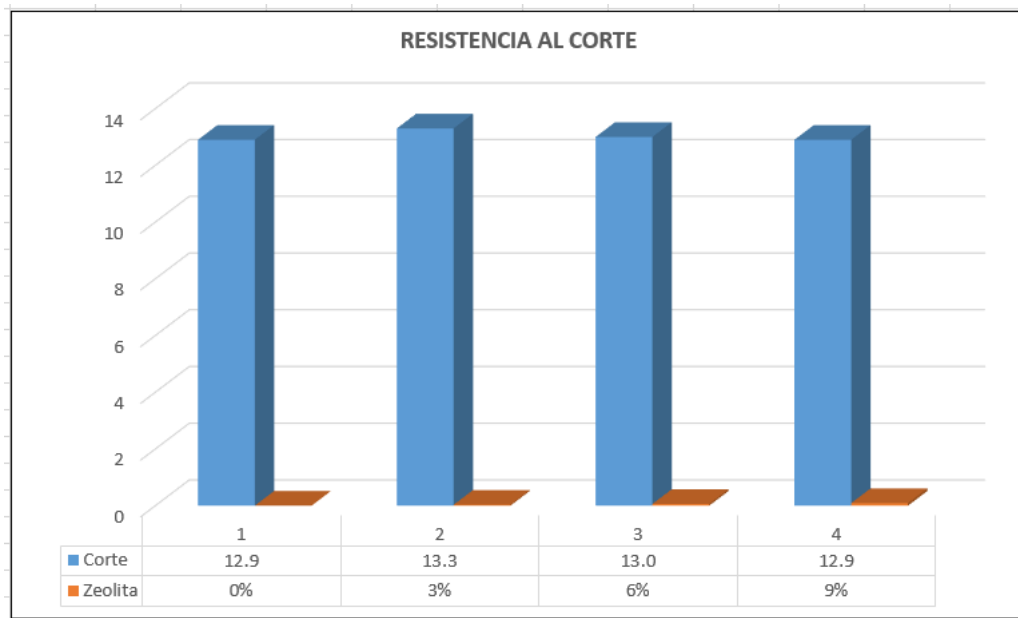


Figura 41. Resistencia al corte

En la Figura 41 se observa que la resistencia al corte no varía demasiado al aumentar la cantidad de zeolita en el diseño de mezcla asfáltica.

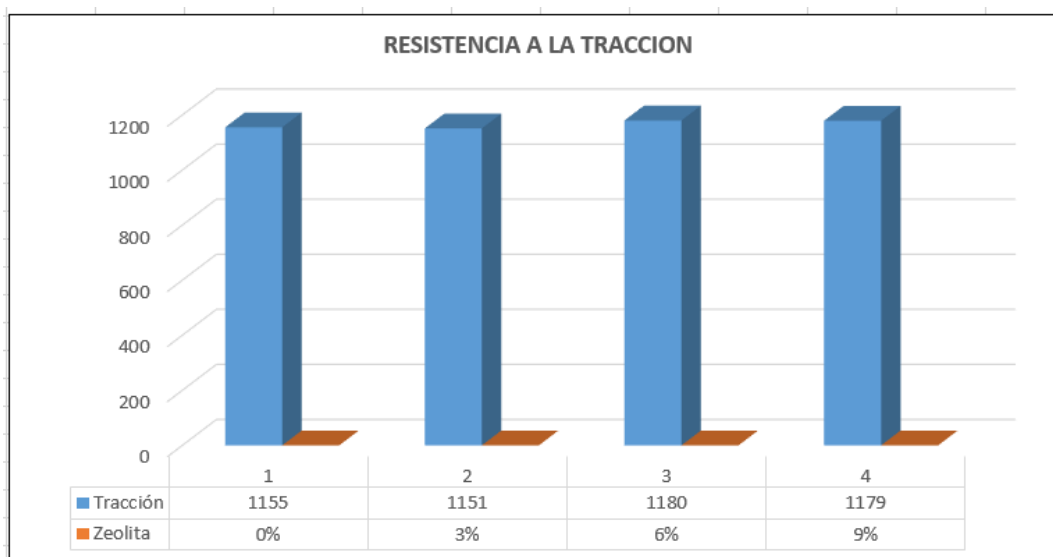


Figura 42. Resistencia a la tracción

En la Figura 42 se observa que la resistencia a la tracción disminuye y aumenta según la cantidad de zeolita que se le va añadiendo al diseño de mezcla asfáltica, y no llegando al rango que establece el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas.

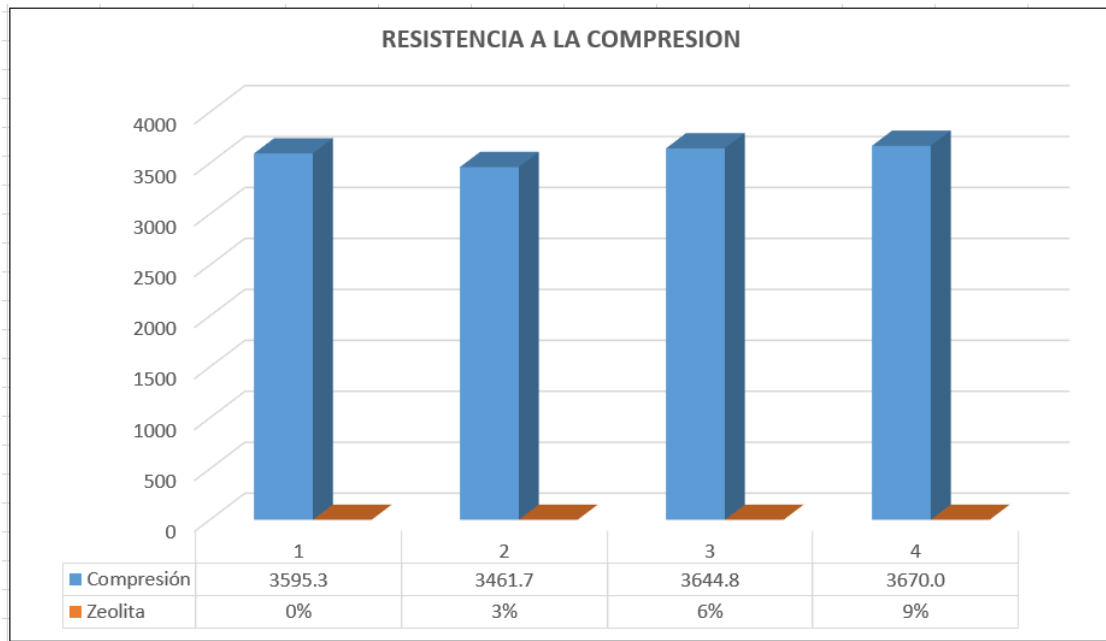


Figura 43. Resistencia a la compresión

En la figura 43 se puede observar que la resistencia a la compresión disminuye levemente agregando hasta un 3% de zeolita y aumenta cuando se va agregando hasta un 9% de zeolita, por lo tanto, comparando la muestra patrón con la muestra modificada se comprobó que la resistencia a la compresión aumenta hasta un 2.10%.

V. DISCUSION

Se considero como primer objetivo específico determinar cómo influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. Según Moll, Alonso y Gonzales (2016), en su artículo científico "*Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba*" manifiesta que al incrementar zeolitas de 0.2% a 0.8% con 4.5% de asfalto, hace que aumente la resistencia de las mezclas en 11% (10.5 kN a 11.67 kN) con respecto a la mezcla patrón, mientras que, con nuestra investigación los resultados mostraron que al agregar 9% de zeolitas con 6.20% de asfalto, esto hace que la resistencia a la compresión de la mezcla aumente en 2.10% (15.99 kN a 16.33 kN) con respecto a la mezcla patrón, de esta manera se comprueba que los resultados obtenidos en el laboratorio concuerdan con lo indicado con el autor en el sentido de que la resistencia a la compresión aumenta cuando se agrega zeolitas a la mezcla modificada.

Se considero como segundo objetivo específico determinar cómo influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. Según Tacha, Huertas y Arévalo (2014), en la tesis "*Diseño De Una Mezcla De Asfalto En Caliente Msc-25 Reciclada Modificada Con Zeolita Sintética*" señala que la mezcla asfáltica se vuelve más resistente mostrando valores de 253.14 kg/mm, 301.82 kg/mm, 327.84 kg/mm, asimismo se mejora el desempeño, reduce el consumo de combustibles y las emisiones de gases, mayor trabajabilidad y menor envejecimiento durante la producción, por otro lado, los resultados de nuestra investigación mostraron que al agregar 9% de zeolitas con 6.20% de asfalto, se aprecia una resistencia al corte de 0.129 mm que se encuentra dentro de los rangos establecidos en el Manual de carreteras del MTC, lo que significa que la mezcla modificada no es posible que se rompa.

Se considero como tercer objetivo específico determinar cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021. Según Mamani (2018) en la tesis "*Incidencias de la adición de zeolita natural a la mezcla asfáltica en su comportamiento mecánico*" menciona que se presenta una disminución de la resistencia a la tracción indirecta a medida que se aumenta el porcentaje de zeolita de 0%, 0.3%, 0.6%, 0.9% con promedios de 124, 121.4, 115.4 y 109.9 lb/pulg², en comparación con los resultados obtenidos en nuestra investigación se empleó porcentajes de zeolitas de 0%, 3%, 6% y 9% consiguiendo promedios de 252,7 kg/cm², 243.38 kg/cm², 256.25 kg/cm², 258 kg/cm² de resistencia a la tracción, cumpliendo así con los requisitos señalados en el Manual de Carreteras del MTC.

VI. CONCLUSIONES

Para Determinar cómo influye en la resistencia a la compresión en la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, se tuvo que preparar una briqueta con asfalto convencional (sin zeolita), la cual sirvió de muestra patrón y la briqueta con un 9% de zeolita, la cual sirvió de muestra modificada, comparando ambas muestras se obtuvo que a los 7 días se incrementó la resistencia a la compresión en 2.10%.

Para Determinar cómo influye en la resistencia al corte en la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, se tuvo que preparar una briqueta con asfalto convencional (sin zeolita), la cual sirvió de muestra patrón y la briqueta con un 9% de zeolita, la cual sirvió de muestra modificada, comparando ambas muestras se obtuvo que a los 7 días se obtuvo una resistencia al corte de un 0.129 mm.

Para Determinar cómo influye en la resistencia a la tracción en la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021, se tuvo que preparar una briqueta con asfalto convencional (sin zeolita), la cual sirvió de muestra patrón con 0% de zeolitas y las briquetas con 3%, 6%, 9% de zeolita, la cual sirvió de muestra modificada, comparando ambas muestras se obtuvo que a los 7 días hubo un disminución en la resistencia a la tracción de 252,7 kg/cm² (0% de zeolita) a 243.38 kg/cm² (3% de zeolita), para luego aumentar a 256.25 kg/cm² (6% de zeolita) y 258 kg/cm² (9% de zeolita).

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y las conclusiones establecidas, se recomienda lo siguiente:

- Realizar otros ensayos de laboratorio elaborando diseños de mezcla asfáltica en tibio (WMA) y emplear distintas dosificaciones de zeolita para verificar la resistencia a la compresión, mediante el ensayo del número de rebote del concreto (MTC E725).
- Realizar el ensayo de compresión triaxial (MTC E131), para determinar la resistencia al corte, y así evitar las deformaciones permanentes y cortes en los pavimentos, teniendo en cuenta fuerzas externas como: vehículos pesados, sismos y taludes que originan los esfuerzos cortantes.
- Realizar el ensayo de tracción indirecta de cilindros (MTC E708) para determinar con mayor precisión la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica, para ello es importante mejorar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica.

REFERENCIAS

1. ARÉVALO, Yesica, HUERTAS, Leidy y TACHA, Claudia. *Diseño De Una Mezcla De Asfalto En Caliente Msc-25 Reciclada Modificada Con Zeolita Sintética*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2014.
Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co>
2. ATOCHE, Katia y OLANO, Kelly. *Influencia de la zeolita natural en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente*, Chimbote 2018. Trujillo: Universidad Privada del Norte de Perú, 2019.
Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21193>
3. CARDENAS. RODRIGUEZ Y JARAMILLO. *Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua*. Ciencia Ergo-Sum, Vol 24 (2), 2017, ISSN: 1405-0269.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10450491009>
4. DE LA CRUZ, Juan Carlos. *Comparative study on porosity and permeability of conventional concrete and concrete with variable proportions of natural zeolite additions*. Revista de la construcción. Pp. 72-78. ISSN: 0718-915X.
Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84956706292&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=461bfe5cdac8caf9a7c09317d7c911d3&sot=a&sdt=a&sl=37&s=EL+USO+DE+ZEOLITAS+EN+LA+CONSTRUCCI%
c3%93N&relpos=2&citeCnt=4&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84956706292&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=461bfe5cdac8caf9a7c09317d7c911d3&sot=a&sdt=a&sl=37&s=EL+USO+DE+ZEOLITAS+EN+LA+CONSTRUCCI%c3%93N&relpos=2&citeCnt=4&searchTerm=)
5. DE LA CRUZ, Yover. *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje en las principales calles de la ciudad de Ayacucho, Perú*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1975>

6. DE LA VEGA, Dayana, GONZALEZ, Claudia y ESCALANTE, Cesar. *Uso de zeolita faujasita para adsorción de iones en aguas residuales municipales*. 26 pp, 2018. DOI: 10.24850.
7. ESPINOZA, Javier, MEDINA, Cristian y CALABI-FLOODY, Alejandra. Evaluation of Reductions in Fume Emissions (VOCs and SVOCs) from Warm Mix Asphalt Incorporating Natural Zeolite and Reclaimed Asphalt Pavement for Sustainable Pavements. *Sustainability* 2020, (12): 1-17, 2020. DOI: 10.3390.
8. FIGUEROA, Ana y REYES, Fredy. *Análisis de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo MIST y del programa iPAS 2D*. Revista Infraestructura Vial – LanammeUCR. Vol 17 (30): 31-39, 2015. ISSN: 2215-3705.
9. GARNICA, Paul, DELGADO, Horacio y SANDOVAL, Carlos. *Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas*. Publicación Técnica No 271: 62 pp, 2005. ISSN: 0188-7297.
10. GARNICA, Paul, DELGADO, Horacio y SANDOVAL, Carlos. *Análisis de varianza del efecto de algunos factores que influyen en la deformación permanente de mezclas asfálticas*. Publicación Técnica No 272: 84 pp, 2005. ISSN: 0188-7297.
11. HERNANDEZ Y VANEGAS. *Concreto permeable como alternativa de recarga de acuíferos y drenaje urbano*. Santa Marta: Universidad Cooperativa de Colombia, 2020.
Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/32542>
12. ITA, Yuma. Evaluación de la capacidad de remoción de mercurio (II) en solución utilizando una zeolita sintética tipo Clinoptilolita. Tesis (Maestría en Medio Ambiente). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2017. 79 pp.
13. IZQUIERDO, Bryan. *Comportamiento mecánico del concreto de mediana resistencia con la adición de zeolitas naturales más cal hidratada – Lima*

2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad de Ingeniería, 2020. 144 pp.
14. KABOOSI, K. *Investigation of greywater and zeolite usage in different cement contents on concrete compressive strength and their interactions (Iran)*. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 1 (1). pp. 201-211, 2020. ISSN: 20904479.
15. LI, Zhuolin, REN, Junda y ZHU, Jianping. *Study on the construction performance of zeolite asphalt mixture based on macro-micro scale*. *Advances in Materials Science and Engineering (Hindawi)*. Vol 2020: 1-21, 2020. DOI: 10.1155.
16. LOREN, Paula, MARDONES, Luis y VALDÉS, Gonzalo. *Evaluación de la durabilidad a fatiga de mezclas semicalientes con adición de zeolita natural y RAP*. Temuco: Universidad de la Frontera de Chile, 2018.
Disponible en: <http://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/2004>
17. MAMANI, Luis. *Incidencias de la adición de zeolita natural a la mezcla asfáltica en su comportamiento mecánico*. Lima: Universidad Ricardo Palma de Perú, 2018.
Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1936>
18. MEIER, W. *Zeolites and zeolite-like materials*. *Revista Pure % Appl. Chem.* Vol. 58, No 10, pp. 1323-1328, 1986. IUPAC.
Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/162084>
19. MENDEZ, MORAN Y PINEDA. *Diseño de mezcla asfáltica tibia, mediante la metodología Marshall, utilizando asfalto espumado*. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2014.
Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/162084>

20. MOLL, ALONSO Y GONZALES. *Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba*. *Revista Cubana de Ingeniería*. Vol VIII (1), pp. 14-23, 2017, ISSN: 2223-1781.

Disponible en: <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/465>

21. MONTROYA, Gilmer. *Alternativa de rehabilitación del pavimento asfáltico reciclado en frío mediante el uso del concreto zeolítico sintético, en Lima 2020*. Lima: Universidad Cesar Vallejo de Perú, 2020.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53897>

22. MUHAMMAD, Tausif y SYED, Ahmed. *Influence of natural zeolite and paraffin wax on adhesion strength between bitumen and aggregate*. *Civil Engineering Journal (Iran)*. Vol. 6 (4), pp. 733-742, 2020. ISSN: 26766957.

23. REGALADO, Daring y REGALADO, Efraín. *Influencia de la zeolita en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología Marshall*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán de Perú, 2018.

Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5210>

24. RODRIGUEZ, ESPINOSA Y GARCIA. *Comportamiento del ensayo de resistencia a la compresión del cemento P35 para diferentes adiciones de zeolita*. *Universidad & Ciencia*. Vol 5 (1), pp. 73-78, 2016. ISSN: 2227-2690.

Disponible en: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/232>

25. SALAZAR, JIMENEZ Y PACHECO. *Determinación de la resistencia a la tracción de ligantes asfálticos (ABS) y el trabajo de adhesión ($W_{a,L,S}^a$) de los ligantes asfálticos, mediante determinaciones de ángulo de contacto*. *Métodos y Materiales Lanamme UCR*, Vol 4 (1): 17-23, 2017. ISSN: 2215-4558.

26. SALCEDO, Elizabeth. *Estudio de las propiedades físicas de zeolita natural (Aluminosilicato) de tipo Clinoptilolita para reemplazo parcial del cemento*

- portland*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2021. 117 pp.
27. SOL-SANCHEZ Y MORENO-NAVARRO. *Reutilización de subproductos de zeolita derivados del petróleo Refinación para carreteras sostenibles*. Universidad de Granada, España, 2019. 10 pp.
Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2019/4256989/>
<https://repository.ucatolica.edu.co>
28. VALERIANO, Wilbert y CATAFORA, Adhemir. *Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Perú, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985>
29. VENTURA, Luis. *Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de roca zeolita en la resistencia de un mortero*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2019. 52 pp.
30. YZQUIERDO, Elvis. *Incorporación de filtros de zeolita en la calidad del agua en las captaciones del sistema de agua potable del barrio Serafinpampa*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. 111 pp.
31. Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. R.D. N°22 – 2013 – MTC/14. 2015. 606 pp.
32. Manual de Ensayo de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Edición: Mayo 2016. 1269 pp.
33. ASTM C136/C136M-19. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Vol 04 (02), 2020. 5 pp. DOI: 10.1520/C0136_C0136M-19.
34. ASTM C0033_C0033M-18. Standard Specification for Concrete Aggregates. 04 (02), 2018. 8 pp. DOI: 10.1520/C0033_C0033M-18.

35. ASTM D1074-17. Standard Test Method for Compressive Strength of Asphalt Mixtures. 04 (03), 2017. 5 pp. DOI: 10.1520/D1074-17.
36. ASTM D1188-07(2015). Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples. 04 (03). 4 pp. DOI: 10.1520/D1188-07R15.
37. ASTM D4223/D4223M-20. Standard Practices for Preparation of Test Specimens of Asphalt-Stabilized Soils. 04 (08). 5 pp. 10.1520/D4223_D4223M-20.
38. ASTM D3496-99 (2005). Standard Practice for Preparation of Bituminous Mixture Specimens for Dynamic Modulus Testing (Withdrawn 2010). 04 (03). 2 pp.
39. ASTM D3515-01. Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures. 04 (08). 5 pp.
40. ASTM D2041/D2041M-19. Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Asphalt Mixtures. 04 (03). 4 pp. DOI: 10.1520/D2041_D2041M-19.

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PEN 60/70 UTILIZANDO ZEOLITAS, LIMA 2021						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
¿Cómo incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?	Determinar cómo incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.	Incide en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.	Zeolitas	<p>Dosificación</p> <p>Propiedades Físicas</p>	<p>0% zeolitas</p> <p>3% zeolitas</p> <p>6% zeolitas</p> <p>9% zeolitas</p> <p>Porosidad</p> <p>Absorción</p> <p>Capacidad de intercambio iónico</p>	<p>Balanzas</p> <p>Fichas de observación</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICO	OBJETIVOS ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
¿Cómo influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?	Determinar cómo influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando	Influye en la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.	Mezcla asfáltica	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Ensayo Marshall

	zeolitas, Lima 2021.					
¿Cómo influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?	Determinar cómo influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.	Influye en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.			Resistencia al corte	Ensayo Marshall
¿Cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021?	Determinar cómo influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.	Influye en la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021.			Resistencia a la tracción	Ensayo Marshall

ANEXO 03. Validación de instrumentos de investigación

ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : OLIVARES DIAZ CÉSAR MARCELLO
 Institución donde labora : SVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C
 Especialidad : SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Instrumento de evaluación : Prueba Con Instrumento Esclerómetro, Ensayo Marshall, Dosificación Con Balanza De Medición De Peso.
 Autores de los instrumentos : De La Cruz Flores, Rudy Augusto
 : Vasquez Ramirez, Hebert Jhackson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)


CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI. CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Si PROCEDE

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 50

Trujillo 02 de Julio del 2021


 REG-CIP. N° 193239
 DNI: 74096089

ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : *Vasquez Ramirez Mayra Elizabeth*
 Institución donde labora : *Municipalidad Provincial Ferrocarrilera*
 Especialidad : *Carretero - Inspección*
 Instrumento de evaluación : Prueba Con Instrumento Esclerómetro, Ensayo Marshall, Dosificación Con Balanza De Medición De Peso.
 Autores de los instrumentos : De La Cruz Flores, Rudy Augusto
 : Vasquez Ramirez, Hebert Jhackson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					✓
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					✓
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE.					✓
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					✓
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					✓
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					✓
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					✓
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE.					✓
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					✓
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					✓
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; si embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: *proyecto viable*

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 50

Trujillo 03 de 07 del 2021.


 DNI 47628805
 CIP: 249279

ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : *Julca Yomona José Luis*
 Institución donde labora : *CONSORCIO CONSULTOR CASCAS*
 Especialidad : *ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS*
 Instrumento de evaluación : Prueba Con Instrumento Esclerómetro, Ensayo Marshall, Dosificación Con Balanza De Medición De Peso.
 Autores de los instrumentos : De La Cruz Flores, Rudy Augusto
 : Vasquez Ramirez, Hebert Jhackson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					✓
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					✓
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					✓
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						<i>50</i>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VIOBLE*

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Trujillo *01* de *Julio* del 2021.


 José Luis Julca Yomona
 Ingeniero Civil
 CIP. 159582

ANEXO 04. Ficha técnica Zeolita Clinoptilolita



FICHA TÉCNICA DE ZEOLITA

Chemical Name: Clinoptilolite Zeolite / Potassium, Calcium, Sodium Aluminosilicate, Hydrated		
Formula: $(K_2, Ca_2, Na_2) O \cdot Al_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot 8H_2O$		
CAS Registry: 12173-10-3		
Section II. Product Ingredients		
NAME	PERCENT	OSHA PEL and/or ACGIH TLV
Natural zeolite mineral GRANULES	100	0.5 mg/m ³
Section III. Physical and Chemical Properties		
BOILING RANGE:		Not applicable
specific gravity		2.2 - 2.4
Evaporation Rate		Not applicable
Vapor Density (Air=1)		Not applicable
% Volatile weight		Not Applicable
physical Appearance		Off-white/green granules
Section IV. Fire and Explosion Data		
flammability classification		Not Applicable
Flash Point		Not Applicable
Extinguishing Media		Not Applicable
Unusual fire and Explosion Hazards		None
Section V. Health Hazard Data		
Summary: This product contains crystalline silica. Long-term inhalation of crystalline silica dusts may cause lung disease (silicosis). IARC, a unit of the World Health Organization, has stated, "there is limited evidence for the carcinogenicity of crystalline silica to humans." NTP and/or OSHA have not classified this product as a carcinogen. Crystalline silica is present in quantities of less than 0.01%.		
Medical conditions that may be aggravated		Pre-existing upper respiratory irritation and lung disease
Target organs		Lungs
Primary entry route		Inhalation
Acute health effects		Transitory upper respiratory irritant.
Chronic health Effects		Long-term inhalation of dust levels in excess of the PEL may cause lung disease (silicosis).
Eye Contact		Temporary irritation and/or inflammation
Skin contact/absorption		Not applicable
Inhalation		Coughing and/or irritation of nose and throat.
Ingestion		Not hazardous
Section VI. Reactivity Data		
Stability		Stable
Incompatibility		None known
Hazardous Decomposition or By-products		None known
Conditions to Avoid		None known
Section VII. Spill or Leak Procedures		
STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED		Sweep up; avoid making dust; place in suitable waste container.
Waste Disposal		Disposal of material in accordance with local, state and federal regulations
Environmental Hazards		None known
Handling/Storage		Store in a dry place; maintain good housekeeping practices.
Section VIII. Safe Handling and Use Information		
RESPIRATORY PROTECTION		Use NIOSH approved respirators for protection from silicosis producing dusts.
PROTECTIVE GLOVES		Not required
EYE PROTECTION		Avoid eye contact; safety glasses may be necessary.
VENTILATION		Use adequate ventilation and/or dust collection to keep dust levels below PEL.
OTHER PROTECTIVE CLOTHING AND EQUIPMENT		Not required.
Section IX. Emergency First Aid Procedures		
INHALATION		Remove from dusty area; drink water to clear
INGESTION		Not applicable
SKIN CONTACT/ABSORPTION		Not applicable
EYES		Flush with water.

ANEXO 05. Propuesta Técnica – Económica

	Propuesta Técnica - Económica	Identificación: DO-GE-04
		Revisión: 1
		Válido hasta: 21-10-2021

PROPUESTA N°:
L176-21

San Martín de Porres, 21 de setiembre del 2021

Cliente : ---
 N° RUC : ---
 Proyecto : Evaluación de las propiedades mecánicas en mezcla asfáltica PEN 60/70 utilizando zeolitas, Lima 2021
 Ubicación : Lima
 Solicitante : De La Cruz Flores, Rudy Augusto
 Email – contacto : rcruz30@hotmail.com
 Teléfono : 979 394 520

Es grato dirigirme a usted para cotizar lo siguiente: **"Servicios de ensayos en Laboratorio"**

A. PROPUESTA TÉCNICA:

A solicitud del cliente presentamos nuestra propuesta técnica – económica para la ejecución de servicios de ensayos según estándares ASTM.





Los ensayos solicitados son los indicados en las cantidades descritas en el cuadro de propuesta económica. Los ensayos serán realizados bajo las siguientes condiciones:

- a) Siguiendo estándares ASTM en su última versión según el contenido del sub comité D18 Suelos y Rocas
- b) Se utilizarán equipos calibrados con trazabilidad de INACAL y PUCP, los certificados de calibración son emitidos por laboratorios metrológicos acreditados bajo estándares de la norma ISO 17025 emitidos por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).
- c) Personal calificado, nuestro personal son técnicos de laboratorio con capacitación técnica egresados del SENCICO de la carrera de Laboratorio de Suelos, concreto y asfalto.
- d) Asesoría y seguimiento en los procedimientos de ensayo, el solicitante podrá presenciar sus ensayos previa solicitud y coordinación permitiéndose el ingreso únicamente de una sola persona siguiendo nuestros protocolos de bioseguridad COVID-19 y SSOMA.

B. PROPUESTA ECONÓMICA:

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	NORMA (s)	CANT	U. MED	V. UNIT	TOTAL
1	Diseño de mezcla asfáltica MAF método Marshall, incluye ensayos físicos en agregados (Granulometría, peso específico y absorción), ensayos de estabilidad y flujo Marshall, Rice, vacíos y densidad de briquetas, 15 briquetas por mezcla para determinación del óptimo de CA	ASTM D1559	4	Uni	S/ 2,300.00	S/ 9,200.00
SUB TOTAL						S/ 9,200.00
IGV						S/ 1,656.00
TOTAL PARCIAL						S/ 10,856.00
DESCUENTO (30%)						S/ 3,256.80
TOTAL GLOBAL						S/ 7,599.20

ANEXO 06. Informe Ensayos de Laboratorio

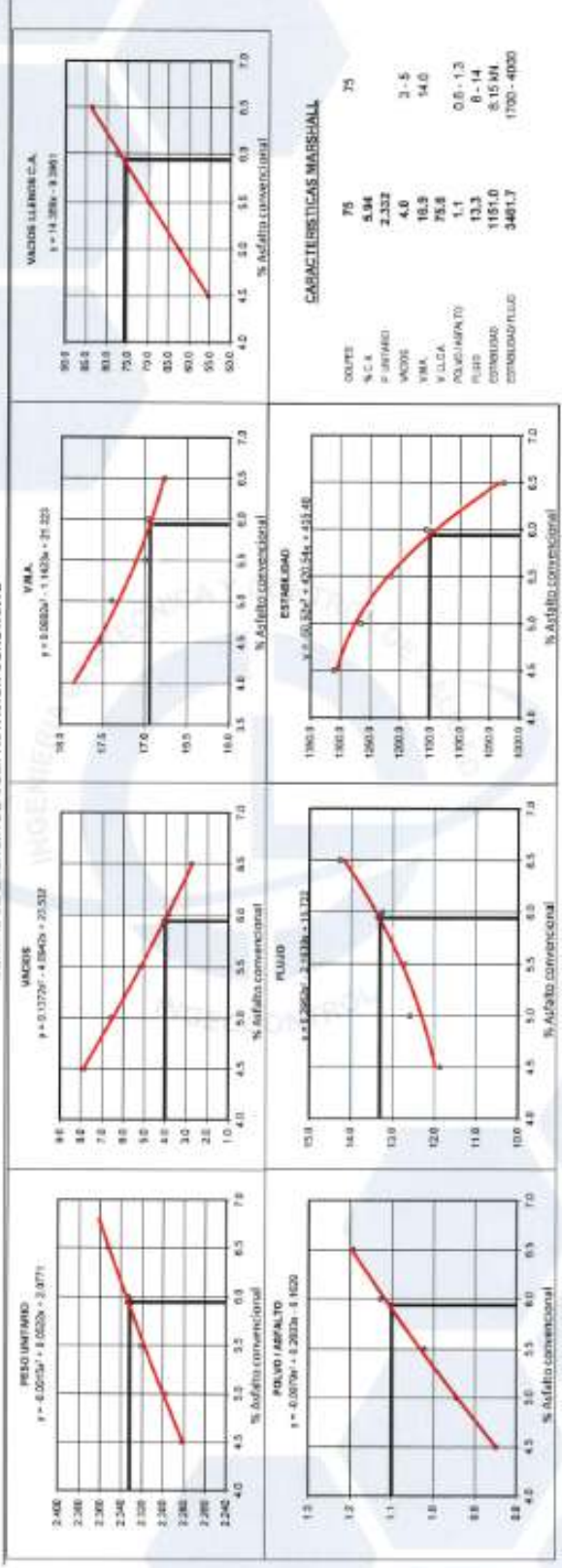
	INFORME DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE MARSHALL	Código: AE-FO-176 Versión: 01 Fecha: 30-04-2018 Página: 8 de 8	
DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE			
Proyecto: : Evaluación de las propiedades mecánicas en mezcla asfáltica FEM 0070 utilizando zeolitas, Lima 2021 Solicitante: : Do La Cruz Flores, Rudy Augusto / Vasquez Ramirez, Hebert Jackson Cliente: : Do La Cruz Flores, Rudy Augusto / Vasquez Ramirez, Hebert Jackson Ubicación de Proyecto: : Lima	Tipo de muestra: : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: : Descripción: : Diseño MAC (Asfalto convencional)	Registro N°: L21-085-06 Realizado por: G. Gallegos Revisado por: L. Mejías Fecha de ensayo: 20/10/2021	
PESO UNITARIO $r = -0.0323v + 0.0611s + 2.183$	VALOR $r = 0.7064v - 4.9405s + 20.329$	V.M.A. $r = -0.0026v + 1.4889s + 23.382$	VALOR LÍMITE $r = 14.7056s - 8.1398$
POLVO ASFÁLTICO $r = -0.0104v + 0.2505s - 0.1646$	FLUJO $r = -0.2207v + 4.1014s + 3.0002$	V.M.A. (Máximo) $r = -0.0026v + 1.4889s + 23.382$	V.M.A. (Mínimo) $r = 14.7056s - 8.1398$
INGECONTROL SAC Nombre y firma:  Luis Ángel García Jefe de Laboratorio INGECONTROL	INGECONTROL SAC Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico	INGECONTROL SAC Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico	



INFORME	
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE MARSHALL	
Código	AE-FO-175
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	8 de 8

Proyecto : Evaluación de las propiedades mecánicas en mezcla asfáltica PEN 50/70
 utilizando aceites, Lima 2021
 Solicitante : De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Viquez Huanza, Héctor Jackson
 Cliente : De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Viquez Huanza, Héctor Jackson
 Ubicación de Proyecto : Lima
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Diseño MAC (2% Zcaliza)

Reglamento N° : L21-095-06
 Realizado por : G. Gallegos
 Revisado por : L. Veljar
 Fecha de ensayo : 20/10/2021



INGECONTROL SAC

REVISADO POR Nombre y firma: Luis Veljar Angeles Jefe de Laboratorio INGECONTROL	AUTORIZADO POR Nombre y firma: Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico
---	---

AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:
 Este documento es base sobre el tema y está a cargo del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales
 SEM INGECONTROL S.A. y Jefe de Asesoramiento de Calidad.
 Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo
 fuera de nuestro organismo, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.
 La integridad y veracidad de los resultados analizados queda a entera responsabilidad del usuario
 solicitante.



INFORME

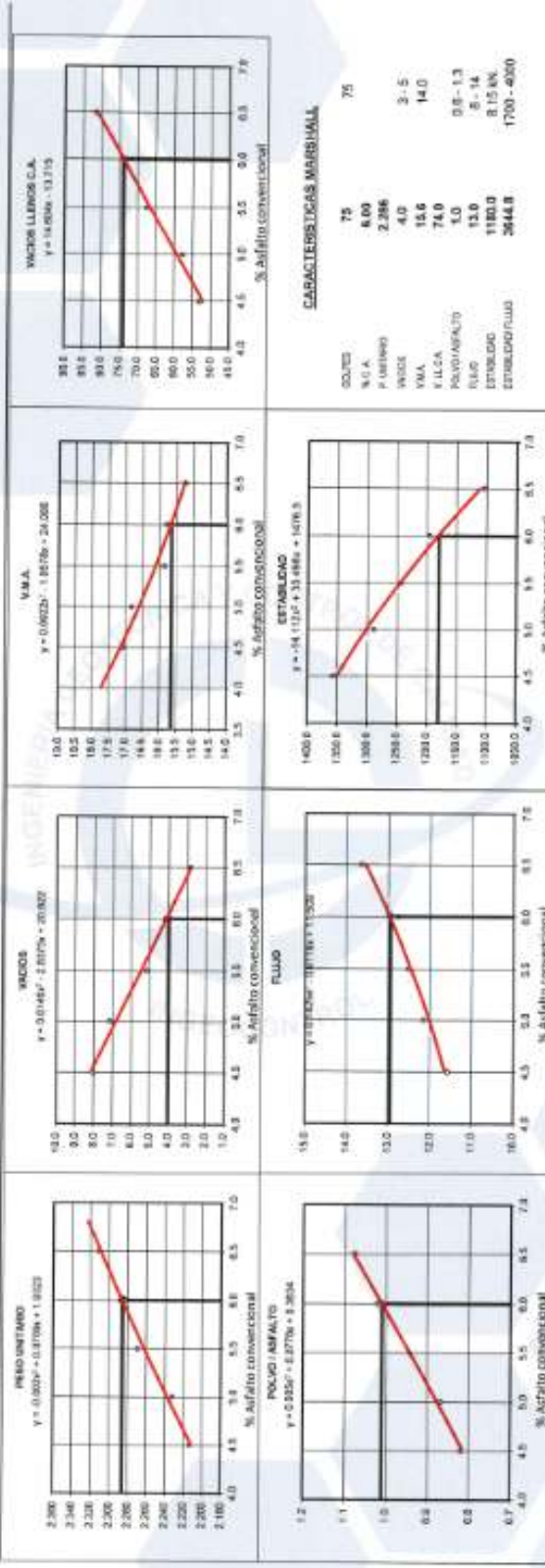
**DISENO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
MÉTODO DE MARSHALL**

Código	AE-FO-176
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	8 de 8

Registro N°	L31-098-07
Revisado por	G. Cortés
Revisado por	L. Weigal
Fecha de ensayo	20/10/2017

Proyecto : Evaluación de las propiedades mecánicas en mezcla asfáltica PEN 50/70
 utilizando zeolitas, Lima 2021
 Solicitante : De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Vasquez Ramirez, Hebert Jackson
 Cliente : De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Vasquez Ramirez, Hebert Jackson
 Ubicación de Proyecto : Lima
 Tipo de muestra : Muestra asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Diseño MAC, (6% Zeolita)

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



INGECONTROL SAC

<p>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD Este documento solo debe ser usado en línea y solo el jefe de Laboratorio es responsable de su custodia. Toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como una violación de nuestra política de confidencialidad. La integridad y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma: </p> <p>Luis Weigal Angeles Jefe de Laboratorio INGECONTROL</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma: </p> <p>Arnaldo Perez Cosco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>
---	---	--



INFORME

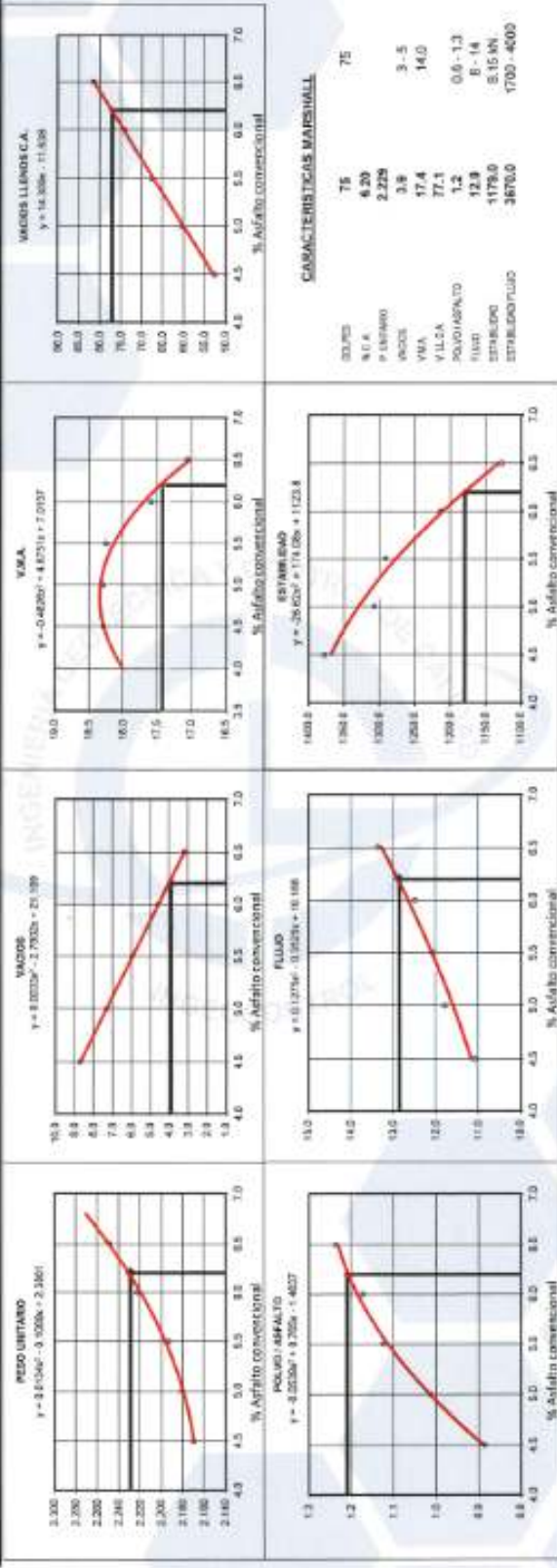
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
MÉTODO DE MARSHALL

Código	AE-FD-176
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	8 de 8

Proyecto: Evaluación de las propiedades mecánicas en mezcla asfáltica PEB 00/70 utilizado asfáltico, Lima 2021
 Solicitante: De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Viquez Ramirez, Hebert Jackson
 Cliente: De La Cruz Flores, Rudy Augusto / Viquez Ramirez, Hebert Jackson
 Ubicación del Proyecto: Lima
 Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MSC)
 Identificación: —
 Descripción: Diseño MAC (5% Zeolita)

Registro N°: L21-095-08
 Realizado por: G. Oulegas
 Revisado por: L. Meiga
 Fecha de ensayo: 20/10/2021

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



INGEOCONTROL SAC

AVISO DE CONTROL CALIDAD
 Este documento es tanto público en forma y solo del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (JEM INGEOCONTROL) y Jefe de Asesoramiento de la Calidad.
 Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia o distribución de mismo fuera de estas representaciones será considerada como INFRACCIÓN CONTRA LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.
 La reproducción y uso de los resultados, tendrá queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.

REVISADO POR
 Nombre y firma: Luis Meiga Angeles
 Jefe de Laboratorio
 INGEOCONTROL

AUTORIZADO POR
 Nombre y firma: Arnaldo Perez Coscco
 CIP: 190140
 Gerente Técnico

ANEXO 07. Certificado de calibración

		<p>CALIBRATEC S.A.C. LABORATORIO DE METROLOGIA</p>	<p>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS RUC: 20606479680</p>
<p><i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Fuerza</i></p>		<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 085 - 2021</p>	
<p>Página 1 de 3</p>			
1. Expediente	02931-2021	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
4. Equipo	PRENSA MARSHALL - CBR	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
Capacidad	5000 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
Marca	PERUTEST		
Modelo	PT-MRSCBR		
Número de Serie	0104		
Procedencia	PERU		
Identificación	NO INDICA		
Indicación	DIGITAL		
Marca	WEIGHING INDICATOR		
Modelo	315X8		
Número de Serie	0104		
Resolución	0.1 kgf		
Ubicación	NO INDICA		
5. Fecha de Calibración	2021-08-16		
Fecha de Emisión	2021-08-16	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
		 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LF - 085 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.8 °C	21.8 °C
Humedad Relativa	56 % HR	56 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-038-21 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 085 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_2 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500	499.6	498.8	499.3	499.3
20	1000	1001.0	1000.2	1000.6	1000.6
30	1500	1500.6	1499.9	1500.7	1500.4
40	2000	2002.1	2001.9	2004.8	2003.1
50	2500	2500.4	2499.5	2500.4	2500.2
60	3000	3000.9	2998.8	2999.8	2999.8
70	3500	3501.1	3499.0	3499.7	3499.8
80	4000	4001.3	3999.3	3999.9	4000.1
90	4500	4501.8	4499.4	4500.1	4500.4
100	5000	5002.7	4999.6	5000.4	5000.6
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
500	0.14	0.16	-0.12	0.02	0.35
1000	-0.06	0.08	-0.03	0.01	0.34
1500	-0.03	0.05	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.15	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.01	0.04	-0.04	0.00	0.34
3000	0.01	0.07	-0.03	0.00	0.34
3500	0.00	0.06	-0.01	0.00	0.34
4000	0.00	0.05	-0.02	0.00	0.34
4500	-0.01	0.05	-0.02	0.00	0.34
5000	-0.01	0.06	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (ϵ_0)	0.00 %
--	--------



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 083 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	02931-2021
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	MZA, A LOTE, 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-H76
Número de Serie	0135
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2021-08-16

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 083 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOP.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	12.3°C	12.3°C
Humedad Relativa	68 %	68 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 083 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 12.2 °C
 Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
 El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	110.5	110.0	110.1	108.6	109.1	108.7	112.0	112.8	110.6	112.2	110.5	4.2
02	110.0	110.3	111.8	110.0	108.5	109.1	108.4	112.2	112.0	111.3	112.4	110.6	4.0
04	110.0	109.3	111.1	109.3	108.8	109.0	108.1	112.5	112.4	111.7	112.5	110.5	4.5
06	110.0	109.0	111.3	109.1	108.8	109.4	107.4	112.1	112.5	111.3	112.5	110.3	5.1
08	110.0	109.3	110.8	108.3	108.4	109.1	107.7	112.7	112.3	111.6	112.8	110.3	5.1
10	110.0	109.0	110.5	108.8	108.2	109.4	107.3	112.3	112.5	111.3	112.0	110.1	5.2
12	110.0	108.5	110.7	109.1	108.5	109.1	107.5	112.4	112.5	111.4	112.4	110.2	5.0
14	110.0	109.2	110.4	109.3	108.4	109.2	107.3	112.7	112.0	111.6	112.4	110.2	5.4
16	110.0	109.2	110.3	109.4	108.3	109.3	107.1	112.3	112.4	111.5	112.2	110.2	5.3
18	110.0	109.1	110.1	109.6	108.7	109.3	107.4	112.1	112.3	110.8	112.3	110.1	4.9
20	110.0	109.3	110.4	109.3	108.7	109.1	107.3	112.4	112.2	110.6	111.8	110.1	5.1
22	110.0	109.2	110.4	109.2	108.4	109.0	107.5	112.2	112.8	111.2	111.7	110.2	5.3
24	110.0	109.0	110.7	109.5	108.2	109.4	107.1	112.7	112.4	110.9	112.4	110.2	5.6
26	110.0	109.1	110.8	109.5	108.5	109.5	107.2	112.3	112.0	110.7	112.3	110.2	5.1
28	110.0	109.3	110.4	109.4	108.2	109.6	107.4	112.1	112.0	110.4	112.4	110.1	5.0
30	110.0	109.1	110.5	109.4	108.5	109.1	107.5	112.4	112.3	110.7	112.2	110.2	4.9
32	110.0	109.1	110.3	109.3	108.8	109.4	107.1	112.8	112.3	110.7	112.4	110.2	5.7
34	110.0	108.9	110.4	109.2	108.5	109.1	107.4	112.2	112.4	110.8	112.7	110.2	5.3
36	110.0	109.4	110.1	109.5	108.3	109.4	107.7	112.3	112.4	110.4	112.5	110.2	4.8
38	110.0	109.2	110.4	109.6	108.6	109.3	107.7	112.4	112.3	110.6	112.4	110.2	4.7
40	110.0	109.1	110.4	109.2	108.4	109.4	107.4	112.1	112.0	110.8	112.4	110.1	5.0
42	110.0	109.4	110.5	109.3	108.8	109.1	107.2	112.0	112.4	110.4	112.8	110.2	5.6
44	110.0	109.1	110.5	109.5	108.3	109.4	107.4	112.8	112.1	110.5	112.4	110.2	5.4
46	110.0	109.1	110.7	109.7	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.3	112.3	110.2	4.9
48	110.0	109.2	110.2	109.4	108.2	109.1	107.1	112.4	112.2	110.1	112.2	110.0	5.3
50	110.0	108.9	110.5	109.4	108.4	109.1	107.3	112.6	112.3	110.5	112.7	110.2	5.4
52	110.0	109.1	110.5	109.2	108.2	109.5	107.3	112.2	112.8	110.7	112.1	110.2	5.5
54	110.0	109.0	110.3	109.7	108.1	109.1	107.5	112.3	112.7	110.1	111.9	110.1	5.2
56	110.0	109.3	110.5	109.4	108.1	109.5	107.5	112.6	112.6	110.4	112.2	110.2	5.1
58	110.0	109.1	110.3	109.2	108.0	109.3	107.6	112.3	112.1	110.5	112.4	110.1	4.8
60	110.0	109.0	110.3	109.6	108.4	109.2	107.4	112.7	112.5	110.7	112.4	110.2	
T.PROM	110.0	109.2	110.5	109.4	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.8	112.3	110.2	
T.MAX	110.0	110.5	111.8	110.1	108.8	109.6	108.7	112.8	112.8	111.7	112.8		
T.MIN	110.0	108.5	110.0	108.3	108.0	109.0	107.1	112.0	112.0	110.1	111.7		
DTT	0.0	2.0	1.8	1.8	0.8	0.6	1.6	0.8	0.8	1.6	1.1		





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LT - 083 - 2021**

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112.8	16.9
Mínima Temperatura Medida	107.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.0	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.9	18.6
Estabilidad Medida (±)	1.0	0.04
Uniformidad Medida	5.7	18.6

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.

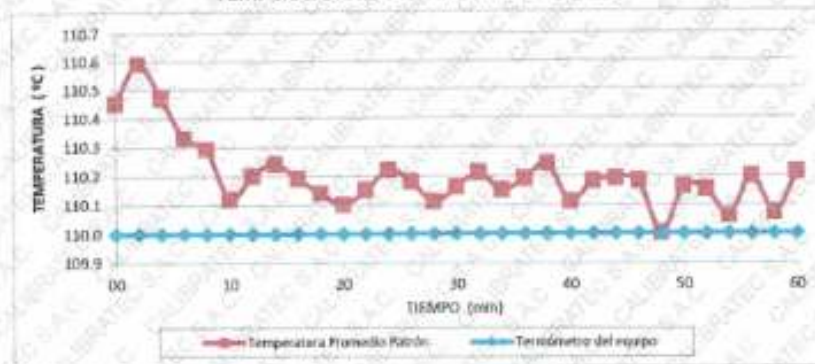


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 083 - 2021

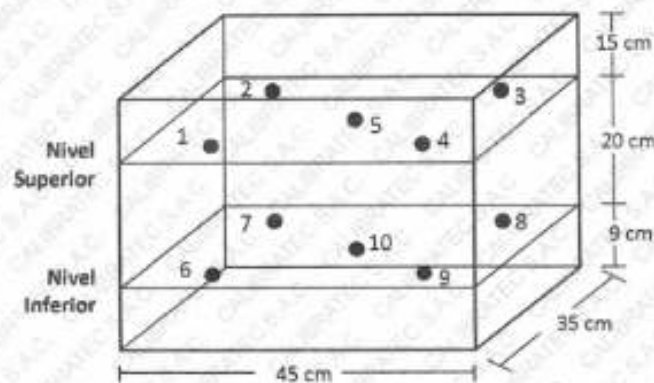
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.



12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 081 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	02931-2021
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL ZDA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo	BAÑO MARÍA
Alcance Máximo	99.9 °C
Marca	GREETMED
Modelo	DX-8A
Número de Serie	80405103
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Instrumento de medición	Controlador / Selector
Alcance	20 °C a 99.9 °C	22 °C a 99.9 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	TERMÓMETRO DIGITAL	CONTROLADOR DIGITAL

5. Fecha de Calibración **2021-08-16**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-08-16


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 081 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.3 °C	21.3 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-2304-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 081 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

PARA LA TEMPERATURA DE 60 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	60	59.5	59.9	59.9	59.0	59.7	59.1	59.7	58.7	59.0	59.2	59.4	1.2
02	60	59.4	59.7	60.1	59.2	59.8	59.3	59.9	58.7	59.0	59.0	59.4	1.4
04	60	59.3	59.8	60.0	59.1	59.9	59.2	59.8	58.4	58.9	59.1	59.4	1.6
06	60	59.5	59.9	60.0	59.1	60.0	59.2	60.0	58.4	58.8	59.2	59.4	1.6
08	60	59.1	59.7	59.7	59.1	59.5	59.2	59.6	58.2	58.7	59.0	59.2	1.5
10	60	59.3	59.7	59.9	59.1	59.7	59.2	59.9	58.2	58.9	59.0	59.3	1.7
12	60	59.3	59.9	59.6	59.0	59.6	59.1	59.6	58.1	58.9	59.2	59.2	1.8
14	60	59.1	60.1	59.6	59.0	59.7	59.1	59.7	58.1	59.0	59.4	59.3	2.0
16	60	59.3	60.1	60.1	59.2	59.8	59.3	59.9	58.2	58.9	59.4	59.4	1.9
18	60	59.1	60.0	60.0	59.2	59.8	59.3	59.8	58.5	58.8	59.3	59.4	1.5
20	60	59.5	60.0	59.9	59.1	59.9	59.2	59.8	58.2	58.8	59.3	59.4	1.8
22	60	59.7	60.1	59.8	59.4	59.8	59.5	59.8	58.5	58.7	59.4	59.5	1.6
24	60	59.7	60.0	59.6	59.4	59.6	59.5	59.6	58.5	58.7	59.3	59.4	1.5
26	60	59.5	59.9	59.7	59.1	59.6	59.2	59.5	58.5	58.7	59.2	59.3	1.4
28	60	59.1	60.0	60.0	59.2	59.8	59.3	59.9	58.0	58.9	59.3	59.3	2.0
30	60	59.5	60.0	59.9	59.1	59.7	59.2	59.8	58.2	58.6	59.3	59.4	1.8
32	60	59.3	60.0	60.1	59.4	59.8	59.5	60.0	58.2	58.9	59.3	59.5	1.9
34	60	59.4	60.0	59.9	59.3	59.7	59.4	59.8	58.0	58.9	59.3	59.4	2.0
36	60	59.3	60.0	59.8	59.3	59.7	59.4	59.9	58.2	58.9	59.3	59.4	1.8
38	60	59.4	59.9	59.5	59.4	59.5	59.5	59.6	58.2	58.8	59.2	59.3	1.7
40	60	59.3	60.1	59.6	59.2	59.6	59.3	59.6	58.5	58.7	59.4	59.3	1.6
42	60	59.4	59.9	59.9	59.2	59.7	59.3	59.7	58.3	58.7	59.2	59.3	1.6
44	60	59.4	59.9	60.1	59.2	60.0	59.3	60.0	58.5	58.9	59.2	59.4	1.6
46	60	59.4	59.8	60.0	59.0	59.8	59.1	60.0	58.5	58.8	59.1	59.4	1.5
48	60	59.3	59.9	59.9	59.2	59.8	59.3	59.9	57.6	58.9	59.2	59.3	2.3
50	60	59.0	59.7	59.8	59.2	59.7	59.3	59.8	57.6	59.2	59.0	59.2	2.2
52	60	59.2	59.9	59.6	59.2	59.5	59.3	59.8	58.4	59.0	58.6	59.3	1.5
54	60	59.1	59.7	59.9	59.0	59.8	59.1	60.0	58.2	58.7	59.0	59.3	1.8
56	60	59.3	59.9	60.1	59.2	59.9	59.3	60.0	58.4	58.6	59.2	59.4	1.7
58	60	59.1	59.9	59.9	59.0	59.8	59.1	59.9	58.5	58.7	59.2	59.3	1.4
60	60	59.3	59.9	59.9	59.2	59.5	59.3	59.7	58.3	58.6	59.2	59.3	1.6
T.PROM	60.0	59.3	59.9	59.9	59.2	59.7	59.3	59.8	58.3	58.8	59.2	59.3	
T.MAX	60.0	59.7	60.1	60.1	59.4	60.0	59.5	60.0	58.7	59.2	59.4		
T.MIN	60.0	59.0	59.7	59.5	59.0	59.5	59.1	59.5	57.6	58.6	58.6		
DTT	0.0	0.7	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	1.1	0.6	0.8		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 081 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

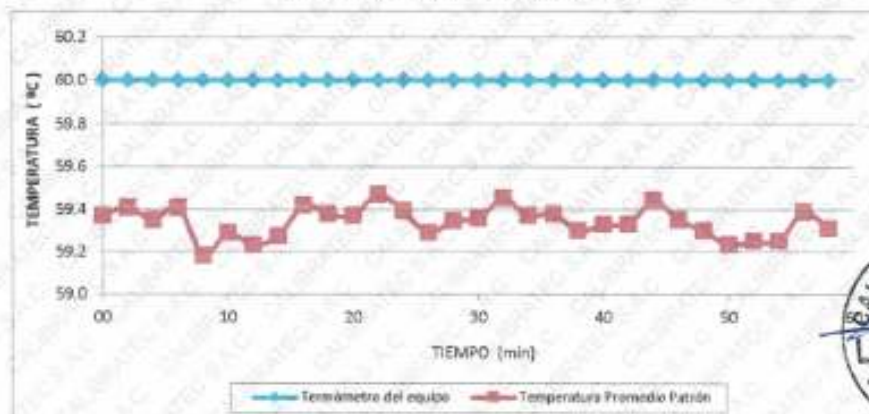
Página 4 de 5

Temperatura ambiental promedio 21,5 °C
Tiempo de calibración del equipo 2 horas
El controlador de temperatura se posicionó en 60°C

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	60.1	0.3
Mínima Temperatura Medida	57.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	1.6	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.55	0.04
Uniformidad Medida	2.3	1.1

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: 60 °C



Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.

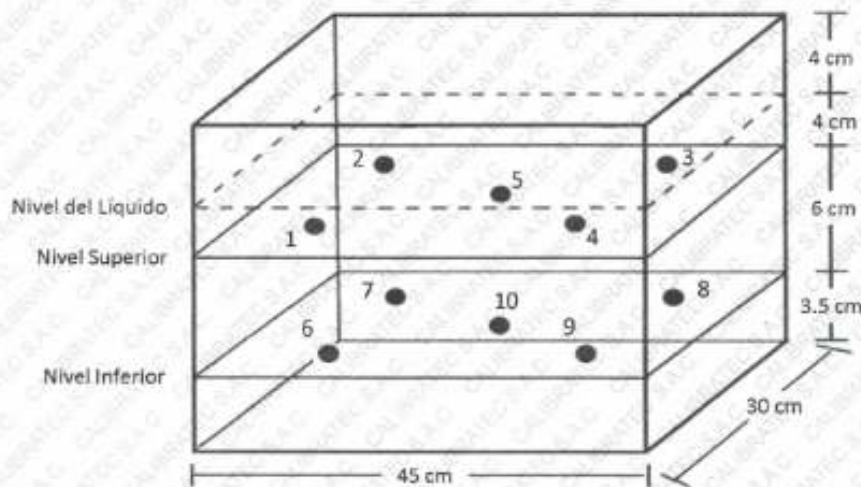


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LT - 081 - 2021**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 3 cm de las paredes laterales y a 2 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de cambios a largo plazo.

Fin del documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MLM - 256 - 2021

Página 1 de 3

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-04-26
FECHA DE EMISIÓN : 2021-04-30
ORDEN DE TRABAJO : OTC-055-2021

1. SOLICITANTE : INGEOCONTROL S. A. C.

DIRECCIÓN : Mza. A Lote 24. Urb. Mayorazgo 2da Etapa - San Martín de Porres

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

ALCANCE DE INDICACIÓN : 3000 g

MODELO : SE3001F

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,1 g

NÚMERO DE SERIE : 8346750775

PROCEDENCIA : CHINA

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 1 g

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del INACAL Primera Edición - Mayo 2019.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS de INGEOCONTROL S. A. C.
Mza. A Lote 24. Urb. Mayorazgo 2da Etapa - San Martín de Porres

5. DECLARACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

METROLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

METROLAB S.A.C.

Héctor Méndez Peroné
GERENTE GENERAL



Jorge Pacheco Cristóbal
Gerente Técnico

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	22,4 °C
Humedad Relativa	68 %	67 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Código	Certificado de calibración
Patrones de referencia de Metrolab S. A. C.	Pesas (exactitud E2)	E2-001A	LM-C-006-2021
		E2-001B	LM-C-005-2021

7. OBSERVACIONES

(*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1*		Carga L2*			
	1 500,0 g	3 000,0 g	1 500,0 g	3 000,0 g		
	f(g)	ΔL(g)	E(g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)
1	1 500,0	0,05	0,00	2 999,9	0,05	-0,10
2	1 500,0	0,08	-0,03	2 999,9	0,09	-0,14
3	1 500,0	0,08	-0,03	2 999,9	0,10	-0,15
4	1 500,0	0,09	-0,04	2 999,9	0,08	-0,13
5	1 500,0	0,09	-0,04	2 999,9	0,07	-0,12
6	1 500,0	0,09	-0,04	2 999,9	0,08	-0,13
7	1 500,0	0,07	-0,02	2 999,9	0,09	-0,14
8	1 500,0	0,08	-0,03	2 999,9	0,08	-0,13
9	1 500,0	0,08	-0,03	2 999,9	0,07	-0,12
10	1 500,0	0,09	-0,04	2 999,9	0,09	-0,14
Diferencia Máxima			0,04	0,05		
Error máximo permitido ±			2 g	3 g		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº MLM - 258 - 2021

Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	h(g)	$\Delta L(g)$	$E_0(g)$	Carga (g)	h(g)	$\Delta L(g)$	$E(g)$	$E_c(g)$
1	1,0	0,9	0,05	-0,10	1 000,0	1 000,0	0,10	-0,05	0,05
2		0,9	0,05	-0,10		999,9	0,04	-0,09	0,01
3		1,0	0,09	-0,04		1 000,0	0,05	0,00	0,04
4		1,0	0,09	-0,04		1 000,0	0,09	-0,04	0,00
5		1,0	0,10	-0,05		999,9	0,08	-0,13	-0,08

Temp. (°C) Inicial: 22,0 Final: 22,2

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : e 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	h(g)	CRECIENTES			DECRECIENTES			emp(**)	
		$\Delta L(g)$	$E(g)$	$E_c(g)$	h(g)	$\Delta L(g)$	$E(g)$		$E_c(g)$
1,0	1,0	0,06	-0,03					1	
2,0	2,0	0,07	-0,02	0,01	2,0	0,06	-0,01	0,02	1
50,0	50,0	0,07	-0,02	0,01	50,0	0,05	0,00	0,03	1
100,0	100,0	0,07	-0,02	0,01	100,0	0,05	-0,01	0,02	1
200,0	200,0	0,07	-0,02	0,01	200,0	0,05	0,00	0,03	1
500,0	500,0	0,07	-0,02	0,01	500,0	0,07	-0,02	0,01	1
1 000,0	1 000,0	0,10	-0,05	-0,02	1 000,0	0,06	-0,03	0,00	2
1 500,0	1 500,0	0,09	-0,04	-0,01	1 500,0	0,08	-0,03	0,00	2
2 000,0	1 999,9	0,05	-0,10	-0,07	1 999,9	0,05	-0,10	-0,07	2
2 500,0	2 499,9	0,04	-0,09	-0,06	2 499,9	0,05	-0,10	-0,07	3
3 000,0	2 999,9	0,05	-0,10	-0,07	2 999,9	0,05	-0,10	-0,07	3

Temp. (°C) Inicial: 22,2 Final: 22,4

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$\text{Lectura Corregida} = R + 0,0000219 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,00190 \text{ g}^2 + 0,0000000389 \times R^2}$$

R: Indicación de la balanza en g

Capacidad mínima : 2,0 g

Cálculo de Lectura Corregida para la Capacidad Máxima

$$R_{\text{corregida}} = (3 000,0 \pm 1,2) \text{ g}$$

----- FIN DEL DOCUMENTO -----



ANEXO 07. Panel fotográfico



Figura 44. Materiales usados en diseño de mezcla

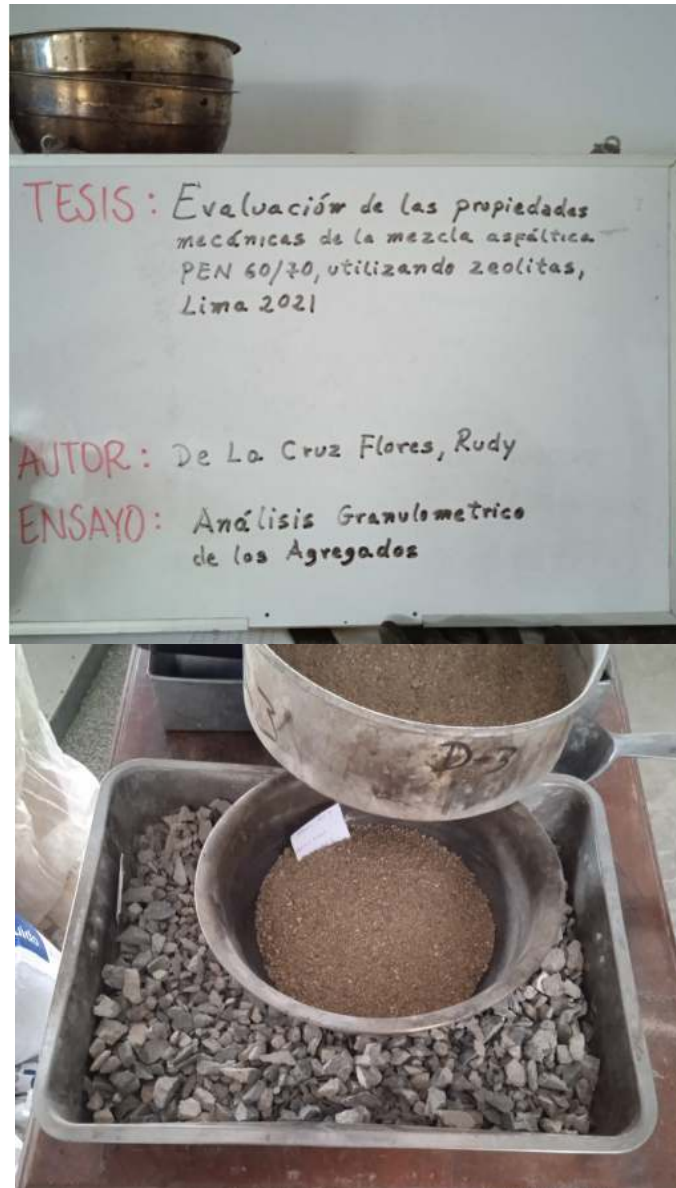


Figura 45. Análisis granulométrico de los agregados



Figura 46. Peso saturado superficialmente seco del agregado grueso



Figura 47. Peso específico y absorción del agregado fino