

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Influencia de la Ceniza de Bagazo de maíz para el análisis del
comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro
de Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Edgar Josué SOTO YALO

Asesor:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Influencia de la Ceniza de Bagazo de maíz para el análisis del
comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro
de Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 143-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO”**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. SOTO YALO EDGAR JOSUÉ

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. REQUIS CARBAJAL, LUIS VILLAR

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

2 %

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 12 de octubre del 2023


UNDA C UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

En el camino de la sabiduría y el saber,

Mi familia y padres, siempre a mi lado fiel,

Con amor inquebrantable y apoyo sincero,

Guiándome hacia la meta, sin temor.

A ustedes dedico mi éxito, con amor profundo,

Porque en cada paso, en ustedes encuentro el mundo.

En las páginas de esta tesis, mi gratitud se enlaza,

Palabras no pueden expresar cuánto en mi corazón abraza,

Vuestra confianza y cariño han sido mi inspiración,

En cada paso, en cada logro, en cada decisión.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Daniel Alcides Carrión, gratitud sincera,

Cuna de conocimiento, mi alma entera reverencia.

En sus aulas forjé mi sendero de ingeniería,

Un viaje de aprendizaje que enriqueció cada día.

En la Escuela de Formación Profesional de Civil,

Hallé maestros sabios, que inspiran con fervor viril.

Guiaron mis pasos con paciencia y dedicación,

Sembrando en mí el deseo de superación.

En cada reto, en cada desafío afrontado,

Vuestra enseñanza me ha guiado y respaldado.

Con laboriosidad y esfuerzo, me brindaron un nido,

Donde crecí como estudiante, con valores tejido.

Como tributo a ustedes, donde mis sueños construyen.

Mi gratitud perdurará, como un eco en el viento,

A la Universidad que formó mi intelecto con aliento.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue establecer la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco. El estudio fue aplicado, de nivel explicativo, siguiendo un diseño experimental con muestras patrón y muestras con aditivos a 0.5%, 2.5% y 4.0% de ceniza. Las muestras fueron probetas con repeticiones según el porcentaje de aditivos y los ensayos Marshall (48 observaciones), así como ensayo de Lottman (40 observaciones), entre otros. Se evaluaron las siguientes propiedades: % de vacíos con cemento asfáltico (VFA), flujo, estabilidad, densidad, resistencia al daño por humedad (TSR) y % de vacíos de material agregado compacto (VMA). Para la obtención de resultados se aplicaron las pruebas estadístico ANOVA y H Kruskal-Wallis según la normalidad de los datos. Los resultados, significativos al 0.05, a medida que se incrementó el porcentaje de ceniza de bagazo de maíz mostraron que: el VFA tiene un comportamiento cuadrático, pero incrementándose; el flujo aumenta; la estabilidad tuvo un comportamiento variable, pero con ligera disminución; la densidad disminuye; la resistencia al daño por humedad se reduce; y el VMA presentó un comportamiento cuadrático con tendencia creciente. De esta forma se concluye la ceniza de bagazo de maíz influyó significativamente el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente y que la muestra patrón + 2.50% de ceniza de bagazo de maíz presentó propiedades similares o mejores que la muestra patrón.

Palabras claves: Comportamiento mecánico, vacíos, flujo, estabilidad, densidad, resistencia al daño por humedad, material agregado, cemento asfáltico y ceniza de bagazo de maíz.

ABSTRACT

The objective of the research was to ascertain the impact of corn husk ash on the mechanical performance of a hot mix asphalt in Cerro de Pasco. The study was applied, of an explanatory nature, adhering to an experimental design with standard samples and samples with additives at 0.5%, 2.5%, and 4.0% ash concentrations. Specimens were created with repetitions based on the additive percentages and were subjected to Marshall tests (48 observations) and Lottman tests (40 observations), among others. The evaluated properties included: % voids with asphalt cement (VFA), flow, stability, density, resistance to moisture damage (TSR), and % voids in compacted aggregate material (VMA). The results were analyzed using the ANOVA and H Kruskal-Wallis statistical tests, contingent on data normality. The findings, significant at the 0.005 level, showed that as the percentage of corn husk ash increased: the VFA exhibited a quadratic behavior, yet with an increasing trend; flow heightened; stability displayed variable behavior, albeit with a slight decrease; density diminished; resistance to moisture damage was reduced; and the VMA showed a quadratic behavior with an upward inclination. It is thereby concluded that corn husk ash significantly influenced the mechanical performance of a hot mix asphalt, and the standard sample + 2.50% corn husk ash showcased properties equal to or superior to the standard sample.

Keywords: Mechanical performance, voids, flow, stability, density, resistance to moisture damage, aggregate material, asphalt cement, and corn husk ash.

INTRODUCCIÓN

En el vasto panorama de la ingeniería civil y de la construcción de infraestructuras viales, la búsqueda de soluciones que combinen la eficiencia, la sostenibilidad y la innovación continúa siendo un desafío constante. En este contexto, el presente estudio se adentra en un ámbito crucial: la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en el entorno particular de Cerro de Pasco.

Las mezclas asfálticas, utilizadas ampliamente en la pavimentación de carreteras y calles, constituyen elementos fundamentales de la infraestructura vial. La exploración de adiciones que puedan mejorar sus propiedades mecánicas y funcionales sin comprometer su durabilidad es de vital importancia. En esta investigación, se examina minuciosamente el potencial de la ceniza de bagazo de maíz como un componente que puede contribuir a esta mejora, aportando tanto a la industria como al medio ambiente.

A través de un análisis riguroso respaldado por investigaciones previas y métodos experimentales, este estudio aspira a contribuir al conocimiento en el campo de la ingeniería vial, aportando información relevante para el diseño y la ejecución de proyectos de pavimentación más eficientes y respetuosos con el entorno. En última instancia, se busca fomentar prácticas que amalgamen la innovación tecnológica con la preservación ambiental, en pos de un desarrollo infraestructural más armónico y sustentable.

En este sentido, el problema del estudio es ¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022? Del cual, se deriva el objetivo de establecer la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en el comportamiento mecánico (resistencia estabilidad, flujo, resistencia al daño, deformación permanente y granulometría) de una mezcla asfáltica en caliente,

Cerro de Pasco. Para cumplir con la investigación, el tipo es aplicada, con diseño experimental, teniendo muestras patrón y muestras experimentales con 0.5%, 2.5% y 4.0% de ceniza de bagazo de maíz.

Por otro lado, para que el estudio sea riguroso en su desarrollo, se divide en 4 capítulos:

En el capítulo I, se presenta la problemática que guía el estudio, se realiza la delimitación, se formulan los problemas, objetivos, justificaciones y limitaciones.

En el capítulo II, se detallan los estudios previos similares a la investigación, las bases teóricas, definiciones de las variables, propiedades mecánicas de la mezcla, diseño de mezclas asfálticas, entre otros. También, se presentan las variables y su operacionalización.

En el capítulo III, se trata la metodología que guio el estudio, tipo nivel, diseño experimental, muestra factorial, técnicas e instrumentos que se utilizan.

En el capítulo IV, se presentan los resultados, a nivel descriptivo e inferencial, sobre el diseño de mezcla, granulometría, análisis de estabilidad, flujo, % de vacíos, densidad, deformación permanente y resistencia al daño. En este capítulo se dan respuesta a las hipótesis de investigación. También, se realiza la discusión de resultados, en el cual se comparan los resultados con resultados por otros investigadores y confrontándolo con el marco teórico.

Finalmente, se contemplan las conclusiones que dan respuesta a los objetivos, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Identificación y determinación del problema.....	4
1.2.1. Espacial.....	4
1.2.2. Temporal.....	4
1.2.3. Conceptual o temática	4
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos.	5
1.4. Formulación de objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Justificación de la investigación	6
1.5.1. Justificación teórica	6
1.5.2. Justificación práctica	6
1.5.3. Justificación metodológica	6

1.6.	Limitaciones de la investigación.....	7
1.6.1.	Limitación económica	7
1.6.2.	Limitación de información	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.1.1.	Internacionales.....	8
2.1.2.	Nacionales.	12
2.1.3.	Locales.....	16
2.2.	Bases teóricas -científicas	17
2.2.1.	Diseños de mezclas asfálticas.....	17
2.2.2.	Ceniza de bagazo de maíz	26
2.2.3.	Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente	32
2.3.	Definición de términos básicos	63
2.4.	Formulación de hipótesis	66
2.5.	Identificación de las variables.....	66
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	66

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	68
3.2.	Nivel de investigación.....	68
3.3.	Métodos de investigación.....	68
3.4.	Diseño de investigación	69
3.5.	Población y muestra	70
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	71
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	72
3.8.	Tratamiento estadístico	72

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	72
--	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	74
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	76
4.2.1. Propiedades mecánicas	76
4.2.2. Incorporación de agregados.....	91
4.2.3. Resistencia al daño por humedad inducida	94
4.3. Prueba de Hipótesis.....	96
4.3.1. Prueba de la primera hipótesis específica.....	97
4.3.2. Prueba de la segunda hipótesis específica	99
4.3.3. Prueba de la tercera hipótesis específica	101
4.3.4. Prueba de la hipótesis general	102
4.4. Discusión de resultados.....	104

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición química de la ceniza bagazo de maíz	29
Tabla 2	Clasificación de las mezclas asfálticas	33
Tabla 3	Relaciones fíller/ betún asfáltico (grabulometrías D, S y G y tráficos pesados intensos).....	48
Tabla 4	Factores de estabilidad de correlación.....	51
Tabla 5	Operacionalización de variables.....	67
Tabla 6	Tamaño muestral	71
Tabla 7	Diseño de mezcla asfáltica en caliente: Porcentaje óptimo de asfalto	75
Tabla 8	Resultados de % vacíos en mezcla	76
Tabla 9	Resumen de resultados de % vacíos en mezcla.....	77
Tabla 10	Resultados de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	79
Tabla 11	Resumen de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA).....	80
Tabla 12	Resultados de flujo (mm)	82
Tabla 13	Resumen de resultados de flujo.....	83
Tabla 14	Resultados de estabilidad	85
Tabla 15	Resumen de resultados de estabilidad	86
Tabla 16	Resultados de densidad (gr/cm ³).....	88
Tabla 17	Resumen de resultados de densidad	89
Tabla 18	Resultados de % Vacíos de material agregados compacto (VMA).....	91
Tabla 19	Resumen de % vacíos de material agregados compacto (VMA)	92
Tabla 20	Resultados de resistencia a la tracción	94
Tabla 21	Resumen de resultados de resistencia a la tracción	94
Tabla 22	Prueba estadística de la primera hipótesis de investigación: VFA y densidad.....	98

Tabla 23 Prueba estadística de la primera hipótesis de investigación: flujo y estabilidad	98
Tabla 24 Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación	100
Tabla 25 Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación	101
Tabla 26 Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Degradación de deformación permanente	22
Figura 2	Partes de la planta de maíz.....	28
Figura 3	Diagrama de flujo del proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente	36
Figura 4	Determinación de flujo para dos tipos de fallas de muestras.....	40
Figura 5	Esquema de la probeta del método Marshall	43
Figura 6	Fotografía de probeta	44
Figura 7	Curvas de Marshall	47
Figura 8	Ejemplo de caudalímetro usado para el método A.	49
Figura 9	Máquina MTS	55
Figura 10	Deformaciones plásticas acumuladas en pavimentos	56
Figura 11	Moldes de plástico	59
Figura 12	Estaciones de la prueba HWTD.....	60
Figura 13	Curva de Hamburgo con parámetros de prueba.....	61
Figura 14	Diagrama de bigotes de los % Vacíos en mezcla	78
Figura 15	Diagrama de bigotes de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	81
Figura 16	Diagrama de bigotes de flujo	84
Figura 17	Diagrama de bigotes de estabilidad	87
Figura 18	Diagrama de bigotes de densidad	90
Figura 19	Diagrama de bigotes de % vacíos de material agregados compacto (VMA).....	93
Figura 20	Diagrama de bigotes de resistencia a tracción	96

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El asfalto o mezcla asfáltica es una composición de material árido y asfáltico homogenizados y a veces se incluye aditivos. Cuando estas mezclas son fabricadas en a altas temperaturas con derivados pétreos y cemento asfáltico, en plantas móviles o estacionarias que provén de energía para calentar y hacer la mezcla, se denomina una mezcla asfáltica en caliente (Delgado, 2020). La importancia de estas mezclas radica en que constituyen la superficie de rodadura preferida por los usuarios de las carreteras, que perciben sus indiscutibles ventajas de seguridad y confort. Se puede diseñar un amplio abanico de estructuras de firme o pavimento (Potti, 2007). El asfalto de mezcla en caliente se conoce con muchos nombres diferentes: hormigón asfáltico, mezcla vegetal, mezcla bituminosa, hormigón bituminoso y muchos otros. Es una combinación de dos ingredientes principales: agregados y aglomerante asfáltico. Alrededor del 95% del peso total de las mezclas son agregados, y estos se mezclan con aproximadamente un 5% de ligante asfáltico para producir asfalto de mezcla en caliente (Nega et al., 2013).

A pesar de todas sus ventajas de estas mezclas, su utilización en pavimentos flexibles, también tiene degradación, la cual puede ser natural por el propio desgaste o pueden influir aspectos como el clima o el proceso constructivo, que incluye formas como deformaciones o ahuellamiento, fisuras o agrietamientos y disgregaciones (Padilla, 2004). Un estudio se encontró que el concreto asfáltico, el ahuellamiento total del pavimento muestra sensibilidad a los cambios climáticos, al igual que el índice de rugosidad internacional. También se encontró que las diferencias en la calidad y duración de los datos para estaciones cercanas pueden resultar en variaciones en el desempeño previsto (Saha et al., 2012). En otro estudio de Qiao et al. (2020), quienes afirmaron que los pavimentos son infraestructuras sensibles al clima, donde el clima puede afectar su tasa de deterioro, el mantenimiento posterior y los costos del ciclo de vida. Específicamente, en un estudio realizado en Cerro de Pasco por Gabriel y Hurtado (2019) indica que el clima frío de dicho departamento es un factor importante en la degradación del pavimento flexible, más que todo en la capa de rodamiento.

Es posible que sea necesario modificar las prácticas actuales de diseño de pavimentos y gestión del ciclo de vida para adaptarse a los cambios climáticos y reducir los impactos ambientales. Muchas investigaciones, desarrollan la problemática de cómo mejorar sus propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, para así obtener unas mejores carreteras, necesaria por la degradación y sensibilidad ante temperaturas bajas. Muchos investigadores que se vienen desarrollando la problemática de cómo mejorar sus propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, para así obtener unas mejores carreteras. Uno de los varios procedimientos que existe consiste incorporar aditivos cuando se está en la fase de mezclado. Esto es equivalente a agregar una pequeña cantidad de silicato de

aluminio. Por ejemplo, añade zeolitas que contengan hasta un 20% de agua en forma de cristales o cenizas que contengan cal y compuestos puzolánicos (Padilla, 2004). La introducción de aditivos rebaja la viscosidad del betún y favorece el recubrimiento, al mismo tiempo que baja la temperatura de secado del árido. La ventaja de estos aditivos mejora la estabilidad y resistencia, importante para mejorar la trabajabilidad y el tiempo de vida de los pavimentos flexibles (Potti, 2007).

Uno de los aditivos que se adiciona a las referidas mezclas son las cenizas. Las cenizas como relleno de la mezcla asfáltica en caliente, han sido examinados para mejorar su rendimiento, por ejemplo, Xue et al. (2019), quienes descubrieron que el uso de cenizas de incineración de residuos orgánicos podría aumentar la resistencia al deterioro por exceso de agua. Asimismo, se vio favorables hallazgos en cuanto a la vida a fatiga y en las pruebas de estabilidad Marshall de las mezclas con estas cenizas. Por otro lado, Abdul (2014) sugirió que el uso de cenizas volantes en mezclas asfálticas resistencia mejorada de las mezclas contra la deformación permanente. Finalmente, las mezclas asfálticas con rellenos ceniza semilla de dátil y de cáscara de arroz mostraron módulo de rigidez y mayor estabilidad comparándolo con la mezcla sin aditivos. Por otro lado, el uso de cenizas de biomasa potencio la fuerza adhesiva entre el asfalto y sensibilidad térmica de las mezclas y los agregados, lo es beneficioso en la resistencia al origen de surcos y la fatiga de la mezcla asfáltica en caliente (Tahami et al., 2018).

Por todo lo expuesto, además que, las cenizas de biomasa producidas permanecen como desechos sólidos y requieren eliminación y, en consecuencia, generan problemas ambientales y económicos, se hace evidente la necesidad de estudiar la influencia de las cenizas bagazo de maíz en la mezcla asfáltica en

caliente. Investigar esto es importante por el clima de Cerro de Pasco, donde los pavimentos asfálticos se encuentran expuestos a bajas temperatura. Entonces, con el fin de evaluar la factibilidad de utilizar estas cenizas como materiales de construcción, se investigarán las propiedades mecánicas de las cenizas de bagazo de maíz en adición a una mezcla bituminosa en caliente.

1.2. Identificación y determinación del problema

1.2.1. Espacial

El lugar en el cual fue desarrollado el estudio se ubicó en la ciudad de Pasco, ubicado dentro de la Región Cerro de Pasco.

1.2.2. Temporal

La investigación fue desarrollada desde los meses de junio hasta diciembre del año 2022. En dicho periodo se desarrolló la investigación teórica, el instrumento, se almacenaron los datos, las pruebas de hipótesis y el establecimiento de conclusiones

1.2.3. Conceptual o temática

La investigación englobó temas como la resistencia de estabilidad y flujo, en la resistencia presente en el deterioro por la inducida humedad, y en el estado de deformación permanente y por último con la granulometría de agregados, las normas estandarizadas o vigentes en el país, como por ejemplo el conocido método del Martillo de Marshall o el Ensayo Lottman. En general, el tema que englobó todos estos aspectos es el diseño de mezclas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?

1.3.2. Problemas específicos.

- ¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?
- ¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?
- ¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Establecer la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.
- Analizar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.
- Analizar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Es justificado debido a que, el estudio brindó información necesaria e importante para el sustento teórico de las variables estudio, generando nuevos conocimientos. Aquellos conocimientos que se brindaron, contuvieron veracidad, información respecto a la resistencia de estabilidad y flujo, de la misma forma con la resistencia al deterioro por exceso de agua, también con la deformación permanente y finalmente en la granulometría. Esto ayudó a que se fortalezca el marco teórico por medio de conceptos que el trabajo presenta, ayudando al alcance de objetivos.

1.5.2. Justificación práctica

Se justifica en el sentido práctico debido que, en el área de la construcción, se obtuvieron conocimientos sobre la ceniza de bagazo de maíz y el aporte para dar mejoría a las propiedades mecánicas en la mezcla asfáltica en caliente. Sabiendo ello, permitió que dicho elemento que se adhirió a la mezcla, sea usado en los proyectos de pavimentación, ayudando en la reducción de costos por la utilización, de la misma forma, es justificado porque los pobladores del lugar fueron consientes del material y del estado que presentan sus calles respecto a proyectos de pavimentación, siendo este material, beneficiosos para las propiedades mecánicas en la mezcla asfáltica en caliente, que son empleadas en la construcción de pavimentos flexibles.

1.5.3. Justificación metodológica

En este proyecto de tesis se tuvo un aporte metodológico debido a que brindó un instrumento de medición a las investigaciones futuras, este fue la ficha de observación propuesta por el investigador, el cual se aplicó, de tal forma que se

logre el objetivo deseado. Asimismo, la ficha proporcionó conceptos sobre las variables de estudio, considerando como objetivo, el brindar un aporte en proyectos futuros, los cuales ayuden a manifestar objetivos como este, puedan desarrollar una medición sobre el efecto de los materiales estudiados en la mezcla de asfaltos.

1.6. Limitaciones de la investigación

1.6.1. Limitación económica

Una de las limitaciones que se tuvo fue la económica, debido a que todos los gastos que se realizaron durante el desarrollo de la investigación fueron asumidos por el investigador. Otra de las limitaciones que se tuvo es que al principio se pretendió realizar la investigación en todo el departamento de Pasco, pero al no contar con los recursos necesarios se establecieron en la ciudad de Cerro de Pasco.

1.6.2. Limitación de información

Una de las grandes limitaciones que se tuvo fueron las fuentes bibliográficas, ya que son escasas las tesis que se han desarrollado acerca del tema en la ciudad de Cerro de Pasco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Internacionales.

Suriano (2018) hizo la tesis denominada “Mezcla asfáltica en caliente por método Marshall adicionando cenizas volantes”, realizado a modo de titularse como Ingeniera Civil por la Facultad de Ingeniería de la “Universidad de San Carlos de Guatemala”, Guatemala.

El estudio se enfocó en saber si las cenizas de humo generado por la combustión carbón mineral son viables como aditivo para un diseño de bitumen en caliente por el método “Marshall”. Asimismo, fue un estudio netamente experimental y aplicada, en la cual se diseñó una mezcla asfáltica en caliente, según ASTM D 1559, para mezclar con el agregado en proporciones, luego se realizó la prueba del método Marshall, también se determinó la gravedad específica, comportamiento mecánico, capacidad de resistencia de tránsito, deformación, etc. Los resultados fueron los siguientes: en el ensayo Marshall hubo una diferencia de 1.6 (0.01 pulgadas) con la muestra control, la gravedad específica aumento a 30

Kg/m³ y la resistencia del diseño asfáltico supero los 948 libras-fuerza. El estudio concluye que las cenizas volantes de carbón como agregado al bitumen es viables, porque existe cohesión y buena trabajabilidad, además que cumplió con los parámetros establecidos por Dirección General de Caminos de Guatemala (Suriano, 2018).

Chen et al. (2019) ejecutaron la investigación denominada “Propiedades del ligante asfáltico modificado por fibra de tallo de maíz”, indexado en la revista “Construcción y Materiales de Construcción” de Elsevier, China, 212(10), pp. 225-235.

En dicho estudio se investigó los comportamientos físico-mecánicos del aglutinante asfáltico modificado con fibra de tallo de maíz. Se trató de una investigación netamente experimental, que constó de pruebas de penetración y punto de reblandecimiento, prueba de cizallamiento dinámico, viscosidad rotacional, prueba de reómetro de haz de flexión, en la cual se usaron fibras en porcentajes de 10%, 8%, 6%, 4%, 2% y 0%. Según los resultados, los factores de ahuellamiento mejoran aumentan un 100% de 0.6kPa a 1.2kPa, la rigidez llegó hasta los 100 MPa en tendencia creciente a temperatura de -12°C y la viscosidad rotacional paso de 1.72 Pa.s sin aplicación de fibra hasta 7.401 Pa.s con 10% de fibra a 110°C. Las conclusiones indican que la adición de fibra de tallo de maíz disminuye la penetración y aumenta el punto de reblandecimiento del aglutinante asfáltico. La rigidez por fluencia del aglutinante de asfalto a bajas temperaturas primero disminuye y luego aumenta con un aumento en el contenido de fibra del tallo de maíz. También, la añadidura de fibra de tallo de maíz puede amplificar la viscosidad del aglutinante de asfalto, y la sensibilidad a la temperatura del aglutinante de asfalto disminuye (Chen, 2019).

Yadav y Ray (2019) hizo la investigación denominada “Utilización de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en Betún”, indexado en la “Revista Internacional de Investigación y Tecnología de Ingeniería” (IJERT, por sus siglas inglesas), Lucknow, India, 8(4), pp. 479-481.

El propósito de esta investigación fue evaluar propiedades físicas del hormigón modificado con los resultantes de bagazo calcinado de azúcar. Fue una investigación experimental, que constó de la prueba de penetración en la que se agregó una gran cantidad de ceniza de bagazo en el betún en la proporción de 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente. Los resultados fueron los siguientes: el asfalto modificado con ceniza de residuos de la agricultura de azúcar se desempeñó mejor en comparación con el asfalto ordinario hasta un 30 % para la sustitución de ceniza de residuo y un 10 % de reemplazo de arena en betún ordinario. El estudio alcanza el desenlace indicando que la ceniza de desecho de la agricultura del azúcar aumenta la propiedad de la resistencia en la mecánica del asfalto, esto se debe principalmente a la presencia de una gran cantidad de sílice en la ceniza de fibra residual de caña de azúcar (Yadav & Ray, 2019).

Lizcano y Ramos (2020) realizaron la tesis que lleva por título “Estudio del comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas modificadas con llenante mineral de ceniza de la cascarilla resultante de la molienda del arroz”, realizado a modo de hacerse Especialista en Ingeniería de Pavimentos por la “Facultad de Ingeniería” de la “Universidad Católica de Colombia”, Colombia.

El objetivo de la tesis mencionada fue desarrollar la caracterización mecánica de varias mezclas de asfalto con producto de calcinación de salvado de arroz en diferentes proporciones. Fue una investigación experimental pura, en la cual se efectuó el ensayo de Marshall de flujo y estabilidad, de Cántabro y de

tracción indirecta en una mezcla en caliente a una muestra control con 6% de mineral de relleno, 3% de ceniza con 3% de llenante mineral y 6% de ceniza. Los resultados se detallan a continuación: en el ensayo Marshall se obtiene los promedios de 67 kN, 74 kN y 87 kN en lecturas de carga para estabilidad y en las pruebas de tracción indirecta se obtuvo los promedios de 1.140 kPa, 0.980 kPa, 1.288kPa para 6% de mineral de relleno, ceniza (3%) con de llenante mineral (3%) y 6% de ceniza, respectivamente; en el ensayo cántabro se obtuvo 8.94%, 4.67% y 5.01% de porcentajes de pérdidas por desgaste para para 6% de relleno mineral, 3% de ceniza con 3% de llenante mineral y 6% de ceniza, respectivamente. El estudio finaliza concluyendo que las cenizas de arroz presentan mejores parámetros con respecto a los demás estudiados (Lizcano & Ramos, 2020).

Kifile et al. (2022) ejecutaron la investigación denominada “Evaluación de la ceniza de mazorca de maíz como relleno en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente”, indexado en la “Revista internacional de investigación y tecnología de pavimentos” de la Chinese Society of Pavement Engineering, China, 8(4), pp. 1-15.

En este estudio, el propósito fue estudiar la aplicación de ceniza de mazorca de maíz (MCA) en la producción de hormigón asfáltico como material de relleno en la mezcla asfáltica en caliente para capas de unión. Se investigaron pruebas físicas y químicas para MCA. Espécimen de asfalto preparado utilizando polvo de piedra triturada (CSD) como relleno sin ceniza de mazorca de maíz utilizada como material de control. El contenido de relleno de CSD se reemplazó con MCA a razón de 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % en peso de CSD. Donde se utilizaron 30 especímenes de mezcla, quince muestras de concreto asfáltico se prepararon con un 6% de CSD como relleno por peso de agregado con contenido de betún entre

4.5 y 6.5% en incrementos variables de 0.5% por peso el completo para determinar la cantidad óptima del ligante (Kifile et al., 2022).

La muestra restante se preparó al 5.30 % de OBC para averiguar la tasa óptima de reemplazo de MCA. Correspondiente a los hallazgos finales, los valores de estabilidad Marshall, caudal, peso de unidad, vacíos rellenos con asfalto al 75% de reemplazo de CSD con MCA, vacíos de aire y en agregado mineral fueron, 11.7 kN, 3.13 mm, 2.360 g/cm³, 4.0%, 72.56% y 14.58%, y respectivamente. Los hallazgos de la investigación indicaron que un valor óptimo de MCA podría ser reemplazado. El CSD es 75% por peso de relleno CSD o 4.5% (por peso de agregado en la producción de un nivel de ligante de la mezcla asfáltica en caliente para caminos de tráfico pesado. Las conclusiones indicaron que los desechos agrícolas se pueden usar constructivamente como reemplazo parcial de los rellenos CSD en la capa de ligante de mezcla asfáltica en caliente. de capas de ligante asfáltico para carreteras de tráfico pesado (Kifile et al., 2022).

2.1.2. Nacionales.

Lau (2019) realizó la tesis que lleva por título “Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima – 2019”, desarrollado con el objetivo de titularse profesionalmente como Ingeniero Civil por la “E. A. P. De Ingeniería Civil” de la “Facultad de Ingeniería” de la “Universidad César Vallejo”, Lima.

La investigación tuvo el propósito de conocer los beneficios positivos de la ceniza de bambú en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente en condiciones ambientales de Lima. Para lo cual, la investigación fue aplicada, con un diseño experimental con orientación cuantitativo, en la cual se utilizó 21 probetas Marshall, con la mezcla con aditivo y una mezcla convencional para el

control, a los cuales, se les realizó el ensayo granulométrico y Marshall para después recolectar datos con una ficha validada con anterioridad. Los resultados indican que con 1% de cenizas se una optimización en el flujo y la proporción de vacíos, sin embargo, un 41% sucedió una reducción de la estabilidad; por otro lado, con 2% de cenizas la estabilidad solo se reduce un 12%. Se demostró que existen beneficios positivos para una mezcla asfáltica en caliente cuando se le adiciona de cenizas de bambú, siendo la cantidad 1% la que tuvo resultados más favorables (Lau, 2019).

Adauto (2019) realizó la tesis titulada como “Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz”, desarrollado como requisito para graduarse académicamente como Maestro en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles por la “Escuela de Posgrado” de la “Universidad Ricardo Palma”, Lima.

El diseño de la aludida tesis fue encontrar la influencia del añadido de calcinación de caña de maíz en la mecánica de la mezcla asfáltica en caliente en comparación con una muestra control. Asimismo, fue un estudio explicativo – descriptivo, con un esquema longitudinal, práctico y prospectivo, en la cual se tomó en total 80 muestras que de acuerdo a los ensayos estandarizados por la norma AASHTO, al igual que los instrumentos que se usaron. Según lo encontrado, la muestra con 0.5% de cenizas presentó un ahuellamiento de 10.24mm y un aumento de 6% de la resistencia y la muestra con 1% de cenizas presentó un aumento de 4.1% de la resistencia y mejora la estabilidad-flujo Marshall cumpliendo el parámetro (1.700 – 4.000 kgcm⁻¹) de AASHTO. El estudio concluye que la ceniza de tallos de maíz tiene un efecto favorable en el desempeño mecánico del ligante asfáltico, siendo la proporción más óptima de 0.5% (Adauto, 2019).

Zambrano (2020) desarrolló la tesis denominada “Adición de ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánica-dinámicas de asfalto para reparación en Carabaylo 2019”, realizado a modo de titularse profesionalmente como Ingeniero Civil por la “Facultad de Ingeniería” de la “Universidad Privada del Norte”, Lima.

Dicha investigación tuvo el objetivo de encontrar el efecto del aditamento de cinco por ciento de escoria calcinada de cascaras de arroz en las características físicas en la mezcla asfáltica en caliente comparando con un grupo control. Asimismo, fue una investigación aplicada y experimental, en la cual se utilizaron un total de 76 muestras según lo exigido por los ensayos de las normativas del MTC y los instrumentos también estandarizados de la ASTM y AASTHO. De acuerdo a los resultados, en el ensayo de Marshall de la estabilidad, se observó un aumento en 4.37%, fluencia 6.27%, esfuerzo a tensión 1% y reducción de vacíos de mineral de agregado 9.88%, vacíos de aire en 3.74%, peso específico en 1.22%. El estudio finaliza indicando que la ceniza de los desechos de arroz en una proporción de 5% influye de manera favorable en las propiedades mecánicas, con respecto a las muestras sin adición de cenizas, como conclusión (Zambrano, 2020).

Mariano (2021) elaboró la tesis denominada “Mezcla asfáltica SMA, fibra, ceniza del bagazo de caña de azúcar y su desempeño mecánico.”, realizado como requisito para graduarse académicamente como Maestro en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles por la “Escuela de Posgrado” de la “Universidad Ricardo Palma”, Lima.

Dicha investigación tuvo el objetivo de evaluar una mezcla asfáltica “Split Mastic Asphalt” (SMA) combinada con celulosa y su ceniza de bagazo de tallo de azúcar a favor de su comportamiento físico-mecánico. Asimismo, fue una

investigación que alcanzó un nivel explicativo y se empleó un diseño experimental con un grupo de control, en la cual se tomó un total de 54 muestras de SMA modificada con fibra y ceniza, que pasó por los ensayos y los instrumento según ASTM, MTC y AASHTO. Los resultados fueron los siguientes: La resistencia promedio a la tracción retenida se reduce un 30.38 con los aditivos en la mezcla, el diseño optimo fue de 0.3% de fibra, cal hidratada de 6% y 0.5% de ceniza, sin embargo, la estabilidad se redujo en 17.25%. El estudio concluye indicando que la fibra de residuos del tallo de azúcar puede estabilizar la SMA, no obstante, la ceniza no puede reemplazar a la cal hidratada (Mariano, 2021).

Altamirano y Robledo (2022) hizo la tesis que lleva por título “Influencia de la ceniza de paja de arroz en las propiedades físicas mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Jaén 2022”, desarrollado con el objetivo de titularse profesionalmente como Ingeniero Civil por la “Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil” de la “Facultad de Ingeniería y Arquitectura” de la “Universidad César Vallejo”, Moyobamba.

El propósito de la tesis mencionada fue especificar la influencia a las particularidades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente del adicionamiento de los productos de la calcinación de la paja de arroz, comparando este con un grupo control. Para cumplir este objetivo, se planteó este estudio aplicado y experimental con enfoque cuantitativo, en la cual se estableció un total de 90 briquetas de mezcla asfáltica, entre porcentajes de 2.0%, 5.0%, 10.0% y 0%, y se procedió de acuerdo a la normativa MTC 504 para los ensayos pertinentes. Según los resultados, con la incorporación de 5% de ceniza y 5.8% de cemento asfáltico se aumenta un 1221 kg de estabilidad de 974kg con respecto a la muestra control, fluencia de 3.471 mm a 2.963 mm del control y reduce el porcentaje de

vacíos de 3.93% sobre 4.91% del control. La tesis obtiene la conclusión que las cenizas de paja de arroz influyen favorablemente a las características mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente (Altamirano & Robledo, 2022).

2.1.3. Locales.

Ramos (2022) realizó la tesis que lleva por título “Efecto de la incorporación de cenizas de ichu en la elaboración de concreto estructural en el distrito de Chaupimarca, Pasco 2021”, desarrollado con el objetivo de titularse profesionalmente como Ingeniero Civil por la “E.F.P. de Ingeniería Civil” de la “Facultad de Ingeniería” de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, Cerro de Pasco.

El propósito de la citada tesis fue especificar qué efectos tiene las cenizas de ichu en un concreto estructural. Fue una investigación puramente experimental y aplicada, en la cual se tomó 36 especímenes y se realizó los ensayos estandarizados de las ASTM y Normas Técnicas Peruanas (NTP), se midió la resistencia a la compresión, la temperatura, la trabajabilidad y la densidad del concreto; además, el análisis granulométrico y pesos unitarios. De acuerdo a los resultados, se realizó 3 diferentes dosificaciones de cenizas, 0.5%, 1.5% y 3%; de las cuales el segundo obtuvo un mejor valor de resistencia incrementándose hasta 270.57 Kg/cm² y en el diseño se encontró una relación aceptable de agua/cemento de 0.48. Finalmente, el estudio concluye que, las cenizas optimizan las propiedades mecánicas del concreto, siendo la dosis más óptima 3% (Ramos, 2022).

Osorio (2022) desarrolló la tesis que lleva por título “Influencia de cenizas de carbón de madera de eucalipto en la resistencia de concreto estructural f_c 210 Kg.cm⁻² en Pasco 2021”, desarrollado con el objetivo de titularse profesionalmente

como Ingeniero Civil por la “E.F.P. de Ingeniería Civil” de la “Facultad de Ingeniería” de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, Cerro de Pasco.

El propósito de la tesis citada fue especificar qué efectos tiene la ceniza de carbón de *Eucalyptus globulus* en la resistencia de una estructura de concreto de 210 Kg.cm⁻². De la misma forma, se trató de una investigación cuantitativa de alcance explicativo y diseño experimental, en la cual se usó proporciones de 0,5%, 1%, 2% un grupo control de cenizas, apoyándose también de los instrumentos que fueron formatos estandarizados para agregados gruesos, propiedades mecánicas y agregados finos. El resultado más importante fue que a 2% de adición de ceniza la resistencia subió un 13% alcanzando 243.74 Kg.cm⁻². Además, en la prueba ANOVA, al 95% de nivel de confianza, se observó diferencias significativas entre las proporciones de cenizas de carbón de eucalipto de 1% y 2%, obteniéndose un $p= 0.008$ y $p= 0,000$, respectivamente. El estudio llega a la conclusión indicando que la resistencia en una estructura de concreto $f'c=210$ Kg.cm⁻² en la localidad de Pasco, 2021, sufren una mejora con las cenizas de eucalipto (Osorio, 2022).

2.2. Bases teóricas -científicas

2.2.1. Diseños de mezclas asfálticas

El material asfáltico posee la única función de conservar unida los componentes pétreos, de nada sirve tener una capa extra de granular muy buena si ésta no se puede mantener unida y se va a desplazar con el paso de los vehículos, por eso en muchas de las referencias bibliográficas este material, se define como un gigante asfáltico porque ese su función mantener unidas las partículas del agregado, este material tiene algunas propiedades las cuales se los va a transmitir a la mezcla asfáltica bueno en conjunción estos materiales cuando trabajan de manera conjunta darán como resultado una mezcla asfáltica. La cual veremos todo

el procedimiento para su diseño y evaluación hablemos ahora del comportamiento general de la mezcla asfáltica empezará explicando los comportamientos más básicos de un material asfáltico los cuales se observan comúnmente cuando se trabaja en un laboratorio de ensayos primeramente tenemos que el material asfáltico su material viscoelástico con una sensibilidad térmica esto significa que su mecánica tiene una dependencia con la temperatura.

Desde el punto de vista teórico a temperaturas muy bajas el material asfáltico se va a comportar como un sólido elástico el cual presentará una cierta fragilidad y podríamos fácilmente conocerse al darle unos golpes y romperlo como si fuera un cristal, o sea se vuelve material muy frágil. En el lado opuesto a elevadas temperaturas el material se comportará como un fluido viscoso es decir como un aceite, que es un líquido que tiene una cierta viscosidad, entonces a temperaturas muy altas podemos tener el asfalto en un recipiente lo podemos invertir y se caerá como si fuera un líquido. Como mencioné al principio estas son descripciones teóricas ya que la realidad las temperaturas de trabajo serán las temperaturas intermedias por lo cual las mezclas asfálticas tendrán ambas propiedades de ahí que ésta se defina como un material viscoelástico.

Segundo punto, el material asfáltico es sensible a la velocidad de deformación eso significa que su resistencia dependerá de la velocidad a la cual se aplique la carga que para el caso de un material asfáltico mientras más rápido se aplique la carga el material proporcionará una mejor resistencia y por ende menos deformaciones. Sin importar que el material sea vamos a decidir qué tipo de mezcla asfáltica utilicemos, mientras más rápido lo carguemos, mayor valor este módulo va a dar, más lento sea menores valores del módulo, con un mismo tipo de material. Tercer punto sensible al tiempo de aplicación de carga es importante mencionar

que todos los materiales disco elásticos tienen dos comportamientos característicos, uno en la fluencia y el otro es la relajación. En lo que se refiere a un pavimento asfáltico su comportamiento a la falla es más asociado a la fluencia, es decir, si se aplica una carga durante un tiempo prolongado material asfáltico aún y cuando ésta sea pequeña, ésta causará una deformación porque el material fluirá. Esto es muy importante ver cuando combinamos estas dos propiedades de la velocidad y la afluencia, que si ustedes pueden tener un bote de asfalto ellos con su dedo estarlo presionando y seguramente se van a lastimar y nunca van a lograr deformar ese asfalto.

Pero podrían tener ese mismo bote con asfalto y ponerle una pequeña pesa sobre ese material y dejarla ahí 1 o 2 días y cuando y lo que vamos a ver es que este material va a empezar a fluir el peso de esa pequeña peseta iba a irse hasta el fondo, entonces va a depender de qué tan rápido apliquen, pero también de la duración de esa carga. Como último punto tenemos el envejecimiento, ahora sí que después de todas estas propiedades, a pesar de eso, todo, se envejecen entonces qué quiere decir esto y esto quiere decir que las propiedades del material asfáltico cambiarán con el tiempo como todos ustedes saben el material asfáltico no tiene el mismo comportamiento cuando está almacenado en la refinería, que cuando ha sido colocado en un pavimento o después de cinco años de operación del mismo para cada una de esas condiciones el material asfáltico va a tener diferentes prestaciones. (Zhang et al., 2020).

A. Fallos de degradación

La estructura del pavimento está compuesta de diferentes capas granulares, que serán el soporte de la carpeta asfáltica una vez puesta en operación esta estructura el pavimento está va a estar sometida a diferentes

solicitaciones las cuales podemos clasificar en dos grandes rubros. Primero tendremos las solicitaciones mecánicas y las solicitaciones medioambientales hablemos brevemente de cada una de estas solicitaciones. En lo que se refiere a las solicitaciones mecánicas la más importante va a ser el paso de los vehículos pesados, que quiere decir estos van a crear un daño sobre el pavimento si ese no está bien diseñado cuando hablamos de solicitaciones medioambientales, la más importante tal vez va a ser la acción del agua sobre el pavimento, qué significa esto, ustedes pueden tener un pavimento nuevo prácticamente que no lo haya circulado ningún vehículo o que no hay que estado puesto en operación y puede venir la lluvia y crear daños en el pavimento, aún y cuando, no haya circulado los vehículos. Por eso es muy importante saber cuál es el efecto del agua en la carpeta de asfalto y en la distribución en general del pavimento, que es lo que va a pasar y lo que va a pasar es que estas solicitaciones van a generar diferentes tipos de degradaciones en el pavimento, a continuación, veremos las reacciones más comunes que se presentan en él (Miranda, 2010).

La primera degradación que vamos a ver es la denominada de baches y desprendimientos esta degradación está asociada al ejercicio del agua que reduce la cohesión de la mixtura asfáltica, esta reducción de cohesión ocasiona que al pasar los vehículos esté esto es cuando ejerce un esfuerzo de corte que se presenta cuando frenan, cuando giran, en una esquina, van a generar que al perder esa cohesión genere un pequeño desprendimiento en el pavimento, que quiere decir pues las partes clases de agregado están ligadas cuando en el asfalto y eso ya va a generar con el paso del tiempo que se desprenda a otra y otra y emprenderemos los baches que es importante mencionar aparte de las

decoraciones es importante saber que todos los comportamientos de un pavimento asfáltico son exponenciales y las degradaciones van las mismas. De no tener nada cuando parece el primer desprendimiento de partículas pueden pasar horas o días a que se presenta una degradación mayor que sería un bache profundo no en algunos casos esto es la referencia a que todas las degradaciones sus pavimentos son exponenciales no se ve nada y de repente ya tenemos una degradación evidente en el pavimento (Miranda, 2010).

La otra degradación que comúnmente se presente en un pavimento es la deformación permanente o roderas estas se presentan por fallas en la carpeta asfáltica o por problemas en las capas inferiores para el caso de estudio solamente nos vamos a ocupar de los problemas o del diseño de la capa superior y no de las capas de anular esas capas inferiores que pudieran presentar este problema sin causar deformaciones en el pavimento para ejemplificar la diferencia entre estas dos fallas se presentan las figuras que podemos observar a continuación (ver **Figura 1**) en cada una se presenta problemas de roderas en la foto de la izquierda se puede ver que el desplazamiento del material hacia los bordes usar vemos que se hunde el material pero igual vemos el desplazamiento de esta mezcla asfáltica hacia los bordes del pavimento, como un surco que se presenta (IMT, 2020).

Esto generalmente es un indicador de que la mezcla asfáltica no resistió el paso de los vehículos pesados y propiamente es una falla de la mezcla asfáltica. En la foto de la **Figura 1** de la derecha de la podemos ver que no hay desplazamientos del material y propiamente el pavimento está hundido como si el pavimento fuera hacia abajo, generalmente esto es un indicador de que de que las capas inferiores fueron las que fallaron. Uno de los mecanismos o

comportamientos de un material viscoelástico, es la fluencia y para nuestro caso, para este ejemplo el sentido práctico podemos decir, que la carpeta o la mezcla asfáltica siempre va a tomar la forma de lo que está abajo de ella digamos se va a acomodar si esa parte se hunde evidentemente con el paso del tiempo la mezcla asfáltica también va a presentar un hundimiento (IMT, 2020).

Figura 1

Degradación de deformación permanente



Nota: Tomado de “Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito”, por el Instituto Mexicano del Transporte, 2020, p. 20.

La tercera degradación que comúnmente se presenta es la figuración por fatiga, esta degradación se presenta por las tensiones generados en la parte inferior de la carpeta asfáltica y pasan los vehículos y genera un esfuerzo de compresión digamos comprimen las capas asfálticas, que en dado caso si fuera mal diseñada puede generar la información permanente; sin embargo, en el momento que comprime en la parte superior van a empezar a generar en la parte inferior de la carpeta esfuerzos de tensión esos pequeños esfuerzos de tensión van a crear fisuras, las cuales van a ir creciendo de la parte inferior de la carpeta hasta reflejarse en la parte superior de la misma, entonces son pequeñas fisuras que se crean en la parte inferior y van subiendo hasta la parte superior de éstas podemos decir que tenemos tres niveles de figuración por fatiga, el nivel más bajo es donde tenemos fisuras ligeras las cuales van a estar

aisladas, después éstas van a ir aumentando hasta llegar a una condición moderada, esto significa que esas pequeñas fisuras se van a unir y van a generar un patrón y en la condición extrema o más fuerte vamos a tener que todas estas fisuras van a estar conectadas y vamos a ver una fisuración generalizada el pavimento (Miranda, 2010)..

Esta condición extrema es conocida como piel de cocodrilo. Un punto importante remarcar es que generalmente todos los materiales asfálticos o este tipo de materiales que van a estar ligados tienen mayores resistencias a compresión, que la razón de esto es que cuando se aplica un esfuerzo solo trabaja el material asfáltico o el ligante entonces aplica la atención y no tiene mucho aporte el material pétreo, en cambio cuando estamos aplicando esfuerzos a compresión para trabajar ambos materiales en conjunto del material pétreo que va a soportar las cargas y el ligante asfáltico que va a tratar de mantener las partículas unidas. De ahí la diferencia de resistencias bajo estos dos tipos de cargas (Miranda, 2010).

B. Procedimiento para el diseño de mezclas

Generalmente cuando hablamos de diseñar o del proceso constructivo o el control de calidad, casi siempre lo hacemos de forma independiente, como si estos procesos no estuvieran ligados y se llega a creer que el objetivo es diseñar un pavimento o construirlo de manera correctamente o tener un buen laboratorio que lleve el control de calidad, pero ese no es el objetivo general de lo que hacemos. El objetivo general es tener un pavimento de calidad y que desempeñe con el tiempo de vida para cual fue diseñado, qué quiere decir esto cuando se pierde el objetivo general y nos enfocamos a los objetivos particulares vamos a diseñar o controlar ,finalmente terminamos teniendo

pavimento que no es bueno; esto quiere decir que, de nada me sirve tener el mejor diseño de la mezcla asfáltica el cual puede realizar un laboratorio certificado y reconocido, si al final si tiene un proceso constructivo que es muy malo; que tenemos en eso, pues que el objetivo general se perdió final no vamos a tener un pavimento para el cual fue diseñado (Zhang et al., 2020).

Pero también lo podemos tener de manera inversa no de nada sirve tener a la mejor empresa constructora que sabemos que puede hacerlo de manera correcta este en la construcción del pavimento si lo que le decimos que va a colocar a construir está mal diseñado al final el objetivo general se vuelve a perder. Eso es muy importante saberlo sea el objetivo general no es diseñar, no es construir o no es controlar tener un pavimento de buena calidad y que cumpla con la vida útil para el cual fue diseñado. Veamos ahora el esquema clásico de diseño como se mencionó al inicio de la presentación la mezcla asfáltica está compuesta de un material pétreo y de un ligante asfáltico, por lo cual se debe asegurar que tanto la mezcla como sus componentes sean de buena calidad y cumplan con las especificaciones establecidas; esto requiere que primero se deben de evaluar los materiales en forma individual, se debe verificar que cumple las especificaciones establecidas y ya con hayamos definido que esos materiales son adecuados, se procederá a realizar la mezcla asfáltica, es decir, ya la mezcla de estos dos materiales (Zhang et al., 2020).

Generalmente, lo que tenemos es que no se cumplen estos procedimientos empiezan a hacer el diseño y luego después que no da al diseño regresan empiezan a verificar los materiales y es ahí con nada cuenta que los materiales no cumplían y ese es el origen del problema, entonces en el esquema general diseño es (Newcomb & Zhou, 2018):

- Primero verificar que los materiales cumplen, después voy a ver si cuando los mezclen y trabajan de manera conjunta van a funcionar de manera adecuada, porque eso es importante mencionarlo también, que los materiales cumplan en forma individual, no significa que se van a comportar de manera adecuada cuando forman parte de una mezcla asfáltica (Newcomb & Zhou, 2018):.
- Segundo punto una vez verificadas esas partes, la mezcla asfáltica será compactada por diferentes métodos cuando hablemos de tránsito bajos vamos a hablar de una figura de una edificación de la mezcla asfáltica basada en un martillo Marshall, que es conocido por todos, y para tránsito altos vamos a estar hablando de densificación es de mezcla asfáltica utilizando un compactador giratorio (Newcomb & Zhou, 2018):.
- El último punto es el proceso del análisis del desempeño de la mezcla, la mayoría de los diseños, los procedimientos de diseño van a hablar de un proceso que va a definir la volumetría de la mezcla, el diseño volumétrico, de ahí viene el nombre, entonces también se ven juntos vamos a decir en su acomodo estos materiales, pero eso es un punto no saber cómo se van a estar comportando volumétricamente (Newcomb & Zhou, 2018):.

Lo importante saber es que una vez que definimos ese diseño volumétrico vamos a tener una fórmula de trabajo y lo que yo quiero saber es si esta fórmula de trabajo va a cumplir con los requerimientos que yo quiero, para cuando forme parte del pavimento y eso me va a llevar a que yo tengo que hacer una evaluación del desempeño de esa forma de trabajo, cuando

hablemos de tránsitos bajos, vamos a estar hablando de los ensayos más básicos como ensayos empíricos, vamos a ir subiendo el nivel y vamos a tener ensayos de desempeño y ya cuando llegemos a niveles de tránsito altos, ya vamos a estar hablando de ensayos mecánicos que van a ser mucho más complejos (Newcomb & Zhou, 2018):

2.2.2. Ceniza de bagazo de maíz

A. Maíz

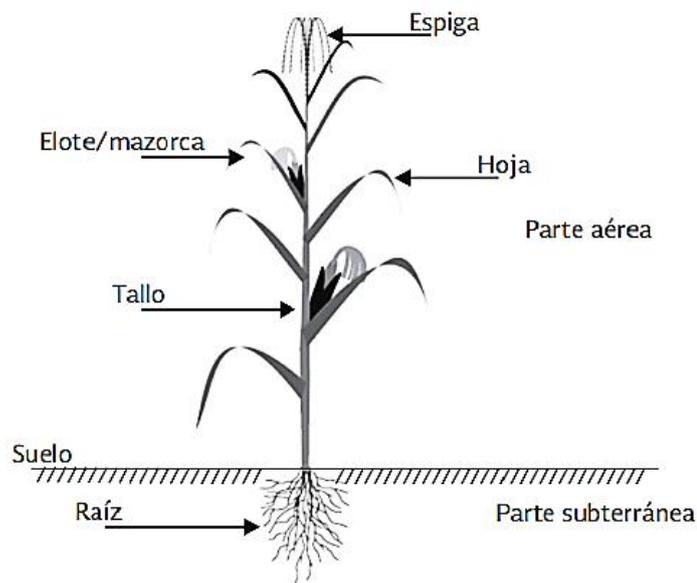
El maíz o maíz (*Zea mays L.*), cultivo originario de México desde donde se extiende a todo el mundo como un importante cultivo alimentario. Entre los siglos de XV y XVI, cuando los de Europa tocaron América del Norte y del Sur, trajeron maíz a casa y lo esparcieron por todo el mundo durante el resto de su conquista. El maíz es ahora uno de los cultivos más ampliamente cultivados, y se cultiva desde el ecuador hasta aproximadamente los 50° norte y sur, y en altitudes desde 0 m hasta los 3000 m sobre el nivel del mar. Aunque el maíz es de naturaleza cosmopolita, es el principal alimento básico de varios países de América Latina, África Oriental, América Central y el Sudeste Asiático, incluida China (Epule et al., 2022). En América del Norte, el maíz se cultiva como alimento, forraje y cultivo industrial. En los EE. UU., la producción de maíz utiliza más del 25 % de las tierras de cultivo del país y más del 40 % de los fertilizantes comerciales aplicados. En consecuencia, el maíz se convierte en el elemento principal en la dieta de muchas personas tropicales, el grano principal utilizado para la alimentación animal en la región templada, así como nuevas existencias para muchos otros fines, incluido el uso reciente como materia prima para biocombustibles (Subedi & Ma, 2009).

B. Bagazo de maíz

Se refiere a los residuos orgánicos que se originan en la producción del maíz, especialmente las mazorcas y la caña, es decir, la caña de maíz. Usualmente estos residuos son usados en la generación de energía, en el desarrollo de materiales y en otros propósitos como la producción de productos químicos de plataforma (Mohlala et al., 2016). Por otro lado, los residuos o rastrojos de maíz se han utilizado durante décadas para el pastoreo, el lecho del ganado o se han cosechado como alimento complementario para el ganado vacuno y el ganado lechero no lactante. Los residuos de maíz embalado, complementados con subproductos de etanol de grano de maíz (granos de destilería húmedos o secos), están aumentando en las raciones de engorde y de fondo. Se considera que el pastoreo y la cosecha de residuos de maíz se practican ampliamente en el cinturón de maíz occidental. Además de su uso para la industria ganadera, los residuos de maíz son la principal materia prima para la incipiente industria de la bioenergía celulósica (Schmer et al., 2017). En la agricultura del maíz se genera muchos desechos, si bien el maíz es llega hasta el 66 % del peso total de la planta seca, algunas veces también llega a solo el 30%, las demás partes son consideradas desecho, en la **Figura 2** se observan las partes completas de la planta (Chic, 2014).

Figura 2

Partes de la planta de maíz



Nota: Tomado de “Recomendaciones para la producción de grano y forraje de maíz bajo riego en durango”, por INIFAP, 2017, p. 4.

C. Cenizas de bagazo de maíz

Es el resultado de la calcinación del bagazo de maíz, el residuo seco después de la cosecha del maíz. Todas estas cenizas están fuertemente enriquecidas (en relación con el contenido medio del suelo) con fósforo y ceniza de cáscara de maíz con calcio en particular. Además, estas cenizas del residuo del secado del grano de maíz, tienen una alta utilidad fertilizante (Zajac et al., 2020). La ceniza de bagazo de maíz contiene elementos puzolánicos como la caolinita a $(Al_2Si_2O_5(OH)_4, KCa(PO_3)_3, Na_4Ca(SO_4)_3)$ y sanidina $(Na, K)AlSi_3O_8$, esto puede variar por el tipo de suelo, fertilizantes, variedad del maíz y otros factores. La mazorca de maíz es uno de los subproductos agrícolas con usos limitados y con mayor frecuencia se desecha y se desecha en vertederos o en cualquier lugar, especialmente en el campo. Es un desecho agrícola que a menudo se desecha después de que se han retirado los granos y cuando los desechos se queman y depositan en vertederos,

no es un proceso ecológico ya que contaminan la tierra y el aire. En la **Tabla 1** se observa la constitución química, según la investigación de Chachi (2019), se muestra que es un material altamente puzolánico (Kifile et al., 2022).

Tabla 1

Composición química de la ceniza bagazo de maíz

Nombre del compuesto	Formula química	Resultados			
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Oxido de sílice	SiO ₂	65,0	63,0	65,0	64,0
Oxido de aluminio	Al ₂ O ₃	3,0	3,2	4,6	3,6
Oxido de calcio	CaO	14,0	12,9	15,0	13,97
Oxido de fierro	Fe ₂ O ₃	4,5	4,2	4,3	4,3
Oxido de potasio	K ₂ O	3,1	3,7	3,0	3,27
Oxido de magnesio	MgO	3,2	3,1	3,4	3,23
Otros		8,2	11,1	3,7	7,66
Total		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Nota: Tomado de “Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz”, por Chachi, 2019, p. 19.

D. Dimensiones

a. Porcentaje de ceniza de bagazo de maíz agregado a la mezcla asfáltica en caliente

Se refiere a al porcentaje en peso del bagazo de maíz adicionado sobre el peso total de la mezcla asfáltica en caliente. Debido a la elevada proporción de sílice existente en la ceniza de mazorca de maíz puede reemplazar parcialmente al polvo de piedra triturada en la producción de la mezcla asfáltica en caliente. Varios estudios incluyendo de Kifile (2022) demuestran que los ensayos estándar para las cenizas de bagazo de maíz muestran parámetros de gradación, índice plástico, puzolana y cumplen con los requisitos de ASTM C 618 y ASTM D 242, lo que indica que tiene un alto potencial para su uso en la mezcla asfáltica en caliente. Como resultado, la ceniza de residuos de la producción de maíz se puede

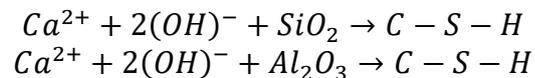
utilizar como material de relleno en la aplicación en carreteras con la mezcla asfáltica en caliente (Kifile et al., 2022).

b. Efecto puzolánico

El efecto o la actividad puzolánica hace referencia a la reactividad que se tiene con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Esta cantidad de $\text{Na}(\text{OH})_2$ depende de la naturaleza y el contenido de la fase reactiva en la puzolana, SiO_2 contenido de fases reactivas, proporción de $\text{Na}(\text{OH})_2$ y puzolana, y duración del curado. La velocidad de reacción del material puzolánico con hidróxido de calcio depende de la relación $H_2O/sólido$, el contenido alcalino en el cemento Portland, área superficial y la temperatura. Los materiales puzolánicos son generalmente altos en SiO_2 y Al_2O_3 y bajo en CaO , con o ninguna reactividad cuando se sumerge en agua. La actividad puzolánica del material se evalúa mediante métodos químicos, físicos y mecánicos. Las reacciones puzolánicas ocurren en escalas de tiempo largas (meses a años). El mecanismo principal consiste en el transporte de hidróxido de calcio a través del agua dentro del suelo para combinarse con los minerales de arcilla de aluminato y/o silicato (Sargent, 2015).

Las reacciones puzolánicas no se completan hasta cinco años después de la mezcla. El potencial de solubilidad de los silicatos y aluminatos dentro del suelo, su probabilidad de reaccionar con la cal/cemento y la formación de enlaces cementosos dependen en gran medida del pH del suelo. Las reacciones puzolánicas solo ocurren cuando el pH del suelo es ≥ 10.5 , ya que es cuando el SiO_2 y el Al_2O_3 se vuelven solubles (Duxson et al., 2006). Las reacciones puzolánicas consumen parte de la humedad del suelo. Esto es preferible en términos de rendimiento de ingeniería del

suelo estabilizado, ya que el material se vuelve más rígido y menos susceptible a la contracción/hinchamiento del volumen. Las mezclas de suelo y aglomerante curan y producen matrices de suelo cementosas más fuertes conocidas como "geopolímeros", que podrán resistir la disolución y la erosión del suelo. Los minerales de aluminato y silicato de alta superficie son fases de puzolana, que en presencia de agua y un álcali (p. ej., calcio) producen materiales cementosos, que comprenden silicatos de calcio e hidratos de aluminato. Cualquier ion Ca^{2+} disuelto en el suelo luego reacciona con cualquier SiO_2 y Al_2O_3 disueltos ubicados en las partículas de arcilla para producir iones hidratados. geles de C-S-H y C-A-H, que cementan las partículas del suelo como se puede ver en las reacciones (Sargent, 2015):



c. *ASMT C311-04*

Para medir la actividad puzolánica se utiliza la norma ASMT C311-04 esta norma consiste en pruebas estandarizadas en el laboratorio, pero sin pretender acondicionar a las exigencias reales. Se realizan pruebas químicas, para las determinaciones de los componentes químicos y los parámetros establecidos a cada compuesto químico no determina el desempeño de las cenizas con cemento asfáltico en el pavimento flexible, pero la esta es una descripción muy importante para cerciorarse de la composición y la uniformidad del material. Para la composición de SiO_2 , Al_2O_3 , óxidos de hierro, CaO , MgO , SO_3 , Na_2O y K_2O , se utiliza cal hidratada o en algunos casos cloruro de calcio a edad de 28 días, neutralizar la muestra y determinar los óxidos por el método fotométricos

Se calcula los resultados como porcentaje en peso del material de muestra original. Se informa como porcentaje equivalente de (Na₂O), que se calcula como sigue (ASTM, 2019):

$$Na_2O \text{ Equivalente} = Na_2O, \% + 0.658 \times K_2O, \%$$

2.2.3. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente

A. Mezcla asfáltica

Conocido también como mezcla de asfalto, se refiere a un aglomerante asfáltico hecho de caucho, resina, polímero de alto peso molecular, asfalto natural, polvo de caucho molido u otra mezcla externa (modificador), mejorando así el asfalto o el rendimiento de la mezcla asfáltica. Un modificador se refiere a un material orgánico o inorgánico natural o artificial agregado al asfalto (mezcla). Al mismo tiempo, con el desarrollo de los tiempos, un solo modificador tiene cierto efecto en la mejora de la durabilidad de estas, pero su capacidad de resistir el envejecimiento, la deformación plástica, la fatiga y otra durabilidad es relativamente débil, por lo que la modificación El efecto de un solo modificador sobre el asfalto no puede cumplir con los requisitos de desempeño del pavimento existente (Zhang H. , 2020). Por lo tanto, las mezclas asfálticas son una composición de áridos y cemento bituminoso, en la que el cemento bituminoso (denominado masilla) está formado por betún, arena y partículas finas de relleno y puede incluir modificadores como polímeros, ácido fosfórico o cal hidratada (Kringos, 2008).

Como un hidrocarburo polimérico complejo, el asfalto exhibe una viscoplasticidad elástica típica bajo ciertas temperaturas y cargas. El objetivo principal de la adición de modificadores es mejorar las propiedades a alta y

baja temperatura de las mezclas asfálticas (antiaherramientas, antifatiga, antienviejamiento, resistencia al agrietamiento a baja temperatura, etc.). El mecanismo de acción del modificador puede resumirse como sigue: el modificador es suficientemente miscible con el asfalto. En base a esto, el modificador adsorbe los componentes livianos en el asfalto y se hincha, el modificador de hinchamiento y el resto del asfalto (Zhang H. , 2020). En cuanto a la clasificación de las mezclas asfálticas existen varios criterios por la cuales. Al mismo tiempo, en la molienda proceso y bajo la acción del estabilizador o el catalizador, se produce la reacción de reticulación y la ruptura de la cadena, y se forman algunas estructuras de red, de modo que se mejoran la viscosidad y la estabilidad de almacenamiento del asfalto modificado. Por lo tanto, el asfalto modificado es un nuevo material estructural que tiene tanto las características básicas del asfalto como las del polímero se pueden dividir, en la **Tabla 2** se resume las clases de estas (Padilla, 2004).

Tabla 2

Clasificación de las mezclas asfálticas

Criterio de tipificación	Tipo de mezcla
Huecos en la mezcla (h)	Porosas (h>20%)
	Abiertas (h>12%)
	Cerradas (h< 6%)
	Semicerradas (6%<h<12%)
Estructura del agregado	Sin esqueleto mineral
	Con esqueleto mineral
Fracciones de agregado empleadas	Masilla
	Macadam
	Mortero
	Concreto
Granulometría	Discontinuas
	Continuas
Temperatura de puesta en obra	En Caliente
	En Frío
Tamaño máximo del áridos (t máx)	Finas (menor a 10 mm)
	Gruesas (mayor a 10 mm)

Nota: Tomado de “Mezclas Asfálticas”, por Padilla, 2004, p. 47.

Un punto importante a mencionar, es cómo vamos a definir o identificar los distintos tipos de mezclas de asfalto, se puede definirlos en dos categorías ya sea por el tipo de granulometría o por el modo de fabricación de la mezcla asfáltica. Hablemos de la primera categoría yo puedo tener un material pétreo del mismo origen y un mismo tipo de asfalto y cambiando la estructura granulométrica, puedo tener diferentes tipos de mezclas asfálticas ,es decir, yo cambio la enorme trilla y puedo tener una mezcla densa o puedo tener un SMA esto desde la perspectiva de una composición estructural, pero también puedo reducir el tamaño nominal de la mezcla y tener una mezcla para capa de rodadura como una mezcla abierta o una microcarpeta o por el contrario puedo aumentar el tamaño nominal y tener una base asfáltica, qué quiere decir esto, yo juego con la estructura de granulométrica y el resultado es una mezcla asfáltica con diferentes prestaciones (Zhang et al., 2020).

Por otro lado, el modo de fabricación también influye, es decir, yo puedo tener un mismo material pétreo el mismo origen del material pétreo con una misma granulometría y cambiando el tipo de asfalto puedo tener diferentes tipos de mezclas asfálticas, puedo la materia densa y utilizo un asfalto convencional y puedo tener una mezcla asfáltica en caliente o puedo tener esa misma granulometría y en vez de tener un asfalto convencional agrego una emulsión asfáltica y entonces tendría una mezcla en frío o este asfalto convencional le agrego un aditivo que baje sus temperaturas de mezclado y ahora puedo tener una mezcla tibia ,que si yo tengo vamos a decir en esencia la misma estructura granular pero cambiando el tipo de asfalto que voy a tener me va a cambiar las temperaturas a la cual agregó ese asfalto y voy a tener mezclas con diferentes prestaciones; entonces como resumen, dependiendo de

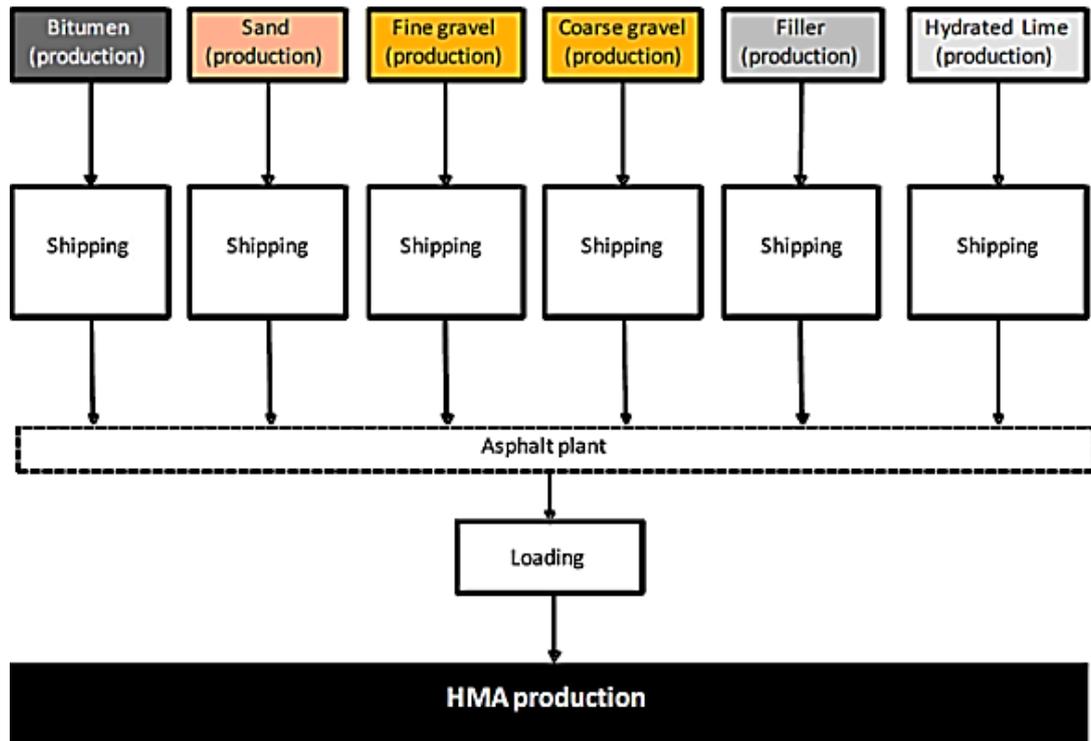
estas dos condiciones voy a tener diferentes tipos de mezclas y diferentes prestaciones para un pavimento asfáltico (Newcomb & Zhou, 2018).

B. Mezclas asfálticas en caliente

La mezcla asfáltica en caliente o la HMA o “*Hot Mix Asphalt*”, por sus iniciales inglesas (llamada “asfalto” fuera de los Estados Unidos) suele ser una mezcla de aproximadamente un 5% de aglomerante asfáltico líquido (es decir, cemento asfáltico, llamado “bitumen”) y un 95% de agregado sólido (p. ej., pavimento de piedra triturada, grava, arena o asfalto recuperado). La mezcla asfáltica en caliente, tanto el aglomerante asfáltico líquido como el agregado se calientan antes de mezclar (de ahí el nombre de “mezcla en caliente”). Luego, la mezcla asfáltica en caliente se esparce y compacta en la construcción de carreteras mientras se encuentra a una temperatura elevada (Mundt et al., 2009). Habitualmente, la producción de la mezcla asfáltica en caliente sigue el procedimiento que, consiste en secar el árido (arena y grava) calentándolo hasta 180 C, y luego mezclar todos los materiales (betún, árido, filler y opcionalmente cal hidratada). Dependiendo de la tecnología utilizada, esta operación se puede realizar en uno (planta continua) o en dos pasos (planta discontinua). Una vez que se ha fabricado la mezcla asfáltica en caliente, se transporta en camión al lugar de trabajo y se esparce en caliente con máquinas dedicadas (acabadoras) sobre la superficie de la carretera donde se compacta mientras aún está caliente. Una vez que la mezcla asfáltica en caliente se ha enfriado, se puede traficar fácilmente. La **Figura 3** ilustra el proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente (Schlegel et al., 2016).

Figura 3

Diagrama de flujo del proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente



Nota: Tomado de “Los límites de los estudios de evaluación del ciclo de vida parcial en las prácticas de construcción de carreteras: un estudio de caso sobre el uso de cal hidratada en mezcla asfáltica en caliente”, por Schlegel et al., *Transportation Research Part D, Elsevier*, 2016, p. 147.

C. Propiedades mecánicas

Las propiedades de ingeniería de mezclas de concreto asfáltico se obtiene a partir de ensayos de laboratorio. El desempeño de un pavimento de concreto asfáltico está influenciado por una cantidad considerable de factores. La mezcla asfáltica en caliente se compone esencialmente de varios tipos de agregados en combinaciones de tamaños apropiados y diferentes tipos de ligantes asfálticos. Existen varios métodos de prueba para dimensionar las propiedades mecánicas del asfalto, los mismos que fueron desarrollados en los últimos veinte años. Los más comunes son la prueba de tracción diametral indirecta (IDT) y la prueba de módulo dinámico (DMT). Se introdujeron en la guía de diseño de pavimento flexible AASHTO en 1993 y 2004

respectivamente. Por otro lado, las pruebas para conocer propiedades del cemento asfáltico, que es bituminoso producido de forma nativa o se produce mediante un proceso de destilación del petróleo crudo utilizando diferentes técnicas de refinación, se utilizan las diferentes técnicas propuestas por ASTM. Es ampliamente utilizado en todo el mundo en aplicaciones de pavimentación de carreteras, es un material negro altamente viscoso y pegajoso a temperatura ambiente. También es tolerante a la reactividad de la mayor parte de los ácidos, sales y álcalis (Yuan, 2009).

El cemento asfáltico se utiliza mayormente en la producción de la mezcla asfáltica en caliente para la construcción de pavimentos flexibles. Aplicando calor al cemento asfáltico, se puede licuar para mezclarlo con agregados minerales; se adhiere a las partículas agregadas y las une para formar la mezcla asfáltica en caliente. Después de enfriarse a temperatura ambiente, con las excelentes características adhesivas e impermeabilizantes del cemento asfáltico, la mezcla asfáltica en caliente se convierte en un material de pavimentación muy fuerte y duradero con la capacidad de soporte cargas de tráfico pesado. Se utilizan tres métodos en base a la viscosidad, la penetración y el rendimiento para clasificar los cementos asfálticos en diferentes grados estándares. La norma ASTM D946 dicta como se controla esto, principalmente mediante la prueba de penetración y especifica una clasificación de penetración del cemento asfáltico. En ASTM D3381 se especifica los estándares del grado de viscosidad, que se fundamenta en la viscosidad del ligante de asfalto antes y después del envejecimiento en la prueba “*Rolling Thin Film Oven*” (RTFO; Yuan, 2009).

D. Dimensiones

a. Resistencia (estabilidad y flujo) de la mezcla asfáltica en caliente

Se refiere a los valores Marshall de flujo y estabilidad en conjunto con la densidad; es decir, vacíos de aire en la mezcla completa, los que están en los áridos o los que se llenaron con bitumen, o ambos. Los mismos que son primordiales para la evaluación y el diseño de la mezcla asfáltica en caliente. Al mismo tiempo, estos dos valores suelen usarse en el monitoreo de la producción de la mezcla asfáltica en caliente. Estos indicadores, también se pueden usar para analizar relativamente varios tipos de mezclas y como afecta el acondicionamiento, como con humedad. La estabilidad Marshall y el flujo son peculiaridades de la mezcla asfáltica en calientes halladas por medio de pruebas de especímenes compactados de una forma en particular. Existen tipos diferentes de equipos en la Prueba Marshall se puede realizar (ASTM, 2015):

- Método tradicional: utilizando un anillo y un marco de carga y un indicador de cuadrante para hacer la función de medir el flujo y la deformación.
- Método automatizado: utilizando una carga -registrador de deformación junto con una celda de carga y un equipo “*Linear Variable Differential Transducer*” (LVDT, por sus iniciales inglesas) u otro registrador automático.

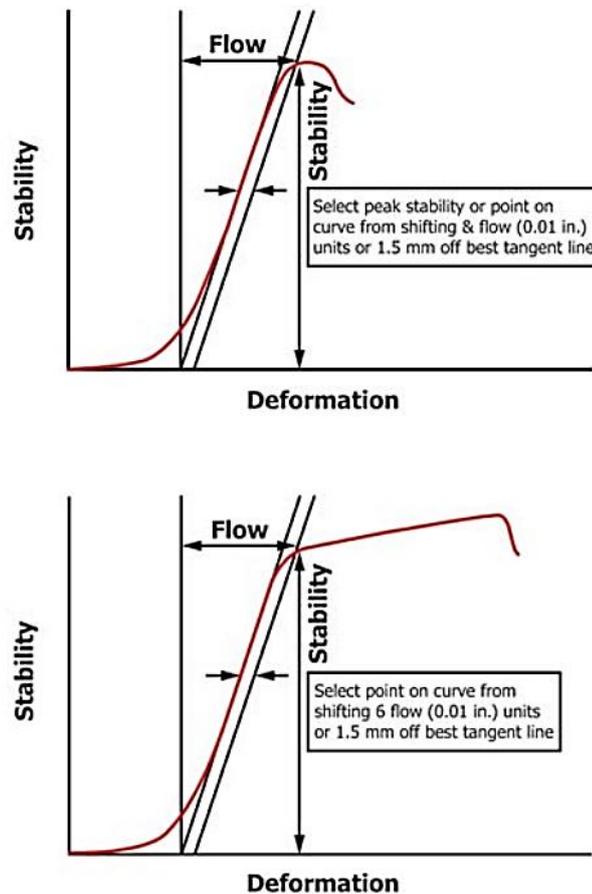
Por lo general, la estabilidad Marshall es la máxima fuerza o peso máximo que resiste un material, que se obtiene expuesta a una deformación constante durante la secuencia de carga. No obstante, dependiendo del comportamiento y la composición de la mezcla, se observaron tipos de

falla poco definidos, en la **Figura 4** se observa esto. Alternativamente, esta estabilidad se comprende como el último valor ante aumento creciente de carga. A medida que la carga comienza a disminuir, la curva comienza a aplanarse, en el gráfico inferior de la **Figura 4** se observa este aspecto. La estabilidad Marshall puede medirse en kN o Kg, depende del tipo y la clasificación del agregado y el tipo, la clasificación y la cantidad de betún. Varias agencias tienen criterios para la estabilidad de Marshall (ASTM, 2015).

El flujo Marshall se entiende también como deformación plástica de la mezcla asfáltica en caliente. En la deformación plásticas y elástica, el flujo Marshall se entiende como toda la deformación de la muestra. Gráficamente se puede entender que es el tramo que va desde el punto proyectado de la deformación hasta el punto de la cúspide de la curva. En la **Figura 4** se puede ver lo explicado anteriormente, este último a veces coincide con el valor máximo de la estabilidad; pero, alternativamente cuando no se tiene claro la condición de falla, se puede tomar a la derecha de la tangente a 0.01 pulg. (1.5 mm). Existen límites aceptables, pero no valor ideal. La mezcla asfáltica en caliente se puede considerar demasiado plástico o inestable y demasiado frágil, se sobrepasan los límites superior e inferior, correspondientemente (ASTM, 2015).

Figura 4

Determinación de flujo para dos tipos de fallas de muestras



Nota: Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

Los hallazgos de las pruebas Marshall de estabilidad y flujo son ideales para la aplicación a mezclas con alta densidad con áridos de hasta 1 pulgada (25 mm) de tamaño máximo. A los fines del diseño de asfaltos, las deducciones de las pruebas Marshall de estabilidad y flujo deben hallarse en la media de al menos tres muestras en cada variación del del porcentaje de ligante, que generalmente es medios por ciento en un rango de contenido de ligante. Este rango de aglutinante habitualmente se escoge por experiencia y los datos anteriores de pruebas de los materiales que componen esa mezcla, pero puede implicar un tanteo para incluir el rango

ansiado. Las mezclas de grado denso, la mayoría se representa con un pico de estabilidad entre el intervalo de contenido de aglutinante probado. Los parámetros pueden graficarse frente el contenido de ligante para facilitar la selección óptima (Mistry & Kumar, 2020).

Los parámetros de diseño tienen diferentes formas de estimarse todas reflejan una particular filosofía de diseño. Además, es posible que, dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla, se requiera un diseño que cumpla con vacíos mínimos en los áridos. Las pruebas Marshall de estabilidad y flujo en especímenes hechos con mezcla asfáltica compactada en laboratorio (PMLC) suelen variar fuertemente un diseño de laboratorio debido a las discrepancias en la mezcla de planta frente la mezcla a nivel laboratorio. El envejecimiento y la eficiencia incluso cambian (AASHTO, 2001). Todas estas diferencias de las pruebas, pueden indicar un muestreo defectuoso, un tipo de ensayo errónea, un cambio de tipificación, un cambio de aglutinante. contenido, o un problema en planta de producción. El problema se corrige desde la fuente de este (Ogundipe, 2016).

En Perú, para dimensionar la resistencia (estabilidad y flujo) del MAC, se utiliza el ensayo de Marshall basado en las normas técnicas MTC E 504, la misma que se realizó tomando como referencia AASHTO T 245 y ASTM D 6927. La norma técnica MTC E 504 consiste en método manual Marshall. Donde se utiliza una máquina de carga a compresión, un martillo de compactación, un molde de especímenes y hornos o cacerolas de compactado.

El método Marshall

La técnica de llegar a la fórmula de mezclas de asfalto tipo *Asphalt concrete*, está basado en el examen llamado Marshall, es ampliamente usado en varios países, que llegó a emplearse en la guerra del pacífico por un equipo de ingeniería de EE. UU. de América. En dicho método, se producen, mediante impactos, unos cilindros de mezcla que tienen unas determinadas características, a las que ahora haremos referencia; primeramente, se determina la volumetría de la mezcla, se varían los contenidos diferentes de ligante para fabricar cilindros y se halla la densidad aparente. Luego se calculan los huecos en áridos, lo que en algunos países de América latina, se llama vacíos en agregado mineral y se calcula, asimismo, los huecos en mezcla, los vacíos finales tras la compactación, todo esto es dependiendo del peso específico de los áridos y del ligante. Consecutivamente, se realiza una prueba de falla mecánica en especímenes que están sujetos a una temperatura específica y condiciones de aplicación de carga que determinan la estabilidad Marshall u otros dos parámetros, la carga de fractura Marshall y la deformación. Este es el diámetro abreviado de la muestra hasta el fallo. (El, 2020).

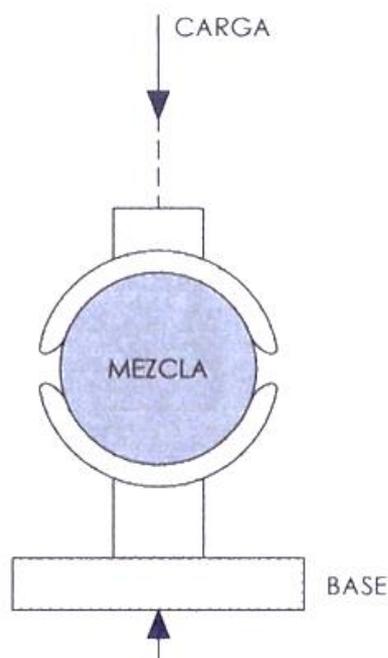
Los resultados se personalizan como curvas se determina, al menos en principio, lo que sería el contenido óptimo de betún asfáltico como hemos dicho anteriormente en el caso en el que estemos formulando unas *Asphalt concrete* en Europa a continuación lo que habría que hacer es someter esa mezcla a los ensayos de resistencia a los desequilibrios plásticos y de tracción indirecta antes y después de inmersión. En la **Figura 5** vemos cómo es la probeta, son probetas, como ya habíamos

dicho, cilíndricas de más diámetro que altura, a una altura de dos pulgadas y media y un diámetro de cuatro pulgadas la probeta a la temperatura prescrita en el ensayo que son 60 grados Centígrados, se mete entre esas mordazas se aplica la carga y se establece cuál es el instante de la rotura, instante en el cual la carga será denominado estabilidad Marshall y las mordazas se habrán aproximado una longitud que es lo que denominamos deformación Marshall. En la **Nota:** Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

Figura 6 vemos lo mismo que en el esquema, pero en un caso real justo antes de que una probeta se vaya a ensayar en el laboratorio (El, 2020)..

Figura 5

Esquema de la probeta del método Marshall



Nota: Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

Figura 6

Fotografía de probeta



Nota: Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

En la **Figura 7** vemos cómo son las denominadas curvas Marshall, es decir, vemos en ellas representada la variación de las distintas medidas del ensayo frente al contenido de ligante, son las curvas de densidad, estabilidad, deformación, porcentaje de huecos en mezcla y porcentaje de huecos en áridos. Vamos a ver por qué estas curvas tienen típicamente esta forma que vemos en estos esquemas, en lo que se refiere a la curva de densidad la que está en la parte superior izquierda de la diapositiva, la razón de ser es la siguiente, al principio cuando recolectamos más aglomerantes, este limpiador llena los huecos que había entre las partículas del árido, tanto que el peso específico del aglomerante es mayor que el hueco, la densidad aumenta. Pero en el momento en que el ligante separa las partículas del agregado, al punto que la gravedad específica del ligante es mucho menor que la gravedad específica de las partículas minerales, y la densidad comienza a disminuir (El, 2020).

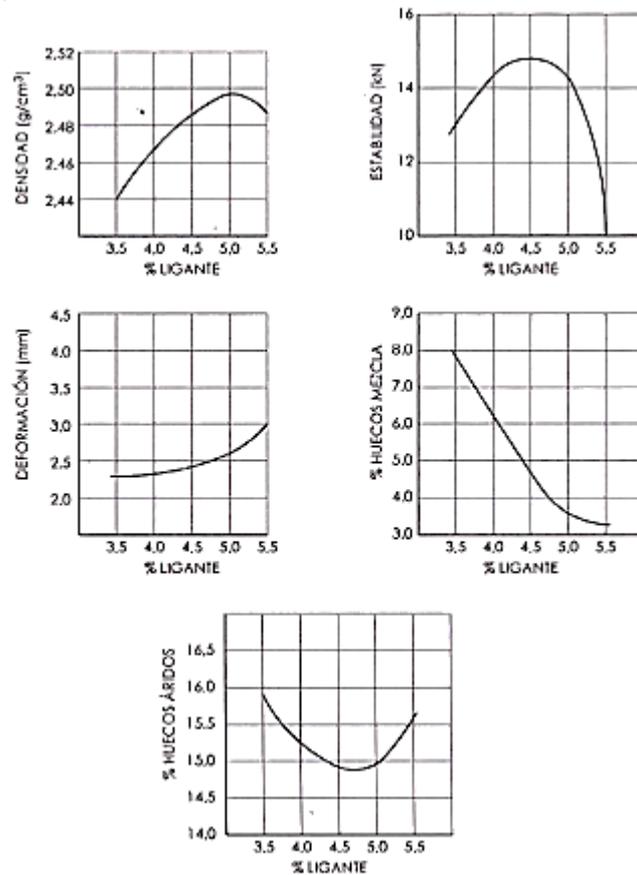
La segunda curva, la que está arriba a la derecha, es la de estabilidad tiene una forma similar a la curva de densidad y por tanto la explicación de dicha forma es también análoga, aunque es ligeramente distinta. Primeramente, aumentar la cantidad de aglutinante aumenta el componente cohesivo de la resistencia general de la mezcla, pero agregar más aglutinante no aumenta significativamente la fuerza cohesiva, sino que, por el contrario, el agregado se separa en gran medida de la fricción interna para la resistencia general de la mezcla. La curva de deformación se curva de la mitad a la izquierda porque el componente lógicamente deformable de la mezcla es el aglutinante. Por lo tanto, cuanto mayor sea el contenido, mayor será la deformación de la mezcla. Si observa la curva derecha central que fusiona las proporciones de los agujeros y los enlaces en la mezcla, hay menos agujeros en la mezcla (El, 2020).

La única curva que no tiene una explicación tan evidente es la última, es la que está en la parte de abajo la curva que grafica los huecos en árido con ligante expresados en porcentajes, pero tampoco es difícil de explicar la razón de esta forma que tiene la curva, una curva cóncava, hacia las y_s positivas una curva, en definitiva como vemos, con un mínimo los huecos en áridos son totalidad de los huecos en mezcla, cuya variación hemos visto hace unos momentos, y de los huecos ocupados con el ligante, a medida que incorporamos más ligante, hay huecos llenos de ligante, la suma de una curva descendente y de otra ascendente tiene la forma que vemos aquí para la curva de huecos en áridos. El problema ingenieril fundamental para alguien que formula una mezcla asfáltica en caliente es cómo llegar al óptimo a partir de curvas como las que acabamos de

explicar, aquí están las fases de acuerdo con la práctica habitual; en primer lugar, lo que hay que hacer es comprobar que toda la curva de hueco en árido, está por encima de un valor mínimo que aparece en las especificaciones y que depende del tamaño máximo del árido; si no fuera así querría decir que, independientemente del contenido del ligante no tenemos suficientes huecos en el esqueleto mineral como para permitir la expansión del ligante cuando sea requerido, bien por la aplicación de las cargas, bien por la elevación de las temperaturas; por tanto si, este primer requisito no se cumple, la única posibilidad es cambiar la granulometría ,en general, disminuyendo la proporción de las partículas más gruesas (El, 2020). .

A continuación nos debemos fijar en la curva de huecos en mezcla que, es la que en función del intervalo de huecos de mezcla que se establezca para cada situación nos va a permitir elegir un rango posible de contenidos de betún asfáltico en la mezcla, el ajuste lo haremos en dependencia de la razón entre la cantidad de filler y la cantidad de betún asfáltico, como veremos dentro de unos momentos, seguidamente solamente deberemos comprobar que la estabilidad está por encima de un determinado valor mínimo recogido en las especificaciones, y asimismo que, la deformación Marshall se encuentra en un determinado rango. En cuanto a la primera de las curvas que mostrábamos anteriormente, la de densidad, lo único que nos sirve esta curva es como referencia luego para el control de la compactación en obra (El, 2020).

Figura 7
Curvas de Marshall



Nota: Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

Como el contenido del ligante que se deduciría de la curva de huecos en mezcla debe ser matizado en función de la relación ponderal entre la cantidad de filler y la cantidad de betún asfáltico, lo que se está diciendo con esta relación es que rigidez queremos para el mastico, cuanto más alta sea la relación filler-betún, más rígido será el mastico; por tanto, probablemente más resistente a las deformaciones plásticas, pero asimismo menos resistente a la fatiga, en todo caso, será un mastico menos flexible. Estos son los valores recomendados, alrededor de los cuales hay que intentar situarse en el proceso de formulación de la mezcla asfáltica, en línea con lo que se había dicho anteriormente de que, las características

como posibles filler de aportación de la cal viva eran muy diferentes de las del cemento, estas relaciones que están recogidas en las especificaciones españolas, no valen para el caso en que sea filler aportación sea óxido de calcio (El, 2020)..

Tabla 3

Relaciones filler/ betún asfáltico (grabulometrías D, S y G y tráfico pesados intensos)

Tipo de capa	T° máx alta o media	T° máx moderada
Rodadura	1.2	1.1
Intermedia	1.1	1.0
Base	1.0	0.9

Nota: Tomado de “Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas ASMT D 6927”, por ASTM, 2015.

Método de prueba ASTM D 6927

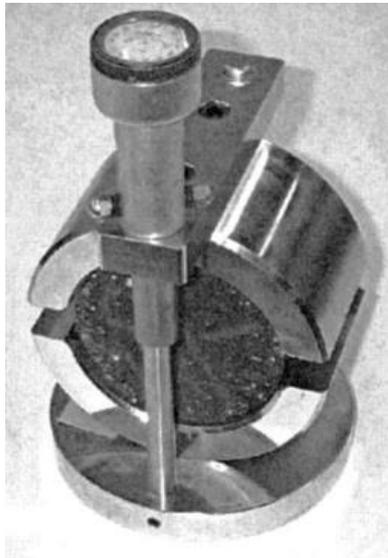
Los aparatos que se utilizan en esta norma son:

- **Cabeza de ruptura.** la cabeza de prueba debe consistir en segmentos cilíndricos superior e inferior de tubería de acero fundido gris. Un cabezal de prueba circular con un bisel interior que tiene dimensiones diferentes a las especificadas en la ha demostrado dar resultados diferentes a los del cabezal de prueba estándar (ASTM, 2015).
- **Máquina de carga por compresión.** Se suele puede utilizar una máquina de prueba de compresión mecánica o hidráulica siempre que la tasa de carga se puede mantener a $2,00 \pm 0,15$ pulg. /min (50 ± 5 mm/min; MTC, 2016).
- **Dispositivo de medición de carga.**
- **Caudalímetro.** El caudalímetro Marshall consta de un manguito guía y un manómetro (ver *Figura 8*) del cabezal de ruptura. Las

graduaciones del indicador del caudalímetro deben ser incrementos de 0,01 pulg. (0,25 mm) de oro más fino (ASTM, 2015).

Figura 8

Ejemplo de caudalímetro usado para el método A.



Nota: Tomado de “Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures ASMT ATM D 6927”, por ASTM, 2015.

- **Termómetros**—Dispositivo(s) de medición de temperatura legibles a 2°F (1°C) para verificar las temperaturas de mezcla y compactación.
- **Otros instrumentos.** Baño de agua, horno, baño de aire.

Esta norma sigue el siguiente procedimiento:

- Se debe ensayar mínimamente tres especímenes de una determinada mezcla. Los especímenes deben tener la misma calidad, tipo de agregado y clasificación; igual cantidad y tipo de carga mineral; y la misma grado, fuente y cantidad de aglutinante. Además, los especímenes deben tener las mismas condiciones de preparación (MTC, 2016)..

- Las muestras deben enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento deben colocarse sobre una superficie lisa y plana. La gravedad específica a granel de cada espécimen se determinará mediante los métodos de prueba D2726, D1188 o D6752. Las gravedades específicas a granel de especímenes duplicados para cada contenido de aglomerante deben coincidir dentro de $\pm 0,020$ de la media, como se indica en la práctica D6926 (ASTM, 2015).
- Mida el espesor de la muestra de acuerdo con el método de prueba D3549.
- Las muestras se pueden acondicionar para la prueba tan pronto como alcancen la temperatura ambiente. Las pruebas deben completarse dentro de las 24 horas posteriores a la compactación.
- La variación de temperatura afectará los resultados de la prueba. Se puede usar una muestra ficticia con un termopar para controlar la temperatura.
- Limpie a fondo las varillas guía y las superficies internas de los segmentos del cabezal de prueba antes de realizar la prueba. Lubrique las varillas guía para que el segmento superior del cabezal de prueba se deslice libremente sobre ellas.
- Sacar la muestra del baño de agua, horno o aire acondicionado (en el caso de un baño de agua, elimine el exceso de agua con una toalla) y colóquela en el segmento inferior del cabezal de prueba.
- El tiempo de remoción de los especímenes debe ser máximo 30 s. Aplique carga al espécimen por medio de la velocidad constante de

movimiento del gato de carga o del cabezal de la máquina de carga de 2.00 ± 0.15 pulg. /min. (50 ± 5 mm/min) hasta que se suelte el indicador de cuadrante o la carga comience a disminuir (MTC, 2016)..

- Los especímenes moldeados en laboratorio deben cumplir con el requisito de espesor de $2,50 \times 0,10$ pulg. (63.5 x 2.5 mm). Las muestras dentro del espesor correcto suelen corregirse según volumen o espesor. Los resultados con amplios ajustes se deben utilizar con cuidado. Los factores de corrección (relaciones de correlación) se detallan en la **Tabla 4**. La relación de correlación se usa de la siguiente manera (MTC, 2016).

$$A = B \times C$$

dónde:

$A =$ Estabilidad corregida

$B =$ Medida de estabilidad (carga)

$C =$ Relación de correlación de la **Tabla 4**

Tabla 4

Factores de estabilidad de correlación

<i>Volumen del espécimen, cm^{3B}</i>	<i>Espesor del espécimen^B</i>		Razón de correlación
	pulg	mm	
200 a 213	1.00 (1)	(25.4)	5.56
214 a 225	1.06 (11/16)	(27.0)	5.00
226 a 237	1.12 (11/8)	(28.6)	4.55
238 a 250	1.19 (13/16)	(30.2)	4.17
251 a 264	1.25 (11/4)	(31.8)	3.85
265 a 276	1.31 (15/16)	(33.3)	3.57
277 a 289	1.38 (13/8)	(34.9)	3.33
290 a 301	1.44 (17/16)	(36.5)	3.03
302 a 316	1.50 (11/2)	(38.1)	2.78
317 a 328	1.56 (19/16)	(39.7)	2.50
329 a 340	1.62 (15/8)	(41.3)	2.27
341 a 353	1.69 (111/16)	(42.9)	2.08
354 a 367	1.75 (13/4)	(44.4)	1.92
368 a 379	1.81 (113/16)	(46.0)	1.79

380 a 392	1.88 (17/8)	(47.6)	1.67
393 a 405	1.94 (115/16)	(49.2)	1.56
406 a 420	2.00 (2)	(50.8)	1.47
421 a 431	2.06 (21/16)	(52.4)	1.39
432 a 443	2.12 (21/8)	(54.0)	1.32
444 a 456	2.19 (23/16)	(55.6)	1.25
457 a 470	2.25 (21/4)	(57.2)	1.19
471 a 482	2.31 (25/16)	(58.7)	1.14
483 a 495	2.38 (23/8)	(60.3)	1.09
496 a 508	2.44 (27/16)	(61.9)	1.04
509 a 522	2.50 (21/2)	(63.5)	1.00
523 a 535	2.56 (29/16)	(65.1)	0.96
536 a 546	2.62 (25/8)	(66.7)	0.93
547 a 559	2.60 (211/16)	(68.3)	0.89
560 a 573	2.75 (23/4)	(69.8)	0.86
574 a 585	2.81 (213/16)	(71.4)	0.83
586 a 598	2.88 (27/8)	(73.0)	0.81
599 a 610	2.94 (215/16)	(74.6)	0.78
611 a 626	3.00 (3)	(76.2)	0.76

Nota: Tomado de “Manual de ensayos de materiales”, por MTC, 2016, p.592.

b. Resistencia al daño por humedad inducida

Se refiere a la adhesividad del ligante árido-asfáltico se ve considerablemente afectada por la humedad. Esta propiedad puede acelerar las fallas en las capas superficiales de pavimento asfáltico cuando la compatibilidad agregado-aglomerante no es adecuada. Se han desarrollado numerosas pruebas para medir esta propiedad, como la prueba de daño inducido por la humedad (AASHTO T283) y la prueba de fuerza de adherencia del asfalto (AASHTO TP 91). El primero mide la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas secas y acondicionadas con humedad. Este último mide el esfuerzo de tensión necesario para quitar un talón extraíble con ligante asfáltico de un sustrato sólido. Aunque estas son pruebas distintas, ambas pueden usarse como un medio para analizar cómo la humedad afecta una cierta combinación de agregado mineral y aglomerante asfáltico. El objetivo de este trabajo es correlacionar los resultados de estos dos ensayos y

analizar si las combinaciones de materiales ensayadas siguen la misma tendencia en ambas circunstancias (Lucas et al., 2019).

También se investigan las composiciones químicas de los agregados probados. Los resultados de las pruebas de daño inducido por la humedad muestran que el uso de un agente anti-desprendimiento puede reducir el impacto del daño por humedad en la resistencia a la tracción y que el agregado con un mayor contenido de óxido de calcio se desempeñó mejor. El acondicionamiento de humedad de 12 h en la prueba de fuerza de adherencia del asfalto tuvo una fuerte correlación con las mezclas secas, lo que no se notó para las mezclas acondicionadas durante 3 y 6 h. Los resultados de la sensibilidad a la humedad de la mezcla asfáltica se correlacionaron bien con la pérdida de adherencia en la interface agregado-aglomerante. La adhesividad del agregado-aglomerante dentro de las mezclas asfálticas se ve significativamente afectada por la humedad. La baja adherencia puede provocar defectos en las capas superficiales de asfalto del pavimento (Lucas et al., 2019).

Método de prueba ASHTO T-283

Se han desarrollado varias pruebas de laboratorio para evaluar la susceptibilidad a la humedad de la mezcla asfáltica en caliente. Las pruebas de laboratorio no simulan por completo las condiciones de campo; sin embargo, puede proporcionar información útil. Estas pruebas desarrolladas para la evaluación del daño por humedad evalúan el desprendimiento del asfalto de la superficie del agregado o la pérdida de resistencia de las muestras de la mezcla asfáltica en caliente compactadas. Actualmente, la especificación AASHTO T 283 es el método más utilizado para evaluar el potencial de extracción de la

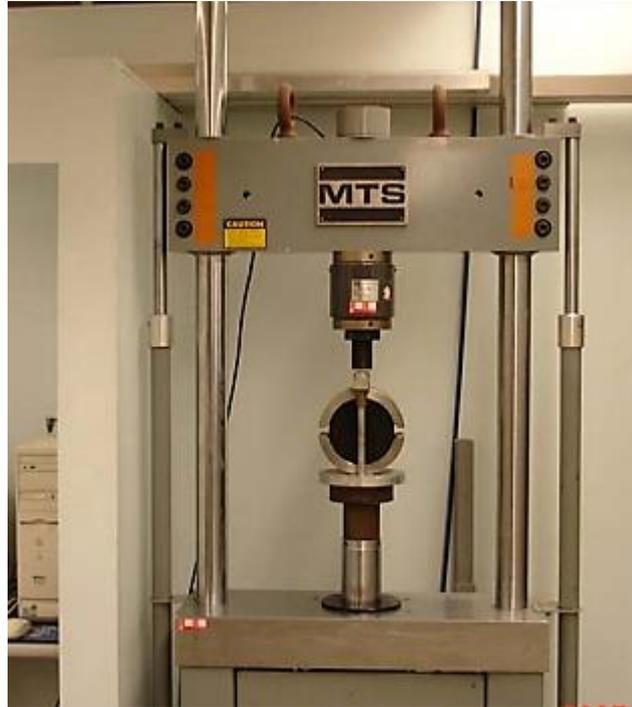
mezcla asfáltica en caliente (Liang, 2008). El procedimiento T 283 consiste en preparar 6 muestras de la mezcla asfáltica en caliente utilizando el método de compactación por impacto Marshall. Los vacíos de aire de las muestras preparadas están entre el 6 y el 8 por ciento. El alto porcentaje requerido de vacíos de aire ayuda a acelerar el daño por humedad en las muestras de la mezcla asfáltica en caliente. Las muestras se dividen en dos grupos: el primer grupo es el grupo de control, o "no condicionado", mientras que el segundo grupo, o "acondicionado", está saturado al vacío 55-80 por ciento o 70-80 por ciento con agua y luego se coloca en un congelador a 0° F durante 16 a 18 horas (AASTHO, 2015).

Luego, los especímenes acondicionados se colocan en un baño de agua a 140 °F durante 24 horas. Después de que se realiza el acondicionamiento de congelación/descongelación, se determina la resistencia a la tracción indirecta (S_t) medida por la máquina MTS (una imagen de la máquina MTS se muestra en la **Figura 9**) o una máquina más simple para todas las muestras con una tasa de carga de 2 pulgadas. /min (Liang, 2008). Una estimación visual (subjetiva) de la magnitud de la extracción de la muestra acondicionada completa el procedimiento de prueba. En resumen, la mayoría de las agencias utilizan un valor mínimo de TSR = 80 % en la prueba de sensibilidad a la humedad para las mezclas asfálticas en caliente. La resistencia a la tracción de la muestra "acondicionada" S_t (acondicionada) se compara con la resistencia a la tracción de la muestra "no acondicionada" S_t (control) para determinar la relación de resistencia a la tracción (TSR) de la siguiente manera (AASTHO, 2015).:

$$TSR = \frac{S_t(Acondicionada)}{S_t(Control)}$$

Figura 9

Máquina MTS



Nota: Tomado de “Refine AASHTO T283 Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage for Superpave”, por Liang, 2008, p. 15.

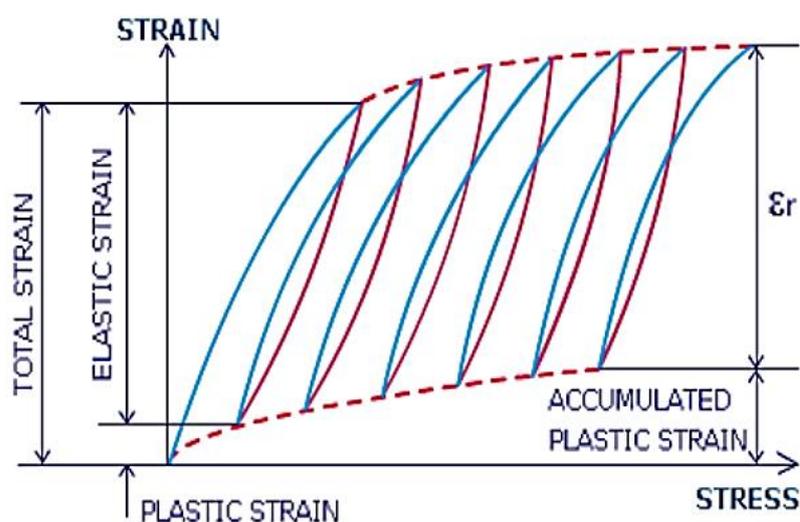
c. *Deformación permanente*

Deformación permanente en pavimentos asfálticos (flexibles), comúnmente denominada (ahuellamiento y empuje): ahuellamiento, generalmente consiste en depresiones longitudinales en las trayectorias de las ruedas, que son una acumulación de pequeñas cantidades de deformación irrecuperable causada por cada aplicación de carga, como se muestra en la **Figura 10**. Si una mezcla asfáltica forma surcos, normalmente se debe a que la mezcla no tiene suficiente resistencia al corte para soportar los esfuerzos a los que está sometida. Se estudió el fenómeno de la deformación del pavimento asfáltico usando un dispositivo de seguimiento de ruedas y midiendo la profundidad promedio de los surcos, así como el volumen de materiales desplazados debajo de los neumáticos y en las zonas de levantamiento adyacentes a ellos (Mohammed, 2013). Entonces:

- En las etapas iniciales del tráfico, el aumento de la deformación irreversible debajo de los neumáticos es claramente mayor que el aumento de las zonas de levantamiento. Por lo tanto, en la fase inicial, la compactación o densificación del tráfico es el principal mecanismo de desarrollo de la rutina (Mohammed, 2013)..
- Después de la etapa inicial, la disminución de volumen debajo de los neumáticos es aproximadamente igual al aumento de volumen en las zonas de agitación adyacentes. Esto indica que la mayor parte de la compactación bajo el tránsito se completa y que la formación de surcos adicionales se debe esencialmente a la deformación por corte, es decir, distorsión sin cambio de volumen. Por lo tanto, la deformación por cortante se considera el principal mecanismo de formación de surcos durante la mayor parte de la vida útil del pavimento (Mohammed, 2013).

Figura 10

Deformaciones plásticas acumuladas en pavimentos



Nota: Tomado de “Behavior of permanent deformation in asphalt concrete pavements under temperature variation”, por Mohammed, 2013, *Al-Qadisiya Journal for Engineering Sciences*, 6(1), p. 71.

Hay tres mecanismos que pueden estar involucrados en el desarrollo de una rodera, a saber, el movimiento plástico, la deformación mecánica y la consolidación. El movimiento plástico puede ocurrir en la subrasante sobre la que se coloca el pavimento o en la propia mezcla de asfalto y hormigón. El movimiento plástico normalmente se identifica por una depresión cerca del centro de la carga aplicada con leves jorobas a cada lado de la carga. La distancia de las jorobas desde el centro de la rodera será una indicación de la profundidad a la que el movimiento plástico está ocurriendo. La deformación mecánica puede ocurrir cuando un elemento debajo de la superficie del pavimento pierde su integridad por una u otra razón y se desplaza bajo la carga. Un surco resultante de este tipo de acción generalmente estará acompañado por un patrón de agrietamiento sustancial, siempre que se permita que la falla progrese lo suficiente. Un surco causado por la consolidación normalmente se identificará por una depresión en el camino canalizado de la carga aplicada sin una joroba que la acompañe a cada lado de la depresión (Drescher et al., 1993).

Ocurre porque la capa en la que se está produciendo la consolidación no se compactó lo suficiente durante la construcción y recibe una mayor densificación bajo cargas de tráfico repetidas. Puede ocurrir en la subrasante, en la base sin tratar o en la mezcla de asfalto misma. El empuje se define como el desplazamiento horizontal de una mezcla asfáltica. Hay dos mecanismos principales por los cuales pueden ocurrir los empujones. La primera se debe a la inestabilidad de la mezcla asfáltica que se traduce en flujo plástico de la mezcla bajo empuje horizontal. La inestabilidad y el empuje resultante bajo la carga se deben con mayor frecuencia a una cantidad excesiva de aglomerante asfáltico (bajos vacíos de aire) que actúa como lubricante en la mezcla en lugar

de como aglomerante. El segundo mecanismo que puede causar el empuje es el deslizamiento de la mezcla bajo el empuje horizontal. En este caso, la adherencia entre dos capas de mezcla es insuficiente para proporcionar la resistencia al corte adecuado a lo largo del plano entre las dos capas (Drescher et al., 1993).

Método de prueba AASHTO T 324

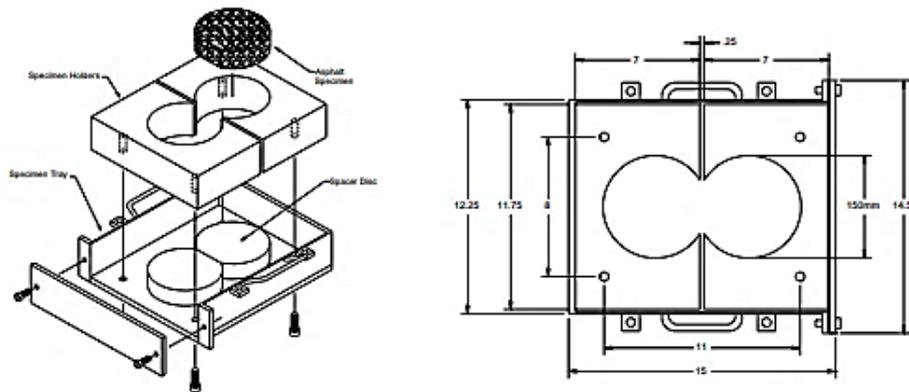
La prueba del dispositivo Hamburg Wheel-Track (HWTD) ha sido estandarizada en la Designación AASHTO: T 324 – Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA). En los últimos años, la prueba HWTD ha ganado popularidad entre muchos DOT de carreteras estatales para su uso en la evaluación de la sensibilidad a la humedad de la mezcla asfáltica en caliente. Sobre la base de una extensa experiencia de prueba reciente, existe potencial de mejora en la especificación. La especificación AASHTO T 324 permite que la configuración del espécimen consista en un espécimen de losa (espécimen rectangular) o dos especímenes cilíndricos contiguos para medir las propiedades de formación de surcos de la mezcla asfáltica en caliente mientras se sumerge en agua. La configuración del espécimen de losa incluye verter yeso alrededor del espécimen para mantenerlo en su lugar. La configuración de muestras cilíndricas utiliza moldes de plástico (soportes de muestras) y cuñas (discos espaciadores) para montar la muestra en la bandeja de muestras con un movimiento mínimo debajo. carga como se ilustra en la **Figura 11** (Tsai, 2016).

Tenga en cuenta que las dos muestras cilíndricas compactadas con ruedas giratorias (RWC) o con núcleo de campo deben cortarse para que se ajusten a los portamuestras de manera que las direcciones de la rueda giratoria

o el tráfico para ambas muestras sean consistentes con la dirección de movimiento del dispositivo de seguimiento de ruedas de Hamburgo. El requisito direccional no se requiere para especímenes Superpave Gyrotory Compacted (SGC) porque no debe producir diferentes estructuras de agregados en diferentes direcciones en el plano horizontal. La misma regla también se aplica a RWC o especímenes de losa aserrados en campo. La **Figura 12** ilustra las ubicaciones de las estaciones (a intervalos de 20,3 mm) y sus anchos de muestra correspondientes perpendiculares a la dirección del tráfico en la que se recopilan los datos de prueba HWTD. Observe que la estación 6 está ubicada aproximadamente en la posición de "brecha" y los anchos de las muestras de las estaciones 3 y 9 representan los diámetros de las muestras. 3 asfalto (Tsai, 2016).

Figura 11

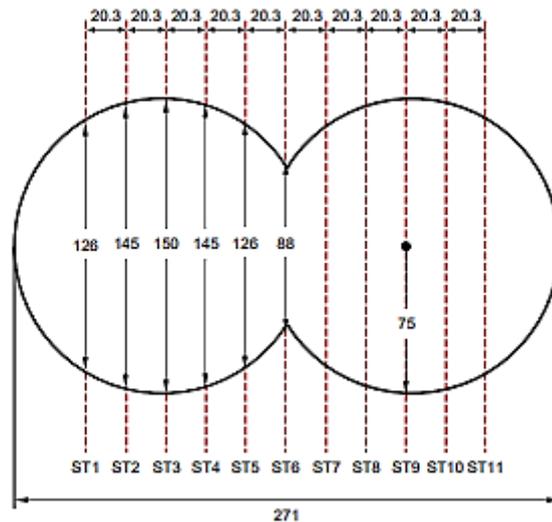
Moldes de plástico



Nota: (a) Ilustración de la configuración de montaje de muestras cilíndricas; (b) Dimensiones de la configuración de montaje del espécimen cilíndrico (la unidad de longitud es en pulgadas a menos que se especifique). Tomado de "ASTHO T 324: Prueba de pista de rueda de Hamburgo de mezcla asfáltica compactada en caliente (HMA)", por Mohammed, 2008, p. 6.

Figura 12

Estaciones de la prueba HWTD



Nota: Recopilación de datos HWTD en 11 estaciones y sus correspondientes anchos de muestra. (Nota: ST significa "estación"; la unidad de longitud es en cm). Tomado de "AASHTO T 324: Prueba de pista de rueda de Hamburgo de mezcla asfáltica compactada en caliente (HMA)", por Mohammed, 2008, p. 6.

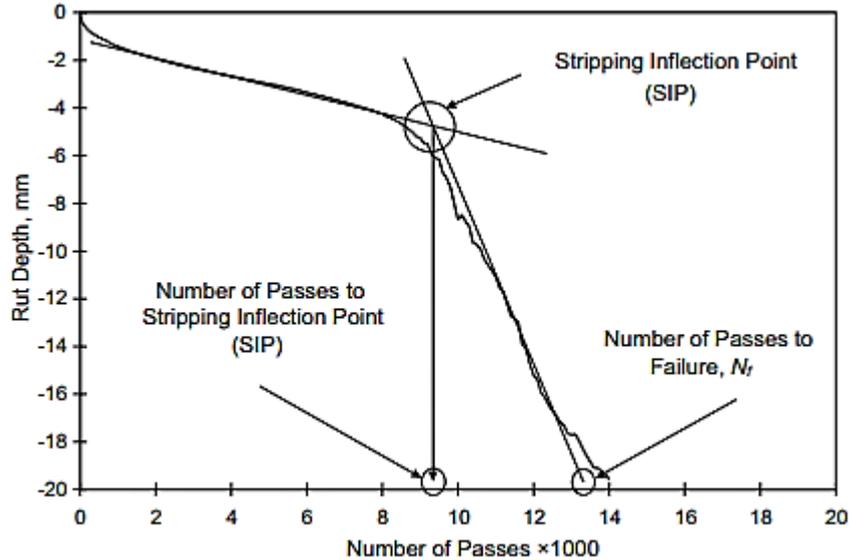
Luego se requiere graficar la profundidad del surco versus el número de pasadas para cada prueba. En la

Figura 13 se muestra un gráfico típico de la salida producida por el dispositivo de seguimiento de ruedas de Hamburgo. A partir de este gráfico, obtenga los siguientes valores: Pendiente e intersección de la primera porción de estado estable de la curva. Pendiente e intersección de la segunda porción de estado estacionario de la curva. Todos los parámetros de prueba a continuación se expresan en "pasadas": Calcule los siguientes parámetros de prueba, punto de inflexión de extracción (SIP, por sus siglas en inglés). Donde la profundidad de la rodadura de falla es la profundidad de rodadura máxima permitida especificada para la prueba; cabe detallar que, esta norma establece un máximo de 20 000 pasadas en condiciones extremas de clima y tráfico (AASHTO, 2008).

$$SIP = \frac{\text{Intersección (segunda parte)} - \text{Intersección (primera parte)}}{\text{Pendiente (primera parte)} - \text{Pendiente (segunda parte)}}$$

Figura 13

Curva de Hamburgo con parámetros de prueba



Nota: Tomado de “ASTHO T 324: Prueba de pista de rueda de Hamburgo de mezcla asfáltica compactada en caliente (HMA)”, por Mohammed, 2008, p. 6.

d. Granulometría de agregados

Se refiere a la gradación o distribución del tamaño de partícula de un agregado, que es una de las características destacadas del agregado para determinar cómo se desempeñará cuando se use como material de pavimento. En la mezcla asfáltica en caliente, la gradación ayuda a determinar casi todas las propiedades importantes, incluidas la estabilidad, la rigidez, la resistencia a la fatiga, la durabilidad, la trabajabilidad, la resistencia a la fricción, la permeabilidad y la susceptibilidad a la humedad. Respectivamente, en los hormigones de cemento Portland (PCC), la gradación ayuda a determinar la resistencia, la durabilidad, la porosidad, la contracción, la trabajabilidad y los requisitos de agua y cemento (Roberts et al., 1996). Debido a su función, la gradación es una preocupación principal en el diseño de mezclas de PCC y la

mezcla asfáltica en caliente, lo que lleva a la necesidad de especificar las gradaciones de agregado permitidas. El tamaño máximo del agregado puede afectar las capas de la mezcla asfáltica en caliente, base y subbase de varias maneras. En la mezcla asfáltica en caliente, la inestabilidad puede ser el resultado de tamaños máximos excesivamente pequeños, mientras que la mala trabajabilidad y la segregación pueden resultar de tamaños máximos excesivamente grandes (Kalaitzaki et al., 2015).

El tamaño agregado máximo está definido en ASTM C 125 como el tamiz más pequeño a través del cual pasa el 100% de las partículas de la muestra agregada. El tamaño máximo nominal se define como el tamiz más grande que retiene algunas de las partículas de agregado, pero generalmente no más del 10 por ciento en peso (Roberts et al., 1996). Por lo tanto, es importante especificar a qué máximo se está haciendo referencia. La mejor gradación es difícil de definir, ya que es un proceso de estimación complejo que depende de las propiedades del material, las condiciones ambientales y de carga, así como las características de la mezcla y la sección del pavimento donde se colocará. Para clasificar la gradación, se utilizan varios términos, como denso o bien graduado, clasificado en intervalos, clasificado abierto o clasificado uniformemente. Estas clases comparten características comunes y no definen de manera precisa y estricta los límites de división (Kalaitzaki et al., 2015).

En Perú, existen pruebas estandarizadas para hallar la granulometría de una mezcla asfáltica en caliente, entre los cuales se encuentra MTC E-204, MTC E-216, MTC E-503.

MTC E-204

Este método tiene el objetivo de determinar el peso total de la muestra seca inicial, el porcentaje de paso, la retención total o el porcentaje de cada tamiz se calcula al 0,1 % más cercano. Si la muestra se analizó inicialmente con el método MTC E 202, el cálculo del tamiz incluirá el peso del material más fino de 75 micrones (#200) por lavado y utilizará el peso total de la muestra previamente secada. Se conoce como la base para todos los cálculos de porcentaje. Si es necesario, calcule el factor de finura, agregue los residuos acumulados a cada uno de los siguientes tamices, luego divida la suma por 100: 150 micrones (#100); 300 micrones (#50); 600 micrones (#30); 1,18 mm (#16); 2,36 mm (#8); 4,75 mm (#4); 3/8" (9,5 mm), 3/4" (19,0 mm), 1 1/2" (37,5 mm) y mayores, relación 2:1 (MTC, 2016).

MTC E-216

Calcule la masa de material del relleno mineral que queda en cada tamiz, en este caso se utiliza tamices de 600 μm (N° 30) 300 μm (N° 50) y 75 μm (N° 200), como porcentaje del peso original de la muestra. Estas muestras son obtenidas con la exigencia de D242 y el estándar de reducción de muestras C702, para utilizar un mínimo de 100 gramos del material en cada tamiz (MTC, 2016)..

2.3. Definición de términos básicos

- **Asfalto.** Se refiere a un aglomerante asfáltico hecho de caucho, resina, polímero de alto peso molecular, asfalto natural, polvo de caucho molido u otra mezcla externa (modificador), mejorando así el asfalto o el rendimiento de la mezcla asfáltica (Zhang H. , 2020).

- **Cantidad de ceniza de bagazo de maíz agregado a la mezcla asfáltica en caliente.** Se refiere a al porcentaje en peso del bagazo de maíz adicionado sobre el peso total de la mezcla asfáltica en caliente (HMA; Kifile et al., 2022).
- **Ceniza de bagazo de maíz.** Es el resultado de la calcinación del bagazo de maíz, el residuo seco después de la cosecha del maíz (Zajac et al., 2020).
- **Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.** Se refiere a las propiedades de ingeniería de mezclas de concreto asfáltico, que se obtiene a partir de ensayos de laboratorio, representa el desempeño y está influenciado por un gran número de factores (Yuan, 2009).
- **Contenido % de vacíos.** Se refiere a la cantidad de aire, de igual forma viene incluido en el vacío que presenta el agregado del mineral, y también se encuentran los vacíos llenos de asfalto (Pincay et al., 2018).
- **Contenido de asfalto óptimo.** Se refiere a la proporción de ligante asfáltico en la mezcla que depende de la granulometría y características del agregado, es igual al volumen de asfalto que no ha sido afectado por la capacidad de absorción del agregado (Instituto Chileno del Asfalto, 1992)
- **Deformación permanente.** Deformación permanente en pavimentos asfálticos (flexibles), comúnmente denominada (ahuellamiento y empuje): ahuellamiento, generalmente consiste en depresiones longitudinales en las trayectorias de las ruedas, que son una acumulación de pequeñas cantidades de deformación irreuperable causada por cada aplicación de carga (Mohammed, 2013).
- **Efecto puzolánico.** El efecto o la actividad puzolánica se refiere a la capacidad de reaccionar con el hidróxido de calcio (Sargent, 2015).

- **Estabilidad.** Consiste en la capacidad para el cual se desarrolla un sostén a las tensiones sobre las cual se origina las cargas en el tránsito no desarrollando algún cambio o modificaciones (Pincay et al., 2018).
- **Flujo.** Una manera de dimensionar in situ sobre el efecto que presenta el medio ambiente y sus componentes en las mezclas asfálticas, se da desarrollando tramos sobre las pistas o pruebas a una escala (Rondón et al., 2008).
- **Granulometría de agregados.** Se refiere a la gradación o distribución del tamaño de partícula de un agregado, que es una de las características destacadas del agregado para determinar cómo se desempeñará cuando se use como material de pavimento (Kalaitzaki et al., 2015).
- **Mezcla asfáltica en caliente.** La mezcla asfáltica en caliente (HMA, por sus siglas en inglés) (llamada “asfalto” fuera de los Estados Unidos) suele ser una mezcla de aproximadamente un 5 % de aglomerante asfáltico líquido (es decir, cemento asfáltico, llamado “bitumen”) y un 95 % de agregado sólido (Schlegel et al., 2016).
- **Maíz.** El maíz o maíz (*Zea mays L.*), cultivo originario de México desde donde se extiende a todo el mundo como un importante cultivo alimentario. En la agricultura del maíz se genera muchos desechos, si bien el maíz es llega hasta el 66 % del peso total de la planta seca, algunas veces también llega a solo el 30%, las demás partes son consideradas desecho (Chic, 2014).
- **Resistencia (estabilidad y flujo) de la mezcla asfáltica en caliente.** Se refiere a los valores Marshall de estabilidad y flujo junto con la densidad; es decir, vacíos de aire en la mezcla total, los vacíos en el agregado mineral o los vacíos rellenos con asfalto, o ambos (ASTM, 2015):.

- **Resistencia al daño por humedad inducida.** Se refiere a la adhesividad del ligante árido-asfáltico se ve considerablemente afectada por la humedad (Lucas et al., 2019).
- **Vida a fatiga.** Se refiere al fallo contra a cargas repetitivas, donde se inicia una grieta y se propaga hasta llega a una fractura (Garavito, 2011).

2.4. Formulación de hipótesis

2.2.4. Hipótesis general.

La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

2.2.5. Hipótesis específicas.

- La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.
- La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.
- La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

2.5. Identificación de las variables

Variable independiente. Ceniza de bagazo de maíz.

Variable dependiente. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica en caliente.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

En la **Tabla 5** se detalla la definición de las variables, dimensiones e indicadores.

Tabla 5

Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Ceniza de bagazo de maíz	Independiente	Es el resultado de la calcinación del bagazo de maíz, el residuo seco después de la cosecha del maíz (Zajac et al., 2020).	Es la cantidad de ceniza de bagazo de maíz expresado en porcentaje y el efecto puzolánico adicionado a la mezcla asfáltica en caliente.	Porcentaje de ceniza de bagazo de maíz, adicionado a la mezcla asfáltica en caliente.	0.0%, 0.5%, 2.5%, y 4.0%	(%) Porcentaje
Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica en caliente	Dependiente	Consiste en las propiedades de ingeniería de mezclas de concreto asfáltico, que se obtiene a partir de ensayos de laboratorio, representa el desempeño y está influenciado por un gran número de factores (Yuan, 2009).	Son las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente considerando las mecánicas, la incorporación de agregados de acuerdo a los ensayos Marshall, y la resistencia al daño por humedad inducida realizado por el ensayo Lottman.	Propiedades mecánicas	% de vacíos cemento asfáltico (VFA)	(%) Porcentaje
					Flujo	mm
					Estabilidad	KN
					Densidad	gr/cm ³
Resistencia al daño por humedad inducida	Resistencia a la tracción (TSR)	kPa				
Incorporación de agregados	% de vacíos de material agregado compacto (VMA)	(%) Porcentaje				

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación fue aplicada. De acuerdo con Baena (2014), este tipo se encuentra asociada al tipo básico, por el hecho de usar teorías que fueron ya establecidos y adopta de ellas como una base. En esta investigación se acudió a este tipo, ya que ayudó a dar solución al problema de encontrar los efectos o como afecta la ceniza de bagazo de maíz en el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con pruebas de laboratorio a condiciones ambientales de Cerro de Pasco.

3.2. Nivel de investigación

3.3. Métodos de investigación

El método empleado fue el científico. De acuerdo con Lino (2009) este método consiste en tener un continuo proceso para terminar con una explicación de eventos, el establecer la asociación entre lo que se observa, y las leyes manifestadas y quienes dan sustento de eventos físicos y de esa manera se adquiere aplicaciones, los cuales sirvan para el investigador. Se empleó dicho método, debido a que la

investigación estuvo constituida por pruebas y análisis de manera que se compruebe las posibles respuestas que se formularon en el estudio, conforme a los datos emitidos de lo que se observó.

3.4. Diseño de investigación

El diseño fue experimental y factorial. Según Hernández et al. (2014), un diseño experimental se caracteriza por intervenir en la variable independiente y así generando otras condiciones para explicar un fenómeno en particular. En la presente, se manipuló la ceniza de bagazo de maíz para explicar mejor el fenómeno del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en calientes. Por otro lado, un diseño factorial se entiende como, según Hernández et al. (2014), un diseño en el cual se llama factores a las dimensiones o variables independiente para manipular en 2 o más niveles o tipos para evaluar su influencia en otra variable de salida. En esta investigación, se tomó la ceniza de bagazo de maíz y se varió en el porcentaje a agregarse a la mezcla asfáltica en caliente, la morfología y su actividad para evaluar la influencia en sus propiedades mecánicas de la ceniza, por lo que también existió un grupo control con la mezcla asfáltica en caliente convencional.

GE	A	O₁	X	O₂
GC	A	O₁	_____	O₂

Donde:

X = adición de ceniza de bagazo de maíz a la mezcla asfáltica en caliente

O1 = medición del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente antes de la adición

O2 = medición después de la adición.

Para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se aplicó repeticiones en 4 porcentajes diferentes 0.0%, 0.5%, 2.5%, y 4.0% (peso en función de la mezcla)
- El grupo control no tuvo ninguna dosis de ceniza de bagazo de maíz a diferencia del grupo experimental.
- Se realizaron las pruebas de ensayo de materiales según las normas establecidas por el MTC e internacionales. Para este caso se aplicó el ensayo Marshall para observar las propiedades de la mezcla asfáltica.
- Se empleó los instrumentos de recolección de datos a partir de la observación.
- Se hizo uso de las técnicas de análisis y procesamiento de datos con la ayuda de software SPSS v.26.0 y MS Excel.
- Una vez obtenidos los cuadros y gráficos estadísticos se precedió al análisis, síntesis, descripción, interpretación y discusión de los resultados obtenidos para luego llegar a las conclusiones y recomendaciones pertinentes. Además, del análisis inferencial de diferencias de más de dos muestras para la prueba de hipótesis.
- Se elaboró el informe final de tesis.

3.5. Población y muestra

La población, de acuerdo con Hernández et al. (2014), viene a ser la totalidad ante una situación, en la cual se estudia y en lo cual son determinados conforme a las semejantes características que poseen los que se encuentran en el grupo. En el estudio, la población será conformada por la parte experimental con el tratamiento de cenizas de bagazo de maíz en las mezclas asfálticas.

La muestra según Hernández et al. (2014), está conformado por una parte fragmento de la población, en la cual compone. En el estudio, la muestra estuvo

compuesta por la muestra patrón y las muestras experimentales; la muestra es adquirida a través de un muestreo no probabilístico, el cual se determina según al criterio del investigador. Los experimentos se distribuyen de la siguiente manera de acuerdo al porcentaje de ceniza de bagazo de maíz (0.5%, 2.5% y 4%) con 3 repeticiones cada uno (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El tamaño de muestra consta de 48 ensayos Marshall para tener información de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente y 40 ensayos Lottman para determinar la resistencia al daño por humedad inducida.

Tabla 6

Tamaño muestral

Factor		Cantidad de cenizas de bagazo de maíz			
		0% (1) Patrón	0.5% (2)	2.5% (2)	4% (2)
Tamaño muestral	Ensayo Marshall	3	15	15	15
	Ensayo Lottman	10	10	10	10

Nota: Representa la variable de salida o dependiente del diseño factorial.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la observación. La cual está basada en detallar los efectos de algún fenómeno dado, es un proceso de conseguir información en base a hechos de la realidad (Sánchez & Reyes, 2018). En la presente investigación, se recolectaron los datos necesarios de las dimensiones en base a su comportamiento o su naturaleza real percibido por el investigador.

En el estudio, se empleó la ficha de observación como instrumento. Según Ñaupas, et al. (2014), dicha ficha es útil para alcanzar contener un registro sobre información adquirida. En esta investigación, ayuda a realizar un análisis sobre un

evento establecido, o características y comportamiento de los objetos de estudio, el instrumento será creado por el investigador.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos los cuales fueron adquiridos por la ficha de observación conforme con los aspectos relacionados a la ceniza de bagazo de maíz en las mezclas asfálticas, pasarán a ser procesados hacia programas estadísticos, como el SPSS y Microsoft Excel; de la misma forma, cada dato, que sea emitido de los programas se reflejará a través de gráficos y tablas. En el análisis de datos para la investigación, el estudio fue cuantitativa, los datos fueron acumulados y luego de ello procesado a través de programas y de implementos computarizados, de tal forma que se encuentre reflejado de una forma óptima en los resultados.

3.8. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico constó de dos partes, la estadística descriptiva con las medidas de tendencia central, así como de dispersión. Por otra parte, la estadística inferencial aplicado en la prueba de la hipótesis por medio de las pruebas estadísticas paramétricas, como el análisis de varianza (ANOVA), y no paramétricas, como la Prueba H de Kruskal-Wallis, de acuerdo a la prueba de normalidad mediante el estadístico Shapiro-Wilk.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Para el proceso del estudio, se tomó en cuenta los procedimientos correctos, considerando y respetando cada principio de ética en el inicio y la conclusión de los procedimientos de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Grados y Títulos Profesionales emitido por el Vicerrectorado Académico de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cada conocimiento, de igual forma con los registros, y la información que se considera dentro del estudio serán fidedignas. De

acuerdo a ello, con el objetivo de no presentar alguna falta ética, como lo son la falsificación de información, el plagio, las citaciones, entre otros, se tomó en cuenta, de manera fundamental desde el inicio de la investigación hasta el proceso de sustentación del proyecto. Conforme a lo mencionado, el investigador se somete a las pruebas conforme a la validación del contenido del proyecto presente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de campo llevado a cabo en esta investigación se centró en la obtención y preparación de probetas que luego se analizaron en un entorno de laboratorio. En lugar de un muestreo no probabilístico, se aplicó un diseño factorial para la selección de las diferentes combinaciones de porcentajes de ceniza de bagazo de maíz y replicaciones necesarias.

Un aspecto relevante fue el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en caliente sin considerar las cenizas de bagazo de maíz. Esto se realizó a partir de las siguientes especificaciones:

- A. Propiedades granulométricas de los agregados fino y grueso (que provinieron de la cantera del distrito de Pilcomayo, Huancayo, coordenadas: N 8667581.542 E 473661.342) según la Normativa – EG 2013 Perú, el límite de Attemberg pasante por malla 200, equivalente de arena, impurezas orgánicas – MTC E 213:2016, ensayo de abrasión de Los Ángeles, Azul de Metileno – AASHTO TP 330.07, sales solubles en el suelo, determinación de partículas

chatas y alargadas en agregados – MTC E 223:2016, procedimiento Riedel-Weber MTC E 220-2016, inalterabilidad del agregado fino MTC E 209-2016, inalterabilidad del agregado grueso MTC E 209-2016 – NTP 400.016. porcentaje de caras fracturadas en los agregados – MTC E 210, gravedad específica y absorción de agregado fino MTC E 205, y peso específico y absorción de agregado grueso MTC E 206.

- B. Tipo de asfalto PEN 85-100 con mezcla de tipo B y gradación MAC para una capa de rodadura.
- C. Aplicación del ensayo Marshall (ASTM-D-1559) sobre mezcla asfáltica en caliente para determinar el porcentaje óptimo de asfalto.

Tabla 7

Diseño de mezcla asfáltica en caliente: Porcentaje óptimo de asfalto

Componente	Valor	Unidad de medida
Asfalto	6.10%	%
ASF	73.2	ml
Piedra	281.7	g
Arena	788.76	g
Cal	56.34	g
TOTAL	1200	

Posteriormente proceso comenzó con la elaboración de las probetas, que representan las distintas mezclas asfálticas bajo estudio. Estas probetas se prepararon meticulosamente en el laboratorio de acuerdo con el diseño factorial establecido, que incluyó tres niveles de porcentaje de ceniza de bagazo de maíz (0.5%, 2.5% y 4%) y sus repeticiones para cada porcentaje.

Una vez fabricadas las probetas, se procedió a la realización de los ensayos. Los ensayos Marshall, Lottman, Rice y de densidad se llevaron a cabo para evaluar características cruciales como porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo, densidad y resistencia a la tracción en las diferentes mezclas asfálticas modificadas. Estos

ensayos fueron realizados conforme a procedimientos estandarizados para garantizar resultados precisos y consistentes.

El diseño factorial permitió abordar múltiples variables de forma sistemática y controlada, posibilitando una evaluación más completa de cómo la ceniza de bagazo de maíz influye en las propiedades de las mezclas asfálticas. El enfoque en laboratorio aseguró condiciones controladas y replicables para obtener datos confiables. De esta manera, el trabajo de campo se centró en la preparación y análisis de probetas representativas de diferentes combinaciones de mezclas asfálticas mediante un diseño factorial. Los ensayos en laboratorio permitieron evaluar los efectos de la ceniza de bagazo de maíz en las propiedades mecánicas y funcionales de las mezclas, proporcionando una base sólida para las conclusiones del estudio.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Propiedades mecánicas

Tabla 8

Resultados de % vacíos en mezcla

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	5.10	7.40	7.70	7.40
O-2	5.40	7.70	7.00	5.00
O-3	5.20	9.50	7.40	7.10
O-4	-	5.80	5.50	2.70
O-5	-	4.60	4.40	6.00
O-6	-	5.30	2.20	1.40
O-7	-	5.50	3.80	4.00
O-8	-	5.20	6.70	3.00
O-9	-	4.90	1.60	3.10
O-10	-	4.30	3.80	10.20
O-11	-	5.70	3.40	4.60
O-12	-	5.60	4.90	2.20
O-13	-	5.80	4.70	2.50
O-14	-	4.50	5.20	1.90
O-15	-	5.30	2.20	5.70

En la **Tabla 8** se presentan los resultados de las mediciones de los porcentajes de vacíos en la mezcla, para la muestra patrón y las dosificaciones de CBM (0.5%, 2.5% y 4%). Se realizaron tres observaciones para la muestra patrón y quince observaciones para cada una de las otras dosificaciones.

El porcentaje de vacíos en una mezcla asfáltica es una propiedad clave que indica la cantidad de espacio vacío entre las partículas de agregado en una mezcla compactada. Esto influye en la resistencia estructural, la durabilidad y la conductividad térmica de la mezcla. Un bajo porcentaje de vacíos aumenta la resistencia y la durabilidad, mientras que un alto porcentaje puede mejorar la conductividad térmica. El porcentaje óptimo depende de factores como el tipo de agregado, el cemento asfáltico, el clima y el uso previsto de la superficie de rodamiento.

Tabla 9

Resumen de resultados de % vacíos en mezcla

Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
% Vacíos en mezcla (%)	Media	5.23	5.81	4.70	4.45
	d.s.	0.15	1.39	1.93	2.46
	Mínimo	5.10	4.30	1.60	1.40
	Máximo	5.40	9.50	7.70	10.20
	N	3	15	15	15

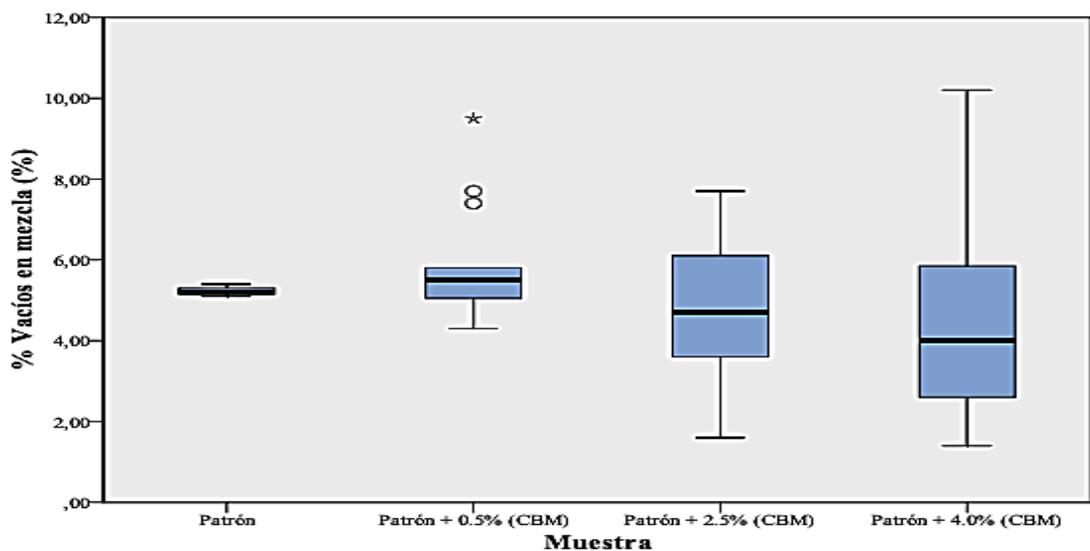
En la

Tabla 9, se ofrece un resumen de valores máximos, medios y la media de los % vacíos en mezcla, esto a partir de los resultados de la **Tabla 8**. Para la muestra patrón, se obtuvo una media de % de vacíos del 5.23%, con un valor máximo de 5.40% y un mínimo de 5.10%. Los resultados indican que a medida que aumenta el porcentaje de adición de CBM, la media de porcentaje de vacíos disminuye.

Tabla 9 muestra que el % de vacíos más alto se registró en el caso de una adición del 4% de CBM, con un 10.20%. Un % de vacíos excesivo en una mezcla asfáltica puede dar lugar a problemas significativos, como deformaciones permanentes que resultan en irregularidades en la superficie de la carretera y una disminución de la adherencia al cemento asfáltico, lo que puede provocar problemas de desprendimiento.

Tabla 9, se observa que la adición de 2.5% de CBM produjo el menor % de vacíos con 7.7%. Esta adición proporcionó los mejores resultados, no obstante, es importante destacar que la muestra patrón sigue siendo la más óptima, ya que exhibe el menor porcentaje de vacíos en comparación con todas las muestras analizadas. En general, un menor % de vacíos es mejor para una mezcla asfáltica en caliente. Esto se debe a que un menor % de vacíos proporciona una mayor resistencia estructural y durabilidad, mientras que un mayor % de vacíos puede causar problemas como ahuellamiento, fisuras y deformación permanente.

Figura 14
Diagrama de bigotes de los % Vacíos en mezcla



La Figura 14 presenta una representación gráfica de la distribución de los % de vacíos en mezcla para los diferentes casos de adición de CBM. Para la adición

de 0.5% de CBM, la parte inferior de la caja es más amplia que la parte superior, indicando que los valores de los % de vacíos en la mezcla entre el 25% y el 50% tienen una dispersión mayor que aquellos entre el 50% y el 75%. Por otro lado, con dosificaciones de 2.5% y 4% de CBM, los % de vacíos en la mezcla entre el 50% y el 70% muestran mayor dispersión que los comprendidos entre el 25% y el 50%.

Tabla 10

Resultados de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	74.70	64.10	62.20	65.30
O-2	73.80	62.80	64.50	74.20
O-3	74.50	57.30	63.20	66.50
O-4	-	62.50	69.00	88.10
O-5	-	68.30	73.70	76.20
O-6	-	64.90	84.90	93.50
O-7	-	65.40	75.60	81.70
O-8	-	66.90	63.40	85.80
O-9	-	68.10	88.40	85.30
O-10	-	68.60	78.30	59.70
O-11	-	62.20	81.30	77.80
O-12	-	62.50	74.60	88.30
O-13	-	65.40	74.70	87.90
O-14	-	70.90	72.80	90.50
O-15	-	67.40	87.00	75.50

La **Tabla 10** muestra los resultados de % los vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA), se realizaron 3 observaciones para la muestra patrón, mientras que para las dosificaciones se realizaron 15 observaciones.

El % de Vacíos Llenos con Cemento Asfáltico (VFA) es una propiedad clave en las mezclas asfálticas en caliente, que indica la cantidad de espacio vacío entre partículas de agregado relleno de cemento asfáltico. El VFA influye en el comportamiento mecánico de la mezcla, mejorando la resistencia al agrietamiento, la fatiga y la resistencia al deslizamiento al unir las partículas y distribuir cargas de manera uniforme. El nivel óptimo de VFA varía según factores como el tipo de

agregado, el cemento asfáltico, el clima y el uso previsto, pero generalmente se encuentra en el rango del 70-80% para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 11

Resumen de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)

Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
% Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	Media	74.33	65.15	74.24	79.75
	d.s.	0.47	3.41	8.68	10.13
	Mínimo	73.80	57.30	62.20	59.70
	Máximo	74.70	70.90	88.40	93.50
	N	3	15	15	15

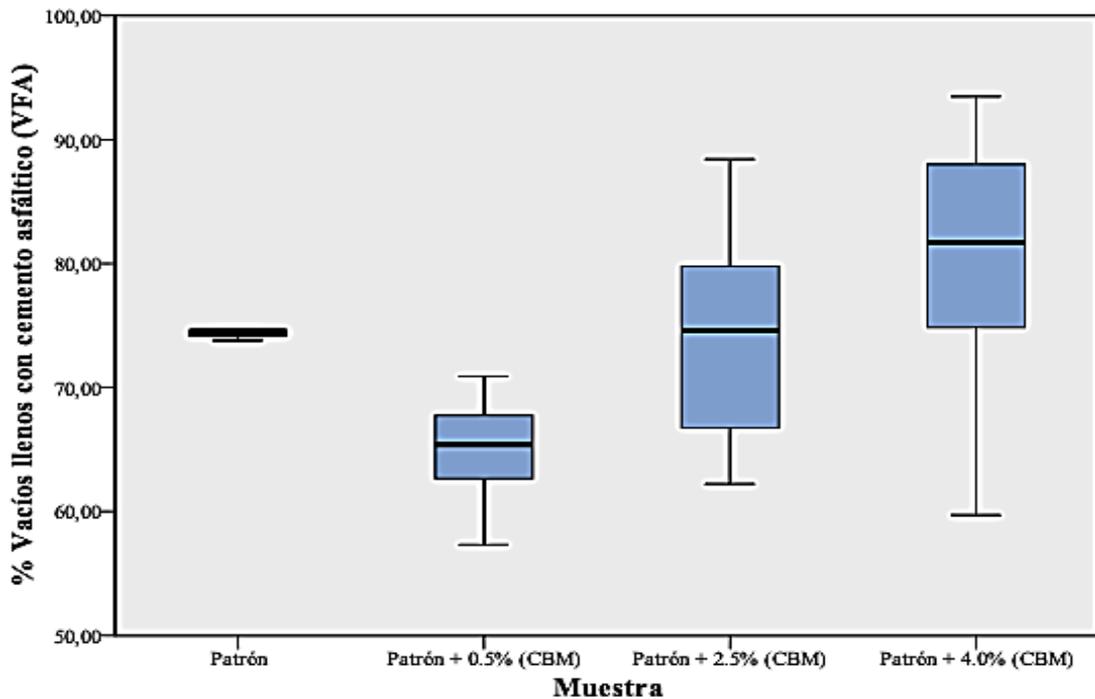
La **Tabla 11** se presenta en resumen los resultados máximos, mínimos y la meda de la VFA, generados a partir de la **Tabla 10**. Los resultados para la muestra patrón indican que obtuvo una media de 74.33% de VFA, con un valor máximo de 74.70% y un valor mínimo de 73.80%. Se observa que los valores promedio de VFA aumentan a mayor adición de CBM.

La **Tabla 11** muestra que el menor valor de VFA se obtuvo con una adición del 0.5% de CBM, con una media de 65.15%. Si se tiene en cuenta los valores normales de VFA entre 70-80%, el resultado óptimo corresponde para esta adicción, que se acerca más al valor de VFA de la muestra patrón. Un VFA inadecuadamente bajo puede dar lugar a inconvenientes tales como la aparición de fisuras en la mezcla bajo carga, lo que afecta negativamente la seguridad y durabilidad de la superficie de rodamiento. También puede ocasionar fatiga en la mezcla cuando se somete a cargas repetidas, originando la formación de huecos y ondulaciones en la carretera. Además, un bajo VFA puede provocar deslizamiento de la mezcla cuando está sometida a la acción de las ruedas de los vehículos, lo que puede generar situaciones de peligro en la conducción.

Asimismo, en la **Tabla 11** se observa que el mayor valor de VFA corresponde para la adición de 4% de CBM con una media de 79.75%. Un VFA excesivamente elevado puede desencadenar dificultades como una menor capacidad de la mezcla para disipar el calor, ya que el cemento asfáltico tiene una conductividad térmica baja. Además, un alto VFA puede llevar a una disminución de la adherencia de la mezcla al agregado debido a un exceso de cemento asfáltico, lo que puede resultar en problemas de desprendimiento.

Figura 15

Diagrama de bigotes de % Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)



La **Figura 15** muestra una representación gráfica de la distribución de % vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA) para los diferentes casos de adición de CBM. Para el caso de 0.5% y 4% de CBM, no hay mayor diferencia de tamaño en la parte superior e inferior de la caja, indicando que los valores de los VFA tienen similar dispersión. Por otro lado, para el caso de 2.5% de CBM, el VFA entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión que los comprendidos entre el 50% y el 75%.

Tabla 12*Resultados de flujo (mm)*

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	3.38	2.24	2.76	2.97
O-2	3.85	2.23	2.43	2.73
O-3	3.07	2.43	2.47	2.43
O-4	-	3.70	3.90	4.40
O-5	-	3.60	3.80	4.00
O-6	-	3.70	3.90	4.10
O-7	-	3.60	4.00	4.20
O-8	-	3.70	3.90	4.30
O-9	-	3.60	3.90	4.50
O-10	-	3.60	3.97	4.00
O-11	-	3.66	3.83	3.85
O-12	-	3.10	3.30	4.49
O-13	-	3.40	3.70	4.40
O-14	-	3.30	3.70	4.10
O-15	-	3.30	3.40	4.30

La **Tabla 12** presenta los resultados de flujo en milímetros para cada tipo de adición. Se llevaron a cabo tres observaciones para la muestra patrón, mientras que se realizaron 15 observaciones para las adiciones.

El flujo (mm) es una propiedad importante de la mezcla asfáltica en caliente que indica la cantidad de deformación plástica que experimenta la mezcla bajo carga. El flujo está relacionado con la capacidad de la mezcla para absorber energía y resistir la deformación permanente. El flujo óptimo para una mezcla asfáltica depende de varios factores, incluyendo el tipo de agregado, el tipo de cemento asfáltico, el clima y el uso previsto de la superficie de rodamiento. En general, un flujo de 2-3 mm es adecuado para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 13*Resumen de resultados de flujo*

Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
Flujo (mm)	Media	3.43	3.28	3.53	3.92
	d.s.	0.39	0.54	0.55	0.66
	Mínimo	3.07	2.23	2.43	2.43
	Máximo	3.85	3.70	4.00	4.50
	N	3	15	15	15

La **Tabla 13** muestra en resumen los valores máximos, mínimos y media a partir de los resultados de la **Tabla 12**. Para la muestra patrón se tiene un flujo medio de 3.43mm, un máximo de 3.85 y un mínimo de 3.07.

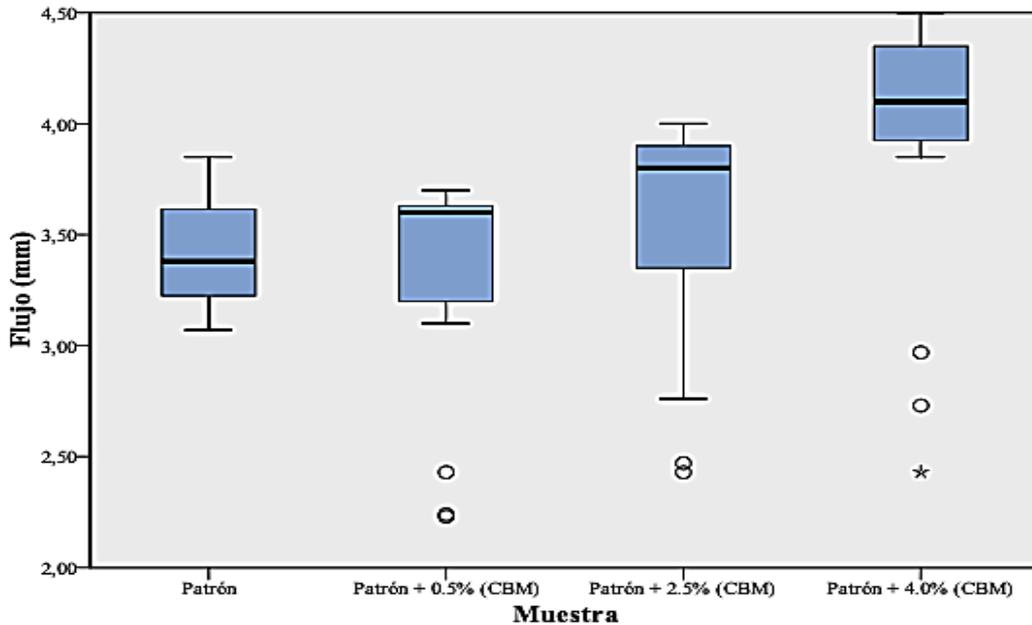
A partir de la **Tabla 13**, el menor valor de flujo es de 2.23mm se obtuvo con un 0.5% de CBM, cuya media es de 3.28mm. Teniendo en consideración un flujo adecuado entre 2 y 3mm, esta dosificación es la que presentó los mejores resultados, además es menor a la media (3.43mm) de la muestra patrón. Un flujo insuficiente puede generar problemas, tales como la aparición de fisuras en la mezcla bajo carga, lo que afecta la seguridad y la durabilidad de la superficie de rodamiento. También puede llevar a la fatiga de la mezcla cuando se somete a cargas repetidas, dando lugar a la formación de huecos y ondulaciones en la carretera.

Por otro lado, en la **Tabla 13**, se observa que el máximo flujo es de 4.50% para la adición de 4% de CBM, cuya media es de 3.92. Un flujo elevado indica que la mezcla es más maleable y capaz de absorber mayor energía, lo cual puede ser ventajoso en situaciones con cargas de impacto, como carreteras de alta velocidad o áreas de tráfico intenso. También contribuye a fortalecer la resistencia al agrietamiento por fatiga. Sin embargo, un flujo excesivamente alto puede conllevar problemas, como deformación permanente, resultando en ondulaciones en la

superficie de la carretera, y reducción de la respuesta estructural, disminuyendo la resistencia a deformaciones plásticas y afectando el rendimiento general.

Figura 16

Diagrama de bigotes de flujo



La **Figura 16** presenta una representación gráfica de la distribución de los flujos para los diferentes casos de adición de CBM. Para el caso de la muestra patrón y 4% de CBM, la parte superior de la caja es más amplia que la parte inferior, indicando que los valores de flujo entre el 50% y el 75% tienen una dispersión mayor que aquellos entre el 25% y el 50%. Por otro lado, para el caso de 0.5% y 2.5% de CBM, los valores flujo entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión que los comprendidos entre el 50% y el 75%.

Tabla 14*Resultados de estabilidad*

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	9.42	13.20	11.14	9.82
O-2	8.12	12.10	10.25	8.96
O-3	8.92	13.20	9.79	8.89
O-4	-	5.69	9.15	8.47
O-5	-	5.59	8.79	7.38
O-6	-	6.07	8.82	8.51
O-7	-	5.80	8.71	7.33
O-8	-	5.14	8.25	8.23
O-9	-	6.83	8.28	9.32
O-10	-	6.30	8.63	7.83
O-11	-	6.40	8.89	8.15
O-12	-	6.39	8.16	8.26
O-13	-	5.83	8.16	8.04
O-14	-	8.37	7.84	7.92
O-15	-	6.35	8.94	8.06

En la **Tabla 14** se observa los resultados de Estabilidad para la muestra patrón y los diferentes casos de adición de CBM. Para la muestra patrón se muestran 3 observaciones, mientras que para las adiciones de CBM se realizaron 15 observaciones.

La estabilidad es una propiedad importante de la mezcla asfáltica en caliente que indica la capacidad de la mezcla para resistir la deformación plástica bajo carga. La estabilidad está relacionada con la capacidad de la mezcla para mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas. La estabilidad se mide en (kN) y se calcula como la fuerza necesaria para empujar una probeta de la mezcla a través de una distancia predeterminada. Las mezclas asfálticas en caliente deben tener una estabilidad mínima de 8 kN para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 15
Resumen de resultados de estabilidad

Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
Estabilidad (kN)	Media	8.82	7.55	8.92	8.34
	d.s.	0.66	2.84	0.88	0.68
	Mínimo	8.12	5.14	7.84	7.33
	Máximo	9.42	13.20	11.14	9.82
	N	3	15	15	15

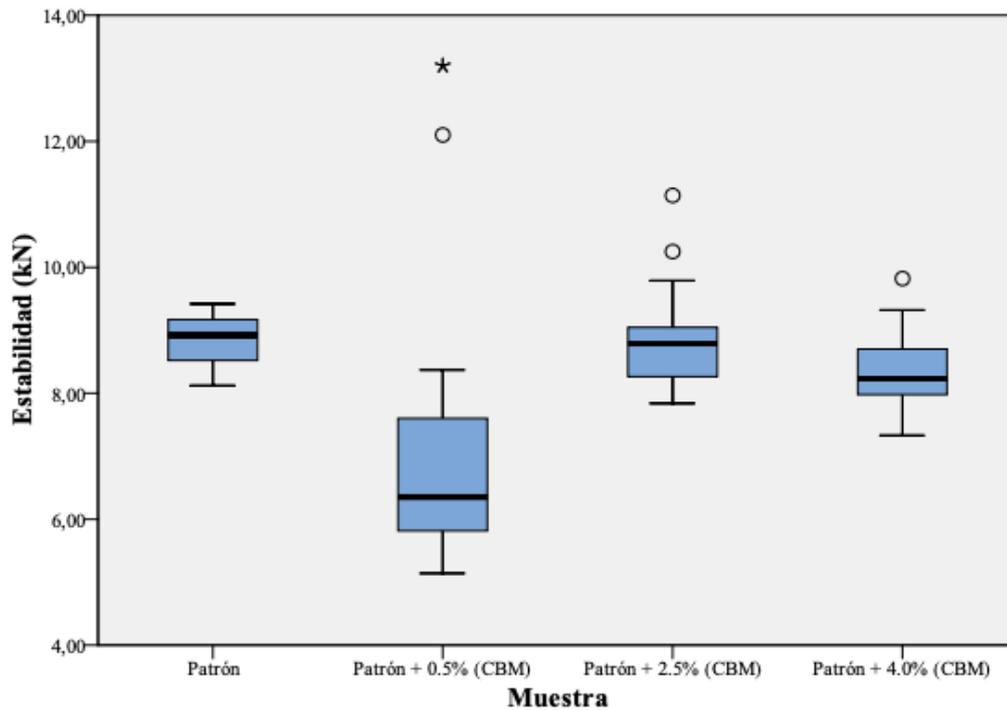
La **Tabla 15** resume los valores máximos, mínimos y promedios para la muestra patrón y las diferentes adiciones de CMB (0.5%, 2.5%, 4%). En cuanto a la muestra patrón, se observa que alcanzó una estabilidad media de 8.82 kN, con un máximo de 9.42 kN y un mínimo de 8.12 kN.

En contraste, en la **Tabla 15** se destaca que la adición de 2.5% de CMB logró la mayor estabilidad, con un promedio de 8.92 kN, superando la muestra patrón. Esta dosificación se destacó como la que obtuvo los mejores resultados en comparación con la muestra patrón. En el contexto de una mezcla asfáltica en caliente, un valor de estabilidad más alto es altamente deseable, ya que refleja su capacidad para resistir deformaciones plásticas bajo carga. Esto es especialmente beneficioso en situaciones con cargas pesadas o repetidas, como carreteras de alto tránsito, y contribuye a fortalecer la resistencia contra el agrietamiento por fatiga. En resumen, una estabilidad elevada indica una mayor calidad y durabilidad de la mezcla.

Por otro lado, en la **Tabla 15** se observa que la adición más baja de CMB, es decir, el 0.5%, resultó en el valor mínimo de estabilidad, con un promedio de 7.55 kN. Este valor no cumple con la Estabilidad mínima recomendada de 7 kN. Un nivel de estabilidad insuficiente puede dar lugar a problemas como deformación permanente, donde la mezcla se distorsiona bajo carga, causando ondulaciones en

la superficie de la carretera; agrietamiento, que provoca fracturas en la mezcla bajo carga, afectando la seguridad y la durabilidad; y fatiga, que conduce al desgaste de la mezcla con cargas repetidas, resultando en la formación de baches y deformidades en la superficie de la carretera.

Figura 17
Diagrama de bigotes de estabilidad



La **Figura 17** presenta una representación gráfica de la distribución de los % vacíos de material agregados compacto para los diferentes casos de adición de CBM. Para el caso de la adición de 0.5% y 4% de CBM, la parte superior de la caja es más amplia que la parte inferior, indicando que los valores de Estabilidad entre el 50% y el 75% tienen una dispersión mayor que aquellos entre el 25% y el 50%. Por otro lado, para el caso de la muestra patrón y 2.5% de CBM, la Estabilidad entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión que los comprendidos entre el 50% y el 75%.

Tabla 16*Resultados de densidad (gr/cm³)*

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	2.245	2.204	2.220	2.202
O-2	2.239	2.195	2.236	2.260
O-3	2.244	2.152	2.227	2.210
O-4	-	2.248	2.237	2.133
O-5	-	2.278	2.263	2.059
O-6	-	2.261	2.314	2.161
O-7	-	2.236	2.288	2.151
O-8	-	2.244	2.221	2.174
O-9	-	2.250	2.341	2.172
O-10	-	2.293	2.216	2.058
O-11	-	2.261	2.226	2.187
O-12	-	2.262	2.190	2.243
O-13	-	2.216	2.207	2.186
O-14	-	2.245	2.196	2.199
O-15	-	2.227	2.267	2.114

En la **Tabla 16**, se presentan los resultados de densidad tanto para la muestra patrón como para las distintas incorporaciones de CBM (0.5%, 2.5% y 4%). Se llevaron a cabo tres mediciones para la muestra patrón y quince mediciones para las adiciones de CBM.

La densidad es una propiedad importante de la mezcla asfáltica en caliente que indica la masa por unidad de volumen de la mezcla. La densidad está relacionada con la resistencia estructural y la durabilidad de la mezcla. La densidad de la mezcla asfáltica en caliente se mide en gramos por centímetro cúbico (gr/cm³). Las mezclas asfálticas en caliente deben tener una densidad mínima de 2.1 g/cm³ para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 17*Resumen de resultados de densidad*

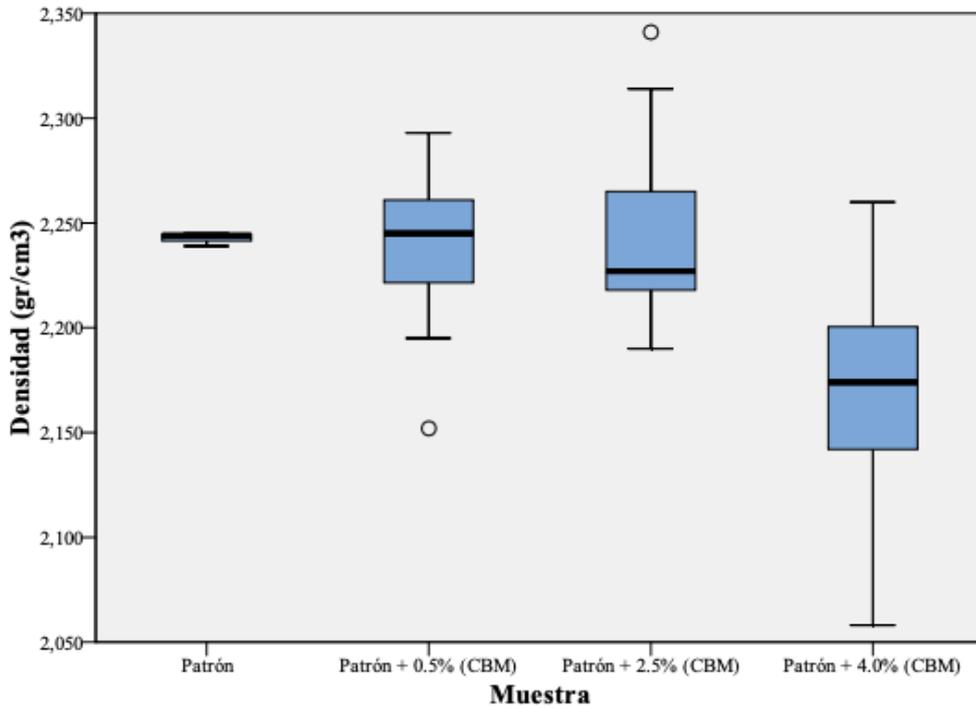
Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
Densidad (gr/cm³)	Media	2.24	2.24	2.24	2.17
	d.s.	0.00	0.04	0.04	0.06
	Mínimo	2.24	2.15	2.19	2.06
	Máximo	2.25	2.29	2.34	2.26
	N	3	15	15	15

La **Tabla 17** presenta un resumen de los valores máximos, mínimos y promedios de la densidad, basados en los resultados de la **Tabla 16**. En particular, se destaca que la muestra patrón exhibió un valor máximo de 2.29 gr/cm³, un mínimo de 2.15 gr/cm³ y una media de 2.24 gr/cm³. Es relevante mencionar que los casos de adición de 0.5% y 2.5% de CBM también lograron valores promedio similares. En términos generales, una mayor densidad es altamente beneficiosa para una mezcla asfáltica en caliente, ya que confiere una mayor resistencia estructural y durabilidad. También mejora la resistencia estructural, resultando especialmente útil en situaciones con cargas pesadas, al tiempo que fortalece la resistencia contra el agrietamiento por fatiga.

Asimismo, en la **Tabla 17**, el valor menor valor de la densidad la obtuvo la adición de 4% de CBM con una media de 2.17gr/cm³. Un nivel de densidad insuficiente puede ocasionar inconvenientes, como la formación de ahuellamientos, donde el agua penetra en los espacios vacíos entre las partículas de agregado, provocando hundimientos en la superficie de rodamiento, así como la generación de fisuras debido al estrés excesivo en la mezcla. También, puede ocasionar problemas como ahuellamiento, fisuras, disminución de la conductividad térmica y reducción de la adherencia.

Figura 18

Diagrama de bigotes de densidad



La **Figura 18** detalla una representación gráfica de la distribución de la Densidad para los diferentes casos de adición de CBM. Para el caso de la adición de 2,5% de CBM, la parte superior de la caja es más amplia que la parte inferior, indicando que los valores de Densidad entre el 50% y el 75% tienen una dispersión mayor que aquellos entre el 25% y el 50%. Por otro lado, para el caso de adición de 0.5% de CBM, la Densidad entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión que los comprendidos entre el 50% y el 75%.

4.2.2. Incorporación de agregados

Tabla 18

Resultados de % Vacíos de material agregados compacto (VMA)

Observación	Muestra			
	Patrón n	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	20.30	20.50	20.30	21.40
O-2	20.50	20.80	19.60	19.30
O-3	20.30	22.40	20.10	21.10
O-4	-	15.50	17.60	22.70
O-5	-	14.40	16.70	25.30
O-6	-	15.00	14.80	21.70
O-7	-	16.00	15.70	22.00
O-8	-	15.70	18.20	21.20
O-9	-	15.40	13.80	21.30
O-10	-	13.80	18.40	25.40
O-11	-	15.00	18.00	20.70
O-12	-	15.00	19.30	18.70
O-13	-	16.70	18.70	20.70
O-14	-	15.60	19.10	20.30
O-15	-	16.30	16.50	23.40

La **Tabla 18** muestra los resultados de los % vacíos de material agregados compacto (VMA), para la muestra patrón se realizaron 3 observaciones, mientras que para las demás adiciones se realizaron 15 observaciones.

El VMA (Porcentaje de Vacíos de Material Agregado Compacto) es una propiedad fundamental de las mezclas asfálticas en caliente. Este indicador refleja la cantidad de espacio vacío entre las partículas de agregado en una mezcla compactada y tiene un impacto significativo en el comportamiento mecánico del asfalto. Un VMA bajo mejora la resistencia estructural y la durabilidad, al reducir la posibilidad de daños por infiltración de agua y la fatiga. Por otro lado, un VMA alto aumenta la conductividad térmica de la mezcla, lo que ayuda a mitigar la acumulación de calor en la superficie del pavimento. El nivel óptimo de VMA varía según factores como el tipo de agregado, el cemento asfáltico, el clima y el uso

previsto, pero generalmente se sitúa en el rango del 12-15% para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 19

Resumen de % vacíos de material agregados compacto (VMA)

Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
% Vacíos de material agregados compacto (VMA)	Media	20.37	16.54	17.79	21.68
	d.s.	0.12	2.56	1.94	1.89
	Mínimo	20.30	13.80	13.80	18.70
	Máximo	20.50	22.40	20.30	25.40
	N	3	15	15	15

La **Tabla 19** ofrece un resumen de los porcentajes de vacíos en el material agregado compacto (VMA) basados en los resultados obtenidos de la **Tabla 18**. En lo que respecta a los valores de VMA para la muestra patrón, se registra un promedio de 20.37%, con un máximo de 20.50% y un mínimo de 20.30%.

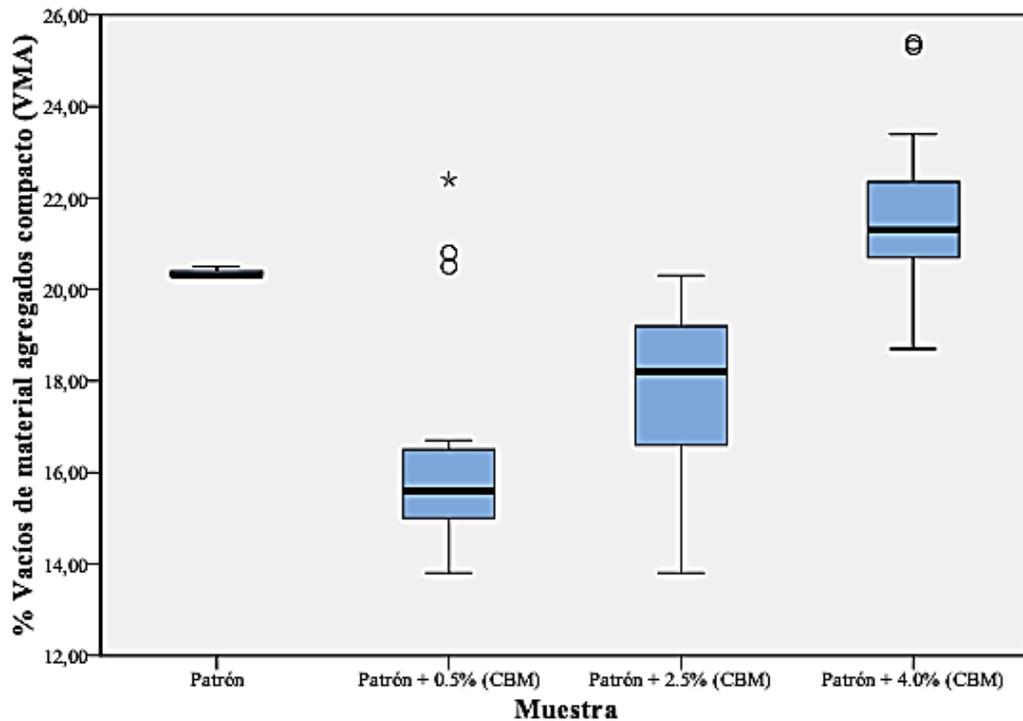
De manera destacable, en la **Tabla 19** se aprecia que el valor medio más elevado de VMA se presenta en el caso de un 4% de CBM, alcanzando un promedio de 21.68%. Esta adición se destaca por su cercanía al resultado de la muestra patrón, lo que la convierte en la de mejor desempeño. Es importante mencionar que un exceso en el valor de VMA puede acarrear problemas, como la deformación permanente de la mezcla bajo carga, lo que puede resultar en irregularidades en la superficie de la carretera. Además, una VMA elevada puede reducir la capacidad de la mezcla para adherirse al cemento asfáltico, lo que potencialmente desencadenaría problemas de desprendimiento.

Asimismo, en la **Tabla 19** se observa que el menor valor medio de VMA es de 16.54% para adición de 0.5% de CBM. Un nivel de contenido de asfalto vacío (VMA) que resulte insuficiente puede conllevar a problemas como el ahuellamiento, donde la entrada de agua en los espacios vacíos entre las partículas

del agregado puede ocasionar hundimientos en la superficie de rodadura. Además, esta condición puede generar fisuras debido al exceso de tensión en la mezcla.

Figura 19

Diagrama de bigotes de % vacíos de material agregados compacto (VMA)



La **Figura 19** presenta una representación gráfica de la distribución de los % vacíos de material agregados compacto para los diferentes casos de adición de CBM. Para el caso de 0.5% y 4% de CBM, la parte superior de la caja es más amplia que la parte inferior, indicando que los valores de los VMA entre el 50% y el 75% tienen una dispersión mayor que aquellos entre el 25% y el 50%. Por otro lado, para el caso de 2.5% de CBM, los VMA entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión que los comprendidos entre el 50% y el 75%.

4.2.3. Resistencia al daño por humedad inducida

Tabla 20

Resultados de resistencia a la tracción

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	14.47	11.59	10.55	11.69
O-2	14.86	11.04	11.48	11.61
O-3	15.21	11.39	11.48	11.42
O-4	14.96	10.87	11.61	11.77
O-5	15.72	11.48	11.08	11.57
O-6	15.15	11.38	11.37	11.17
O-7	15.57	11.28	11.09	11.37
O-8	15.63	10.72	11.41	11.62
O-9	15.45	10.78	10.98	11.40
O-10	15.81	11.01	11.16	11.45

La **Tabla 20** presenta los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción realizadas en la muestra patrón y en las muestras con adiciones de CBM en concentraciones del 0.5%, 2.5% y 4%. Cada conjunto de pruebas consistió en 10 repeticiones para cada tipo de muestra.

La resistencia a la tracción es una medida que evalúa la capacidad de un material o elemento para resistir fuerzas de tracción, es decir, fuerzas que tienden a estirar o alargar el material. Es decir, cuanto mayor sea la resistencia a la tracción de un material, mayor será su capacidad para resistir la aplicación de fuerzas que intenten separar o estirar sus componentes.

Tabla 21

Resumen de resultados de resistencia a la tracción

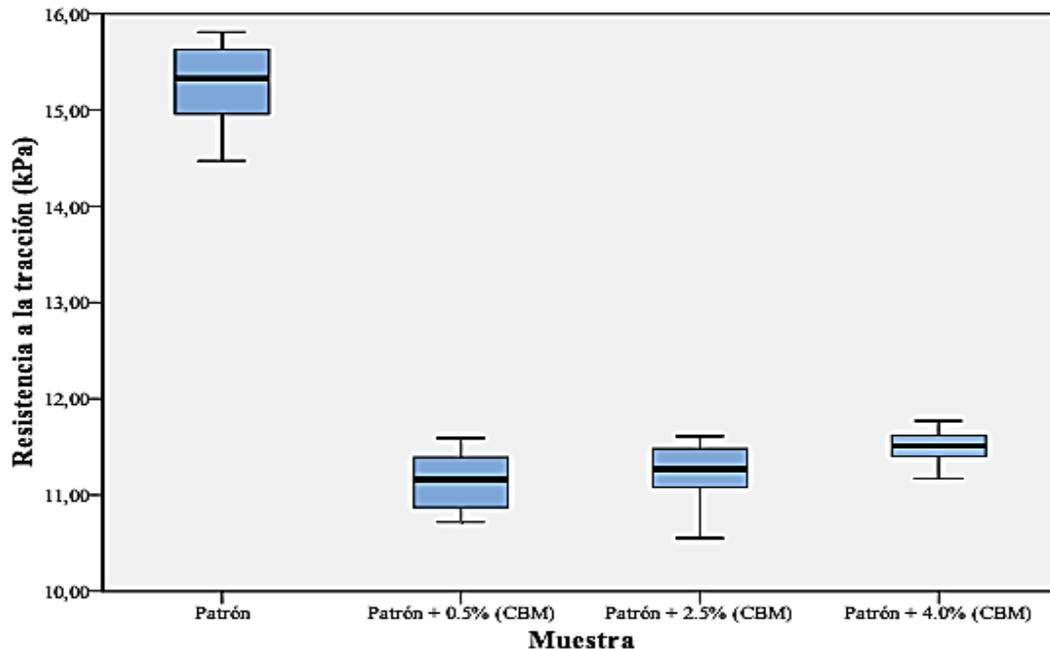
Variable	Estadístico	Muestra			
		Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
Resistencia a la tracción (kPa)	Media	15.28	11.15	11.22	11.51
	d.s.	0.43	0.31	0.31	0.18
	Mínimo	14.47	10.72	10.55	11.17
	Máximo	15.81	11.59	11.61	11.77
	N	10	10	10	10

La **Tabla 21** presenta un resumen de los valores máximos, mínimos y la media de resistencia a la tracción para la muestra patrón y las muestras con adiciones de CBM. Se observa que la muestra patrón alcanzó una resistencia máxima de 15.28 kPa, una resistencia mínima de 14.47 kPa y una resistencia media de 15.81 kPa. Esta última cifra representa el valor promedio más alto obtenido en todas las pruebas.

También se observa en la **Tabla 21**, en cuanto a las muestras con adiciones de CBM, se destaca el caso con un 4% de CBM mostró una resistencia media de 11.51 kPa. Sin embargo, este valor no difiere significativamente de los valores de resistencia observados en las demás concentraciones de CBM, ya que son bastante similares. A pesar de esto, los resultados indican que a medida que se aumenta la cantidad de CBM en la mezcla, la resistencia tiende a incrementarse, aunque en una proporción mínima. A partir de los resultados observados se concluye que la adición de CBM en los porcentajes propuestos no tuvo mayor aporte en la mejora de la resistencia a la tracción, ya que no logró superar la resistencia exhibida por la muestra patrón.

Figura 20

Diagrama de bigotes de resistencia a tracción



En la **Figura 20** se presenta una representación gráfica de la distribución de la resistencia a la tracción tanto para la muestra patrón como para los casos de adición de CBM. Al observar la muestra patrón y el caso de adición del 2.5% de CBM, se nota que la parte inferior de la caja es más amplia que la parte superior, lo que sugiere que los valores de resistencia que se sitúan entre el 25% y el 50% muestran una mayor dispersión en comparación con los resultados que se encuentran entre el 50% y el 70%. Por otro lado, se observa que los casos de adición del 2.5% de CBM y del 4% de CBM presentan una dispersión similar en sus resultados de resistencia tanto en la parte inferior como en la superior de la caja.

4.3. Prueba de Hipótesis

Para la prueba de hipótesis se estimó la prueba de normalidad (Anexo) para emplear la prueba paramétrica análisis de varianza de un factor (ANOVA) o la prueba no paramétrica H de Kruskal-Wallis, de acuerdo a cada indicador. Asimismo, se estableció un nivel de significancia de 0.05 para el umbral de confianza.

4.3.1. Prueba de la primera hipótesis específica

A. Hipótesis estadísticas:

La hipótesis de investigación fue: La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H0: La ceniza de bagazo de maíz no altera la propiedad de los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H1: La ceniza de bagazo de maíz altera las propiedades de los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

B. Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$

C. Estadístico de prueba: ANOVA y la prueba no paramétrica H de Kruskal-Wallis, según distribución de los datos.

D. Regla de decisión:

Si el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se debe rechazar la H0 y, por lo tanto, aceptar la H1.

Caso contrario, si el p-valor o la significancia es mayor a 0.05 se acepta la H0 y, por lo tanto, se rechaza la H1.

E. Prueba estadística:

En el caso la hipótesis, los datos del % de vacíos cemento asfáltico (VFA) y la densidad de las briquetas presentaron una distribución normal (Anexo 6.A), de manera que se aplicó la prueba ANOVA; mientras que el flujo y la estabilidad

de las briquetas no se distribuyeron normalmente (Anexo 6.A), siendo así el uso de la prueba H de Kruskal-Wallis.

Tabla 22

Prueba estadística de la primera hipótesis de investigación: VFA y densidad

Variable	Criterio	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
% Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	Entre grupos	1635.26	3	545.09	9.035	0.000
	Dentro de grupos	2654.58	44	60.33		
	Total	4289.84	47			
Densidad (gr/cm3)	Entre grupos	0.06	3	0.02	9.029	0.000
	Dentro de grupos	0.09	44	0.00		
	Total	0.15	47			

Tabla 23

Prueba estadística de la primera hipótesis de investigación: flujo y estabilidad

H de Kruskal-Wallis	Flujo (mm)	Estabilidad (kN)
	14.703	10.895
gl	3	3
Sig. asintótica	0.002	0.012

F. Decisión estadística:

Dado que el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 en cada uno de los indicadores se rechaza la H0 y, por lo tanto, se acepta la H1.

G. Interpretación:

Los resultados de la Tabla 22 y la

Tabla 23 muestran que la adición de ceniza de bagazo de maíz modifica las propiedades de: % de vacíos de cemento asfáltico (VFA), flujo, estabilidad y densidad. Al respecto, añadir un 0.5% de CBM en el diseño patrón contrae significativamente el VFA; pero retorna a su valor inicial ya sea con un 2.5% o 4.0% de CBM, aunque con una mayor dispersión (ver Anexo 6.C). En relación al flujo, este se ve incrementado a medida que aumenta el porcentaje

de CBM en la muestra (ver Anexo 6.F). Respecto a la estabilidad su comportamiento fue variable, aunque su tendencia es ligeramente a la baja a medida que se añade CBM en la muestra patrón (ver Anexo 6.F). Y con la densidad se observa un patrón a reducirse a mayor porcentaje de CBM, esto se observó de manera resaltante con un 4.0% de CBM (Anexo 6.D).

H. Conclusión:

Es así que se concluyó que la ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en los vacíos de cemento asfáltico (comportamiento cuadrático, pero incrementándose a mayor CBM), flujo (aumenta), estabilidad (comportamiento variable, pero con ligera disminución) y densidad (disminuye) de la mezcla asfáltica en caliente en Cerro de Pasco.

4.3.2. Prueba de la segunda hipótesis específica

A. Hipótesis estadísticas:

La hipótesis de investigación fue: La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H₀: La ceniza de bagazo de maíz no modifica la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H₁: La ceniza de bagazo de maíz modifica la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

B. Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$

C. Estadístico de prueba: ANOVA (ver prueba de normalidad Anexo 6.A).

D. Regla de decisión:

Si el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se debe rechazar la H₀ y, por lo tanto, aceptar la H₁.

Caso contrario, si el p-valor o la significancia es mayor a 0.05 se acepta la H0 y, por lo tanto, se rechaza la H1.

E. Prueba estadística:

Tabla 24

Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación

Variable	Criterio	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la tracción (kPa)	Entre grupos	120.04	3	40.02	388.769	0.000
	Dentro de grupos	3.71	36	0.10		
	Total	123.75	39			

F. Decisión estadística:

Dado que el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se rechaza la H0 y, por lo tanto, se acepta la H1.

G. Interpretación:

Los hallazgos de la Tabla 24 indican que la resistencia al daño por humedad inducida se contrae al incorporar CBM en la muestra patrón, incluso ninguno de los tres porcentajes no se acerca al valor de la muestra patrón. De acuerdo al Anexo 6.E., se obtuvo que la diferencia entre el grupo experimental y el control resultó ser completamente significativa.

H. Conclusión:

De esta forma se concluyó que la ceniza de bagazo de maíz reduce significativamente la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

4.3.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

A. Hipótesis estadísticas:

La hipótesis de investigación fue: La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H0: La ceniza de bagazo de maíz no modifica la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H1: La ceniza de bagazo de maíz modifica la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

B. Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$

C. Estadístico de prueba: prueba no paramétrica H de Kruskal-Wallis (ver prueba de normalidad Anexo 6.A).

D. Regla de decisión:

Si el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se debe rechazar la H0 y, por lo tanto, aceptar la H1.

Caso contrario, si el p-valor o la significancia es mayor a 0.05 se acepta la H0 y, por lo tanto, se rechaza la H1.

E. Prueba estadística:

Tabla 25

Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación

H de Kruskal-Wallis	% Vacíos de material agregados compacto (VMA)
	25.795
gl	3
Sig. asintótica	0.000

F. Decisión estadística:

Dado que el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se rechaza la H0 y, por lo tanto, se acepta la H1.

G. Interpretación:

En la Tabla 25 se encontró que el % de vacíos de material agregado compacto (VMA) se modifica con la incorporación de CBM en la muestra patrón; sin embargo, su comportamiento es cuadrático dado que al incluir un 0.5% de CBM se reduce el VMA, aunque luego se incrementa a medida que aumenta el porcentaje de CBM.

H. Conclusión:

Se concluyó que la ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco, manteniendo un comportamiento cuadrático, pero con tendencia a aumentar a medida que se añade un mayor porcentaje de CBM.

4.3.4. Prueba de la hipótesis general

A. Hipótesis estadísticas:

La hipótesis de investigación fue: La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H0: La ceniza de bagazo de maíz no altera el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

H1: La ceniza de bagazo de maíz altera el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.

A. Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$

B. Estadístico de prueba: ANOVA y prueba no paramétrica H de Kruskal-Wallis

B. Regla de decisión:

Si el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 se debe rechazar la H0 y, por lo tanto, aceptar la H1.

Caso contrario, si el p-valor o la significancia es mayor a 0.05 se acepta la H0 y, por lo tanto, se rechaza la H1.

C. Prueba estadística:

Tabla 26

Prueba estadística de la segunda hipótesis de investigación

Dimensión	Indicador	Significancia	Conclusión
Propiedades mecánicas (Ensayo Marshall)	% de vacíos cemento asfáltico (VFA)	0.000	Comportamiento cuadrático, pero incrementándose a mayor CBM
	Flujo	0.002	Aumenta
	Estabilidad	0.012	Comportamiento variable, pero con ligera disminución
	Densidad	0.000	Disminuye
Resistencia al daño por humedad inducida (Ensayo Lottman)	Resistencia a la tracción (TSR)	0.000	Disminuye
Incorporación de agregados (Ensayo Marshall)	% de vacíos de material agregado compacto (VMA)	0.000	Comportamiento cuadrático, pero incrementándose a mayor CBM

D. Decisión estadística:

Dado que el p-valor o la significancia es menor o igual a 0.05 en cada uno de los casos se rechaza la H0 y, por lo tanto, se acepta la H1.

E. Interpretación:

En la Tabla 26 se estableció que la inclusión de ceniza de bagazo de maíz altera cada una de las propiedades del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente.

F. Conclusión:

Se concluyó que la ceniza de bagazo de maíz influyó significativamente en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente: % de vacíos

con cemento asfáltico (VFA), flujo, estabilidad, densidad, resistencia a la tracción (TSR) y % de vacíos de material agregado compacto (VMA).

4.4. Discusión de resultados

El uso de materiales alternativos en la construcción de carreteras y pavimentos ha sido objeto de investigación constante en la ingeniería civil. Uno de estos materiales es la ceniza de bagazo de maíz, un subproducto agrícola que podría tener potencial como aditivo en mezclas asfálticas en caliente. Este análisis se enfoca en investigar cómo la incorporación de ceniza de bagazo de maíz afecta el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, considerando aspectos como la resistencia, la durabilidad y la capacidad de carga de la mezcla.

La creciente demanda de infraestructuras viales y la necesidad de reducir la dependencia de los recursos no renovables han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles en la construcción de carreteras. La ceniza de bagazo de maíz es un subproducto generado durante la producción de etanol a partir del maíz. Este residuo agrícola plantea un desafío de gestión debido a su volumen, pero también ofrece una oportunidad para su reutilización en aplicaciones de construcción, como las mezclas asfálticas. En términos generales, las mezclas asfálticas en caliente consisten en agregados minerales, aglutinantes bituminosos y aditivos, que se combinan para formar un material duradero y resistente capaz de soportar cargas de tráfico y condiciones climáticas adversas. La adición de ceniza de bagazo de maíz a esta mezcla podría modificar sus propiedades mecánicas, lo que impulsa la necesidad de una evaluación exhaustiva.

Respecto al primer objetivo, uno de los aspectos cruciales en el análisis del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente son las propiedades mecánicas tales como el % de vacíos cemento asfáltico (VFA), el flujo, la

estabilidad y la densidad. Los resultados de la investigación mostraron que la ceniza de bagazo de maíz influyó en las propiedades mecánicas encontrándose que el VFA y el flujo aumenta a medida que se añade un mayor porcentaje de ceniza; aunque de manera contraria ocurre con la estabilidad y la densidad. Estos hallazgos son similares a los estudios de Lizcano y Ramos (2020), Kifile et al. (2022) y Lau (2019), en cuyos casos incluyeron ceniza de cascarilla de arroz, ceniza de mazorca de maíz y cenizas de bambú, respectivamente. Es importante establecer que la ceniza presenta una composición química que consiste principalmente en óxidos de silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio y azufre. Estos componentes pueden variar en proporciones según la fuente y el método de combustión. Basándose en el contenido de óxido de calcio, la ceniza se clasifica comúnmente en clase C, con propiedades automezclantes debido a su mayor contenido de CaO, y clase F, con menor contenido de CaO y ampliamente reconocida por ser puzolana para aplicaciones de construcción.

En relación al segundo objetivo específico se determinó que incluir un mayor porcentaje de ceniza de bagazo de maíz se reduce los valores de la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica en caliente, de manera que influye en la resistencia al daño por humedad inducida (ensayo Lottman). En este caso, existe controversia entre resultados, dado que Yadav y Ray (2019) y Altamirano y Robledo (2022) encontraron que se reduce mientras que Aducci (2019) y Zambrano (2020) obtuvieron un incremento en la resistencia a la tracción. Este resultado se debe básicamente a las propiedades químicas que compone cada uno de los aditivos de ceniza, así como el porcentaje incluido. En el caso de esta investigación solo se trabajó con porcentajes de 0.5%, 2.5% y 4.0% para ceniza de bagazo de maíz de manera que no permite extrapolar un comportamiento para

porcentajes mayores; de manera que con estudios posteriores se podrá establecer la tendencia detallada.

El tercer objetivo, referido a la incorporación de agregados (grueso y fino), se obtuvo que el VMA se incrementa a razón de un mayor porcentaje de ceniza de bagazo de maíz, siendo bastante necesario, toda vez que la ceniza contiene partículas finas y actúa como un relleno mineral, llenando los espacios entre los agregados más grandes. Los resultados se respaldan bajo las investigaciones de Kifile et al. (2022), Altamirano y Robledo (2022) y Zambrano (2020). De esta forma se ha encontrado que la ceniza de bagazo de maíz cumple con propiedades que contribuyen con completar los vacíos mejorando las propiedades de VMA y VFA, principalmente.

Finalmente, la ceniza de bagazo de maíz influye en modificar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, y se respalda con estudios de investigación. Lizcano y Ramos (2020) modificó las propiedades físico-mecánicas con ceniza de cascarilla de arroz; asimismo, Kifile et al. (2022) empleó ceniza de mazorca de maíz como relleno para alterar las propiedades. Por otra parte, Lau (2019) logró variar las propiedades con ceniza de bambú y Yadav y Ray (2019) aprovecharon la sílice de la ceniza de fibra residual de caña de azúcar para modificar las propiedades de la mezcla asfáltica. Un estudio similar, Adatao (2019) concluyó que la ceniza de tallos de maíz tiene un efecto favorable en el desempeño mecánico del ligante asfáltico, siendo la proporción más óptima de 0.5%. Asimismo, investigaciones como Zambrano (2020) y Altamirano y Robledo (2022) ofrecen soporte sobre el estudio. También es posible remarcar que la ceniza de plantas orgánicas no solo modifica las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, sino también tiene implicancias sobre el concreto tal como se observa en

las investigaciones de Ramos (2022) y Osorio (2022), de manera que su aplicación puede realizarse en diferentes contextos, solo es necesario realizar más estudios antes de empezar su uso a gran escala. También, se ha podido determinar que la muestra patrón + 2.5% de ceniza de bagazo de maíz contiene propiedades similares o mejores que la muestra patrón, de manera que es recomendable su aplicación en la construcción de asfaltos.

En general, el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con ceniza de bagazo de maíz es un campo de estudio prometedor en la ingeniería civil. La incorporación de este subproducto agrícola plantea interrogantes significativos sobre la resistencia, la durabilidad, la trabajabilidad y otros aspectos clave de la mezcla. A medida que la industria busca soluciones más sostenibles y eficientes, es crucial abordar estas interrogantes con investigaciones exhaustivas y pruebas en campo para garantizar que la ceniza de bagazo de maíz pueda utilizarse de manera efectiva y segura en la construcción de carreteras y pavimentos.

CONCLUSIONES

- Se concluye que la ceniza de bagazo de maíz influyó significativamente el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco. Se determinó, con un nivel de significancia del 0.05, que las propiedades evaluadas % de vacíos cemento asfáltico (VFA), flujo, estabilidad, densidad, resistencia a la tracción (TSR) y % de vacíos de material agregado compacto (VMA) presentaron variaciones a medida que se agregó un mayor porcentaje de ceniza de bagazo de maíz en la muestra patrón (cuyo asfalto óptimo fue a un 6.1%). Los resultados más alentadores se muestran en el VFA y VMA los cuales aumentan a medida que el porcentaje de ceniza crece siendo un incremento de 7.3% y 6.4%, respectivamente, cuando se tiene un 4.0% de ceniza de bagazo de maíz en la muestra patrón. Asimismo, considerando los porcentajes evaluados se estableció que el patrón + 2.5% de ceniza de bagazo de maíz presentó propiedades similares o mejores que la muestra patrón.
- La evaluación demostró que la ceniza de bagazo de maíz influyó de manera significativa en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco. Al añadir un 0.5% de ceniza de bagazo de maíz en el diseño patrón contrae significativamente el VFA; pero retorna a su valor inicial ya sea con un 2.5% o 4.0% de ceniza de bagazo de maíz, aunque con una mayor dispersión. En relación al flujo, este se ve incrementado a medida que aumenta el porcentaje de ceniza de bagazo de maíz en la muestra. Respecto a la estabilidad su comportamiento fue variable, aunque su tendencia es ligeramente a la baja a medida que se añade ceniza de bagazo de maíz en la muestra patrón. Y con la densidad se observa un patrón a reducirse a mayor porcentaje de ceniza de bagazo

de maíz, esto se observó de manera resaltante con un 4.0% de ceniza de bagazo de maíz

- El análisis estableció que la ceniza de bagazo de maíz influyó significativamente en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco. Se encontró que la resistencia al daño por humedad inducida se contrae al incorporar ceniza de bagazo de maíz en la muestra patrón (una reducción de 24.7% con una adición de 4.0% de ceniza), incluso ninguno de los tres porcentajes pudo acercarse al valor de la muestra patrón.
- Se encontró que la ceniza de bagazo de maíz influyó de forma significativa en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco. El % de vacíos de material agregado compacto (VMA) se modificó con la incorporación de ceniza de bagazo de maíz en la muestra patrón; sin embargo, su comportamiento es cuadrático dado que al incluir un 0.5% de ceniza de bagazo de maíz se reduce el VMA, aunque luego se incrementa a medida que aumenta el porcentaje de ceniza de bagazo de maíz, obteniéndose un 6.4% más para el caso de muestra patrón + 4.0% de ceniza de bagazo de maíz.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión realice la publicación de esta tesis para que sea un referente en el proceso constructivo de carreteras a nivel de asfalto; así como ser un precedente dentro de la literatura científica, de manera que se realicen estudios similares.
- Se recomienda que se amplíe y profundice la investigación considerando una variabilidad mayor de porcentaje de ceniza bagazo de maíz o incluir más otros aditivos que provean características puzolánicas más consistentes y sean de provecho para el diseño de mezclas asfálticas en caliente.
- Se debería tomar con sumo cuidado la interpretación de los resultados, dado que los hallazgos corresponden a un estudio bajo ciertos supuestos y condiciones que permitieron alcanzar los objetivos. En caso de réplica, se debería considerar realizar un diseño patrón de mezcla asfáltica bajo las características del tipo de asfalto, características de los agregados, así como las proporciones de agua y cal. Variaciones en cada uno de estos componentes pueden alterar los resultados de investigación, aunque no significativamente pero sí relativamente.
- Se recomienda su difusión a fin de que sea motivo de debate entre los estudiantes, docentes y profesionales de la carrera de Ingeniería Civil y afines, con el objetivo de obtener investigaciones futuras sólidas que respalden o contraríen los hallazgos obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AASHTO. (2001). *Resistance to plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus T 245_97 (2001)*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2008). *AASHTO T 324: Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA)*. The American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2015). *AASHTO T 283-14: Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage*. The American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Abdul, H. I., Hussein, I. A., Parvez, M. A., & Shawabkeh, R. A. (2014). Use of modified oil fly ash to enhance asphalt concrete performance. *Materials and Structures*, 48(10), 3231–3240. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0393-5>
- Adauto, R. E. (2019). *Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz*. Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, Lima.
- Altamirano, J., & Robledo, K. S. (2022). *Influencia de la ceniza de paja de arroz en las propiedades físicas mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Jaén 2022*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Moyobamba.
- ASTM. (2015). *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures*. American Society for Testing and Materials International.
- ASTM. (2019). *ASTM C311: Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete*. American Society for Testing and Materials.

- Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Grupo Editorial Patria.
Retrieved Abril 5, 2022, from <https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipo+de+investigacion+aplicada&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj0mLXz4tD0AhU3H7kGHRcgDTgQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q&f=false>
- Chachi, Z. Y. (2019). *Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz*. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Chen, Z. Y. (2019). Properties of asphalt binder modified by corn stalk fiber. . *Construction and Building Materials*, 212(10), 225–235.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.329>
- Chic, W. J. (2014). *Diseño, construcción y evaluación de un elemento constructivo para vivienda utilizando cañas de maíz*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Delgado, H. (2020). *Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito*. Secretaría de comunicaciones y transportes. Instituto mexicano del transporte.
- Drescher, A., Kim, J., & Newcomb, D. (1993). Permanent Deformation in Asphalt Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 5(1), 112-128.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1993\)5:1\(112\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1993)5:1(112))
- Duxson, P., Fernández, A., Provis, J. L., Lukey, G. C., Palomo, A., & Deventer, J. S. (2006). Geopolymer technology: the current state of the art. *Journal of Materials Science*, 42(9), 2917–2933. <https://doi.org/10.1007/s10853-006-0637-z>
- El, K. (2020). *Modified Marshall Mix Design Method for Asphalt Roads in Hot and Arid Climate*. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC .

- Epule, T., Chehbouni, A., & Dhiba, D. (2022). Recent Patterns in Maize Yield and Harvest Area across Africa. *agronomy*, 12(374). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020374>
- Gabriel, J. M., & Hurtado, K. K. (2019). *Análisis de la Degradación de la Carpeta Asfáltica en la Carretera Yanahuanca – Cerro de Pasco usando el Método Mecánico*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Garavito, J. (2011). *Fatiga*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- IMT. (2020, Diciembre 11). *Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito*. Retrieved from Gobierno de México: <https://www.gob.mx/imt/es/articulos/disenio-de-mezclas-asfalticas-densas-en-caliente-en-funcion-del-nivel-de-transito?idiom=es>
- INIFAP. (2017). *Recomendaciones para la producción de grano y forraje de maíz bajo riego en durango*. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación.
- Instituto Chileno del Asfalto. (1992). *Principios de construcción de pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*. Asphalt Institute.
- Kalaitzaki, E., Kollaros, G., & Athanasopoulou, A. (2015). Influence of aggregate gradation on hma mixes stability. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, 4(2), 13–22. <https://doi.org/10.1515/rjti-2015-0034>
- Kifile, D., Getu, N., Mesfin, A., Yifru, W., & Sewunet, A. (2022). Evaluation of Maize Cob Ash as Filler in Hot-Mix Asphalt Concrete Production. *International Journal*

of Pavement Research and Technology, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s42947-021-00150-x>

- Kringos, N. &. (2008). Physical and mechanical moisture susceptibility of asphaltic mixtures. *International Journal of Solids and Structures*, 45(9), 2671–2685. doi:10.1016/j.ijsolstr.2007.12.017 . *International Journal of Solids and Structures*, 45(9), 2671–2685. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2007.12.017>
- Lau, H. G. (2019). “*Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima – 2019*”. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, Lima.
- Liang, R. (2008). *Refine AASHTO T283 Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage for Superpave*. U.S. Department of Transportation.
- Lino, J. (2009). *Metodología de la Investigación científica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Retrieved Abril 5, 2022
- Lizcano, O., & Ramos, D. A. (2020). *Estudio del comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas modificadas con llenante mineral de ceniza de la cascarilla resultante de la molienda del arroz*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogota.
- Lucas, J., Babadopulos, L., & Soares, J. (2019). Resistance to Moisture-Induced Damage of Asphalt Mixtures and Aggregate-Binder Interfaces. *Rilem*, 20, 248–253. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00476-7_39
- Mariano, G. M. (2021). “*Mezcla asfáltica SMA, fibra, ceniza del bagazo de caña de azúcar y su desempeño mecánico.*”. Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado , Lima.

- Miranda, R. J. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Universidad Austral de Chile.
- Mistry, R., & Kumar, T. (2020). Predicting Marshall stability and flow of bituminous mix containing waste fillers by the adaptive neuro-fuzzy inference system. *Revista de la Construcción*, 19(2), 209-219.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.19.2.209>
- Mohammed, H. (2013). Behavior of permanent deformation in Asphalt concrete pavements under temperature variation. *Al-Qadisiya Journal For Engineering Sciences*, 6(1), 62-70.
- Mohlala, L. M., Bodunrin, M. O., Awosusi, A. A., Cele, N. P., & Olubambi, P. A. (2016). Beneficiation of corncob and sugarcane bagasse for energy generation and materials development in Nigeria and South Africa: A short overview. *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 3025-3036.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.05.014>
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Viceministerio de Transportes.
- Mundt, D. J., Marano, K. M., Nunes, A. P., & Adams, R. C. (2009). A Review of Changes in Composition of Hot Mix Asphalt in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6(11), 714-725.
<https://doi.org/10.1080/15459620903249125>
- Nega, A., Nikraz, H., Leek, C., & Ghadimi, B. (2013). Pavement Materials Characterization of Hot-Mix Asphalt Mixes in Western Australia. *Advanced Materials Research*, 723, 434-443.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.723.434>
- Newcomb, D., & Zhou, F. (2018). *Balanced Design of Asphalt Mixtures*. Department of transportation. Retrieved from <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/36534>

- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U. Retrieved April 5, 2022, from https://books.google.com.pe/books?id=VzOjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=ficha+de+observacion+instrumento+de+investigaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdl_rTkdL0AhW5HrkGHQpJDO4Q6AF6BAgLEA1#v=onepage&q&f=false
- Ogundipe, O. M. (2016). Marshall Stability and Flow of Lime-modified Asphalt Concrete. *Transportation Research Procedia*, 14, 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.333>
- Osorio, M. (2022). “*Influencia de cenizas de carbón de madera de eucalipto en la resistencia de concreto estructural $f'c$ 210 Kg/cm² en Pasco 2021*”. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, Cerro de Pasco.
- Padilla, A. (2004). *Mezclas Asfálticas*. UPC.
- Pincay, J., Zuñiga, A., & Córdova, F. (2018). *Análisis comparativo entre la aplicación de Metodología RAMCODES y el método Marshall como alternativa para la obtención del contenido óptimo de asfalto para el diseño de mezclas asfálticas*. Grupo Compás. Retrieved April 4, 2022, from http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/203/1/Libro%205_corregido.pdf
- Potti, J. J. (2007). *Carreteras. Mezclas bituminosas*. Asociación Española de la Carretera.
- Qiao, Y., Dawson, A. R., Parry, T., Flintsch, G., & Wang, W. (2020). Flexible Pavements and Climate Change: A Comprehensive Review and Implications. *Sustainability*, 12(3), 1057. <https://doi.org/10.3390/su12031057>

- Ramos, R. S. (2022). “*Efecto de la incorporación de cenizas de ichu en la elaboración de concreto estructural en el distrito de Chaupimarca, Pasco 2021*”. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, Cerro de Pasco.
- Roberts, F. L., Kandhal, & P. S. (1996). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. NAPA Education Foundation.
- Rondón, H., Pinzón, M., Reyes, F., Vacca, H., Moreno, L., & Vargas, X. (2008). Influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá sobre la estabilidad y el flujo Marshall de una mezcla densa en caliente. *Studiositas. Bogotá (Colombia)*, III(2), 60-66. Retrieved Abril 4, 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3717361.pdf>
- Saha, J., Nassiri, S., Bayat, A., & Soleymani, H. (2012). Evaluation of the effects of Canadian climate conditions on the MEPDG predictions for flexible pavement performance. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(5), 392–401. <https://doi.org/10.1080/10298>
- Sánchez, H., & Reyes, C. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Sargent, P. (2015). The development of alkali-activated mixtures for soil stabilisation. *Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes* , 555–604. <https://doi.org/10.1533/9781782422884.4.555>
- Schlegel, T., Puiatti, D., Ritter, H.-J., Lesueur, D., Denayer, C., & Shtiza, A. (2016). The limits of partial life cycle assessment studies in road construction practices: A case study on the use of hydrated lime in Hot Mix Asphalt. *Transportation Research Part D*, 48, 141-160. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.005>

- Schmer, M., Brown, R., Jin, V., Mitchell, R., & Redfearn, D. (2017). Corn Residue Use by Livestock in the United States. *Agricultural & Environmental Letters*, 2(1), 1-4. <https://doi.org/10.2134/ael2016.10.0043>
- Subedi, K. D., & Ma, B. L. (2009). *Corn Crop Production Growth, Fertilization and Yield*. Nova Science Publishers, Inc. <https://doi.org/10.13140/2.1.3515.9040>
- Suriano, I. M. (2018). “*Mezcla asfáltica en caliente por método Marshall adicionando cenizas volantes*”. Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería , Guatemala.
- Tahami, S. A., Arabani, M., & Foroutan Mirhosseini, A. (2018). Usage of two biomass ashes as filler in hot mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 170, 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.102>
- Tsai, B.-W. C. (2016). Evaluation of AASHTO T 324 Hamburg-Wheel Track Device test. *Construction and Building Materials*, 114, 248–260. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.171>
- Xue, Y., Hou, H., Zhu, S., & Zha, J. (2019). Utilization of municipal solid waste incineration ash in stone mastic asphalt mixture: Pavement performance and environmental impact. *Construction and Building Materials*, 23(2), 989–996. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.05.009>
- Yadav, S., & Ray, D. S. (2019). Utilization of Sugarcane Bagasse Ash in Bitumen. *Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8(4), 479-481. <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS040357>
- Yuan, X. (2009). *Evaluation of engineering properties of hot mix asphalt concrete for the mechanistica-empirical pavement design*. Spring Semester: Florida State University.

- Zajac, G., Maj, G., Szyszlak-Bargłowicz, J., Słowik, T. K., Gołębiowski, W., & Dębowski, M. (2020). Evaluation of the Properties and Usefulness of Ashes from the Corn Grain Drying Process Biomass. *Energies*, 13(5), 1290. <https://doi.org/10.3390/en13051290>
- Zambrano, A. A. (2020). “Adición de ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánica-dinámicas de asfalto para reparación en Carabayllo 2019”. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Zhang, H. (2020). *Asphalt and Asphalt Mixtures*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80164>
- Zhang, Y., Sun, L., & Liu, L. (2020). Performance-based design of hard asphalt mixtures based on different compaction effort variable. *Construction and Building Materials*, 254(119240). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119240>

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

UNIVERSIDAD NACIONAL ALCIDES CARRIÓN			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
FICHA DE OBSERVACIÓN			
COMPORTAMIENTO MECANICO DE HMA			
MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE			
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"		
NOMBRE DE LA VÍA:			
UNIDAD DE MUESTRA :			
PROGRESIVA INICIAL (Km) :			
PROGRESIVA FINAL (Km) :			
ANCHO DE VÍA (m) :		EVALUADOR:	
ÁREA DE LA UNIDAD (m2) :		FECHA :	

N°	Indicadores	Unidad
1	Cantidad de ceniza	%
2	Composición química	%
3	Estructura amorfa	
4	Estabilidad	
5	Flujo	mm
6	Resistencia al daño por humedad inducida	kg
7	Congelamiento	
8	Puesto en baño María	
9	Deformación permanente	m
10	Granulometría de agregados	m

MEZCLA	TRATAMIENTO (% de ceniza)	COMPOSICIÓN QUÍMICA			ESTABILIDAD	FLUJO	RESISTENCIA POR DAÑO DE HUMEDAD	CONGELAMIENTO	DEFORMACIÓN
		Al2O3	Fe2O3	SiO4					
Muestra 1	0.00%								
Muestra 2	0.50%								
Muestra 3	2.50%								
Muestra 4	4%								

OBSERVACIONES:

Anexo 2. Pruebas de los ensayos

Control de calidad

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 053-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

MÉTODO

NTP 339.129:1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

LÍMITE DE ATTEMBERG PASANTE POR LA MALLA 200 - MÉTODO (4 PUNTOS)

Página 1 de 1

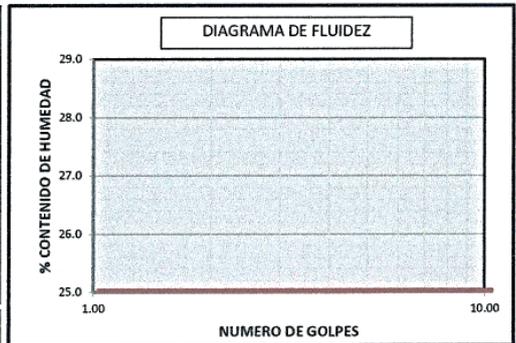
CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023 **CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : MUESTRA DE AGREGADO FINO, EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01 **PROCEDENCIA DE LA MUESTRA** : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No	1	2	3	4	1	2
TARA No	J-27	EGT-128	K-4	K-7	K-J	L-23
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NUMERO DE GOLPES						

RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICIDAD (%)	N.P.

10	20	30	40	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.



CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-31
TEMPERATURA AMBIENTE : 14.5 °C
HUMEDAD RELATIVA : 37%
DIRECCIÓN DEL LABORATORIO : AV. MARISSAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-014 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

Fin de página

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP. 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de págr

EXPEDIENTE N° : 054-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

MÉTODO

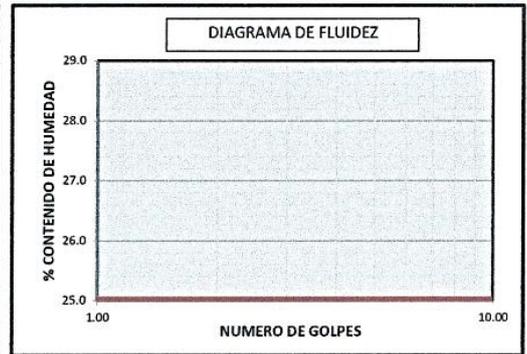
NTP 339.129:1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

LÍMITE DE ATTEMBERG PASANTE POR LA MALLA 40 - MÉTODO (4 PUNTOS)

Página 1 de

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023 **CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : MUESTRA DE AGREGADO FINO, EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01 **PROCEDENCIA DE LA MUESTRA** : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No						
TARA No	DANI-4	DANI-6	DANI-7	P-1	P-4	LAD-08
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NUMERO DE GOLPES						



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LIMITE LIQUIDO (%)		N.P.
LIMITE PLASTICO (%)		N.P.
INDICE PLASTICIDAD (%)		N.P.

10	20	30	40	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-31
 TEMPERATURA AMBIENTE : 15.1 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 35%
 DIRECCIÓN DEL LABORATORIO : AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-013 REV.02 FECHA: 2021/09/11
 INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página:

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 056-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

CÓDIGO : NTP 339.146:2000
TÍTULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TÍTULO (EN) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

EQUIVALENTE DE ARENA : 73 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-29
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-29
TEMPERATURA AMBIENTE : 18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA : 63%

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
CHEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Duenas
INGENIERO CIVIL
CIP. 70489

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-008 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDIA ARIAS

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 055-2023-AP

PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"

UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO

FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023

FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

IMPUREZAS ORGÁNICAS - MTC E 213:2016

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023

CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342

FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGÁNICA N°
5	➔ 1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADO EN LA PLACA ORGÁNICA N° : 1

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30

FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-31

TEMPERATURA AMBIENTE : 17.1 °C

HUMEDAD RELATIVA : 42%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-016 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP-70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 046-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

Código : MTC E 207-2016
Título : AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ANGELES

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AG-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO, EN 6 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 300 kg APROX.
PROCEDECENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

Gradación	B
No. de esferas	11
No. de revoluciones	500
Peso de muestra inicial (g)	5003.5
Peso que pasa tamiz N° 12 (g)	669.0
DESGASTE %	13.37

DATOS SOBRE: GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS				MASA Y GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA			
PASANTE		RETENIDO		A	B	C	D
mm	in	mm	in				
76.1	3	64	2 1/2				
64	2 1/2	50.8	2				
50.8	2	38.1	1 1/2				
38.1	1 1/2	25.4	1	1250.0			
25.4	1	19	3/4	1250.0			
19	3/4	12.7	1/2	1250.0	2503.5		
12.7	1/2	9.5	3/8	1250.0	2500.0		
9.5	3/8	6.3	1/4			2500.0	
6.3	1/4	4.8	No 4			2500.0	
4.8	No 4	2.4	No 8				5000.0
NÚMERO DE ESFERAS				12	11	8	6
NÚMERO DE REVOLUCIONES				500	500	500	500

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 17 °C
HUMEDAD RELATIVA : 38%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-001 REV.04 FECHA: 2022/02/22

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 045-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCION : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

AZUL DE METILENO - AASTHO TP 330.07

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

AZUL DE METILENO : 1.00 mg/g

$$\text{Valor de Azul de Metileno (VA)} = \frac{C \times V}{W}$$

C = Concentración de la solución de Azul de Metileno, en mg de azul por ml disolución.

V = ml de solución de Azul de Metileno requerida en la titulación.

W = gramos de material seco utilizado en la prueba.

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 19.1 °C
HUMEDAD RELATIVA : 50%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-009 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDIA ARIAS

Fin de página

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP: 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 051-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

SALES SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152 REV. 2015

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AG-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : EN 6 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 300 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO, NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

CONTENIDO : **0.24** %

CONTENIDO : **2415** PPM

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 19.4 °C
HUMEDAD RELATIVA : 49%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-006 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDIA ARIAS

fin de página
INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 048-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

SALES SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152 REV. 2015

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

CONTENIDO : 0.20 %

CONTENIDO : 2040 PPM

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 19.4 °C
HUMEDAD RELATIVA : 49%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-006 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Duenas
INGENIERO CIVIL
DIP. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE : 044-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS, ALARGADAS, O PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
MTC E 223:2016

Página 1 de 2

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AG-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO, EN 6 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 300 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

MUESTRA : AG-01 - MUESTRA DE 3/8"

PESO DE LA MUESTRA - CHATAS	:	1002.2	g
PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS	:	1002.2	g
PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS	:	3.40	g
PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS	:	83.30	g

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS:	0.34%
PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS:	8.31%

MUESTRA : AG-01 - MUESTRA DE 1/2"

PESO DE LA MUESTRA - CHATAS	:	2047.5	g
PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS	:	2047.5	g
PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS	:	8.10	g
PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS	:	18.60	g

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS:	0.40%
PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS:	0.91%

Fin de página


 INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE : 044-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCION : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS, ALARGADAS, O PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
MTC E 223:2016

Página 2 de 2

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023

MUESTRA : AG-01 - MUESTRA DE 3/4"

PESO DE LA MUESTRA - CHATAS	:	3153.1	g
PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS	:	3153.1	g
PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS	:	8.30	g
PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS	:	8.30	g

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS:	0.26%
PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS:	0.26%

CONDICIONES AMBIENTALES

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 21.7 °C
HUMEDAD RELATIVA : 30%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-002 REV.03 FECHA: 2022/02/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDIA ARIAS

Fin de página


INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP. 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 070-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE JUNIO DEL 2023

ENSAYO DE ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO**RIEDEL - WEBER)****MTC E 220 -2012**

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

RESULTADO ADHESIVIDAD : 9

Molaridad	G de Na ₂ CO ₃ /l disolución
M/256	0,414
M/128	0,828
M/64	1,656
M/32	3,312
M/16	6,625
M/8	13,25
M/4	26,5
M/2	53,0
M/1	106,0

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-02
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-02
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16,5 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 34%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-015 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 072-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 03 DE JUNIO DEL 2023

CODIGO : NTP 400.016:2011
TÍTULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
COMITÉ : CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
TÍTULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: ANÁLISIS CUANTITATIVO MTC E209 - 2016
SULFATO DE MAGNESIO

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AF-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO FINO, EN 7 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 250 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

FRACCIÓN		PERDIDAS (%): 8.456				
PASA	RETIENE	1	2	3	4	5
		GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fracción Ensayada (g)	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	19.76	100	96.70	3.30	0.652
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8")	20.02	100	95.10	4.90	0.981
2.36 mm (N° 8")	1.18mm (N° 16")	20.13	100	92.80	7.20	1.450
1.18mm (N° 16")	600 um (n° 30")	20.00	100	87.90	12.10	2.420
600 um (N° 30")	300 um (N° 50")	20.09	100	85.30	14.70	2.954
300 um (N° 50")	150 um (N° 100)	0.00	-	-	-	-
TOTALES		100				8.456

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-29
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-02
 TEMPERATURA AMBIENTE : 22 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 27%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-003 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 071-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 03 DE JUNIO DEL 2023

CÓDIGO	: NTP 400.016:2011
TÍTULO	: AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
COMITÉ	: CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
TÍTULO (EN)	: Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: ANALISIS CUANTITATIVO - MTC E 209-2016 - NTP 400.016

SULFATO DE MAGNESIO

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AG-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO, EN 6 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 300 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

FRACCIÓN		PERDIDAS (%)					11.130	
PASA	RETIENE	1	2	3	4	5	6	7
		GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fraccion Ensayada (g)	N° de Particula	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %	N° de Particulas
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")		-		-	-	-	
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	0.00	-	17	-	-	-	
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	0.00	-	22	-	-	-	
25 mm (1")	19 mm (3/4")	45.61	670	145	562.60	16.030	7.312	
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	33.94	500	172	481.00	3.800	1.290	50
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	20.45	300	677	262.90	12.367	2.529	
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	0.00	-	715	-	-	-	
TOTALES		100	1470		1306.50		11.130	

ANÁLISIS CUALITATIVO	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPUES DEL ENSAYO - SULFATO DE MAGNESIO						
	CICLO	N° DE PARTICULAS PREENSAYO	EN BUEN ESTADO	RAJADAS	DESMORONADA	FRACTURADA	ASTILLADA
II	1	-	-	-	-	-	-
	2	50	47	-	-	3	-
	3						
	4						
	5						

FRACCIÓN 1: 37.5 mm - 25 mm
 FRACCIÓN 2: 25 mm - 19 mm
 FRACCIÓN 3: 19 mm - 12.5 mm
 FRACCIÓN 4: 12.5 mm - 9.5 mm

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-29
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-02
TEMPERATURA AMBIENTE : 22 °C
HUMEDAD RELATIVA : 27%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-004 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE : 043-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

CODIGO : ASTM D 5821
TITULO : PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
TITULO (EN) : PERCENTAGE OF FACES IN THE AGGREGATE FRACTURED

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS - MTC E 210

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AG-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AGREGADO GRUESO, EN 6 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 300 kg APROX.
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A(g)	B(g)	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ					
1 1/2 "	1 "	0	0	0.00%	0.00%	0.00%
1 "	3/4 "	1528.5	1446.2	94.62%	68.11%	64.44%
3/4 "	1/2 "	508.2	488.0	96.03%	22.65%	21.75%
1/2 "	3/8 "	207.4	200.4	96.62%	9.24%	8.93%
TOTAL		2,244			100%	95.12%

PORCENTAJE DE UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS : 95.12%

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A(g)	B(g)	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ					
1 1/2 "	1 "	0	0	0.00%	0.00%	0.00%
1 "	3/4 "	1528.5	1365.3	89.32%	68.11%	60.84%
3/4 "	1/2 "	508.2	426.5	83.92%	22.65%	19.01%
1/2 "	3/8 "	207.4	193.9	93.49%	9.24%	8.64%
TOTAL		2,244			100%	88.49%

PORCENTAJE DE DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS : 88.49%

A: PESO DE LA MUESTRA (g).
 B: PESO DEL MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS (g).
 C: PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS.
 D: PORCENTAJE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL.
 E: PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS.

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-30
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
TEMPERATURA AMBIENTE : 22.1 °C
HUMEDAD RELATIVA : 37%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-021 REV.03 FECHA: 2022/02/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 70460

Fin de página

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 042-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023

Página 2 de 2

A. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO - MTC E 205

TIPO DE AGREGADO : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
MUESTRA : AF-01
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 30/05/2023
FECHA DE FIN DEL ENSAYO : 31/05/2023

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	151.43
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	651.43
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA	956.76
PESO DEL AGUA	305.33
PESO DE LA ARENA SECA	489.10
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.00
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2.51
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.57
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.66
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	2.23%

A. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - MTC E-206

TIPO DE AGREGADO : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
MUESTRA : AG-01
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 30/05/2023
FECHA DE FIN DEL ENSAYO : 31/05/2023

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	8229.48
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	6268.02
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1117.00
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	5151.02
PESO DE LA MUESTRA SECA	8143.48
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2.65
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.67
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.06%

PROMEDIO DE GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.51	2.51	2.51
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.57	2.57	2.57
PESO ESPECÍFICO APARENTE (DENSIDAD DEL AGREGADO)	2.66	2.66	2.66
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	2.23%	2.23%	2.23%

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA AMBIENTE : 18.3 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 43%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : SUELOS III Y CONCRETO
 DIRECCIÓN DE LABORATORIO : AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DEL MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AC-033 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP-70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 042-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCION : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONA : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 01 DE JUNIO DEL 2023

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023

Página 1 de 2

A. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO - MTC E 205

TIPO DE AGREGADO : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
MUESTRA : AF-01
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 30/05/2023
FECHA DE FIN DEL ENSAYO : 31/05/2023

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	151.44
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	651.44
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA	956.77
PESO DEL AGUA	305.33
PESO DE LA ARENA SECA	489.11
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.00
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2.51
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.57
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.66
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	2.23%

A. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - MTC E-206

TIPO DE AGREGADO : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN : NOMBRE DE CANTERA: PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342
MUESTRA : AG-01
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 30/05/2023
FECHA DE FIN DEL ENSAYO : 31/05/2023

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	8229.50
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	6268.00
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1117.00
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	5151
PESO DE LA MUESTRA SECA	8143.50
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2.65
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.67
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.06%

PROMEDIO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.65	2.65	2.65
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2.67	2.67	2.67
PESO ESPECÍFICO APARENTE (DENSIDAD DEL AGREGADO)	2.72	2.72	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.06%	1.06%	1.06%

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA AMBIENTE : 18.1 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 44%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : SUELOS III Y CONCRETO
 DIRECCIÓN DE LABORATORIO : AV. MARIISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DEL MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AC-033 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

JEFE DE LABORATORIO

Ing. Víctor Peña Dueñas

INGENIERO CIVIL

CIP: 70489

Granulometría

FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

FECHA DEL MUESTREO : 26 DE MAYO DEL 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AG-01					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PARCIAL PASANTE	% PASANTE
(1")	25.00	0.00	0.00	2867.00	100.0%
(3/4")	19.00	0.00	0.00	2867.00	100.0%
(1/2")	12.50	2604.30	2604.30	262.70	9.16%
(3/8")	9.50	222.40	2826.70	40.30	1.41%
(N° 4)	4.75	31.30	2858.00	9.00	0.31%
(N° 10)	2.00	0.40	2858.40	8.60	0.30%
(N° 40)	0.425	2.00	2860.40	6.60	0.23%
(N° 80)	0.180	2.10	2862.50	4.50	0.16%
(N° 200)	0.075	1.00	2863.50	3.50	0.12%
PASA N° 200		3.50	2867.00	0.00	0.00%
PESO TOTAL		2867.00			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AF-01					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO FINO			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PARCIAL PASANTE	% PASANTE
(1")	25.00	0.00	0.00	2011.00	100.0%
(3/4")	19.00	0.00	0.00	2011.00	100.0%
(1/2")	12.50	33.20	33.20	1977.80	98.3%
(3/8")	9.50	65.00	98.20	1912.80	95.12%
(N° 4)	4.75	308.40	406.60	1604.40	79.78%
(N° 10)	2.00	302.80	709.40	1301.60	64.72%
(N° 40)	0.425	816.30	1525.70	485.30	24.13%
(N° 80)	0.180	451.70	1977.40	33.60	1.67%
(N° 200)	0.075	28.50	2005.90	5.10	0.25%
PASA N° 200		5.10	2011.00	0.00	0.00%
PESO TOTAL		2011.00			

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-29
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-05-30
 TEMPERATURA AMBIENTE : 20.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 35%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-010 REV.02 FECHA: 2021/09/11

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDIA ARIAS

INGENIEROS GENUINOS CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 RCP-71069

Fin de página

Ensayo de densidad de Ceniza de Bazo de Maíz

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 101-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JUNIO DEL 2023

ENSAYO DE DENSIDAD

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AD-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ, EN 1 COSTAL DE COLOR AMARILLO CON VERDE, CON UN PESO DE 10 kg APROX.

DENSIDAD : 0.348 g/cm³

m = masa
 V = volumen
 ρ = densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ensayo Rice

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 111-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 17 DE JULIO DEL 2023

CÓDIGO : MTC E 508
TÍTULO : PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

ENSAYO RICE

MTC - E 508

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MEZCLA ÓPTIMA DE CONTENIDO DE ASFALTO + CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 2.5%

MUESTRA N°	PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA A 25 °C (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA Y MUESTRA A 25 °C (g)	PESO ESPECÍFICO 25/25 °C
1	1170.11	8455.00	9130.77	2.367
2	1170.11	8455.00	9131.50	2.371
3	1170.11	8455.00	9129.40	2.360
4	1170.11	8455.00	9131.80	2.372

TIPO DE MEZCLA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
TIPO DE RECIPIENTE : TIPO A
TAMAÑO DE LA MUESTRA (g) : 1170.11
TIPO DE PROCEDIMIENTO : PESO EN EL AIRE

CONDICIONES AMBIENTALES:
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-04
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-04
TEMPERATURA AMBIENTE : 16.9 °C
HUMEDAD RELATIVA : 41%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-032 REV.00 FECHA: 2023/07/07

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPMS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 112-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 17 DE JULIO DEL 2023

CÓDIGO : MTC E 508
TÍTULO : PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

ENSAYO RICE**MTC - E 508**

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MEZCLA ÓPTIMA DE CONTENIDO DE ASFALTO + CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 4.0%

MUESTRA N°	PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA A 25 °C (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA Y MUESTRA A 25 °C (g)	PESO ESPECÍFICO 25/25 °C
1	1185.78	8455.00	9099.58	2.191
2	1185.78	8455.00	9097.10	2.181
3	1185.78	8455.00	9101.20	2.198
4	1185.78	8455.00	9101.80	2.200

TIPO DE MEZCLA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
TIPO DE RECIPIENTE : TIPO A
TAMAÑO DE LA MUESTRA (g) : 1185.78
TIPO DE PROCEDIMIENTO : PESO EN EL AIRE

CONDICIONES AMBIENTALES:
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-04
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-04
TEMPERATURA AMBIENTE : 17.3 °C
HUMEDAD RELATIVA : 40%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-032 REV.00 FECHA: 2023/07/07

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 112-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 10 DE JULIO DEL 2023

CÓDIGO : MTC E 508
TÍTULO : PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

ENSAYO RICE**MTC - E 508**

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MEZCLA ÓPTIMA DE CONTENIDO DE ASFALTO + CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 4.0%

MUESTRA N°	PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA A 25 °C (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA Y MUESTRA A 25 °C (g)	PESO ESPECÍFICO 25/25 °C
1	1185.78	8455.00	9123.65	2.293
2	1185.78	8455.00	9124.20	2.295
3	1185.78	8455.00	9122.90	2.290
4	1185.78	8455.00	9124.20	2.295

TIPO DE MEZCLA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
TIPO DE RECIPIENTE : TIPO A
TAMAÑO DE LA MUESTRA (g) : 1185.78
TIPO DE PROCEDIMIENTO : PESO EN EL AIRE

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-04
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-04
TEMPERATURA AMBIENTE : 17.3 °C
HUMEDAD RELATIVA : 40%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-032 REV.00 FECHA: 2023/07/07

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 113-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 17 DE JULIO DEL 2023

CÓDIGO : MTC E 508
TÍTULO : PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

ENSAYO RICE

MTC - E 508

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MEZCLA ÓPTIMA DE CONTENIDO DE ASFALTO + CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 0.5%

MUESTRA N°	PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA A 25 °C (g)	PESO DEL RECIPIENTE LLENO CON AGUA Y MUESTRA A 25 °C (g)	PESO ESPECÍFICO 25/25 °C
1	1165.54	8455.00	9132.26	2.387
2	1165.54	8455.00	9130.50	2.378
3	1165.54	8455.00	9134.60	2.399
4	1165.54	8455.00	9131.90	2.385

TIPO DE MEZCLA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
TIPO DE RECIPIENTE : TIPO A
TAMAÑO DE LA MUESTRA (g) : 1165.54
TIPO DE PROCEDIMIENTO : PESO EN EL AIRE

CONDICIONES AMBIENTALES:
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-04
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-04
TEMPERATURA AMBIENTE : 17.3 °C
HUMEDAD RELATIVA : 40%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-032 REV.00 FECHA: 2023/07/07

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

Fin de página

UNIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP-70489

Ensayo de densidad

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 101-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCION : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JUNIO DEL 2023

ENSAYO DE DENSIDAD

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
CÓDIGO DE LA MUESTRA : AD-01
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ, EN 1 COSTAL DE COLOR AMARILLO CON VERDE, CON UN PESO DE 10 kg APROX.

DENSIDAD : 0.348 g/cm³

m = masa
 V = volumen
 ρ = densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-28
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-28
TEMPERATURA AMBIENTE : 21.2 °C
HUMEDAD RELATIVA : 34%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCION, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACION DEL PROYECTO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-025 REV.00 FECHA: 2023/06/14

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

Fin de página

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP-70489

Ensayo Lottman: Muestra patrón

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 127-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO LOTTMAN (ASSHTO T 283)

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN

PROPORCIÓN	MUESTRA PATRÓN - MEZCLA OPTIMA 6.1%									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Diametro 1	100.01	100.15	100.45	100.13	100.17	100.21	100.31	100.41	100.16	100.17
Diametro 2	100.10	100.21	100.36	100.15	100.17	100.16	100.27	100.13	100.18	100.21
Promedio Diametro	100.06	100.18	100.41	100.14	100.17	100.19	100.29	100.27	100.17	100.19
Altura 1	64.18	64.15	64.16	64.11	64.31	64.48	64.81	64.16	64.15	65.01
Altura 2	64.21	64.16	64.26	64.21	64.28	64.56	64.71	64.16	64.21	65.15
Altura 3	64.15	64.18	64.15	64.18	64.30	64.80	64.96	64.18	64.16	65.18
Promedio altura	64.18	64.16	64.19	64.17	64.30	64.61	64.83	64.17	64.17	65.11
Factor de Corrección	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.97
Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1181.43	1185.39	1175.10	1175.53	1186.29	1175.57	1186.65	1175.06	1182.01	1198.02
Peso de la Briqueta Sumegida en el agua (gr) (C)	657.47	669.98	654.12	671.74	658.15	653.97	651.44	659.13	657.83	674.91
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1183.88	1187.08	1177.45	1176.98	1187.47	1177.14	1189.52	1177.70	1184.36	1200.18
Estabilidad (KN)	1.46	1.50	1.54	1.51	1.59	1.54	1.59	1.58	1.56	1.62
Flujo (mm)	1.85	2.17	2.10	2.54	2.27	2.02	2.18	2.09	2.20	1.77
Esfuerzo a tension kPa (Lottman)	14.47	14.86	15.21	14.96	15.72	15.15	15.57	15.63	15.45	15.81

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-14
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.6 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 37%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

Ensayo Lottman con aditivos

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 128-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO LOTTMAN (ASSHTO T 283)

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 2.5%
ADITIVOS : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MEZCLA OPTIMA 6.1% + ÓPTIMO ADT EN 2.5%									
Codigo de briqueta	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Díametro 1	100.56	100.91	100.48	100.73	100.81	100.31	100.31	100.56	100.48	100.49
Díametro 2	100.31	100.81	100.56	100.76	100.90	100.28	100.35	100.60	100.16	100.56
Promedio Diámetro	100.44	100.86	100.52	100.75	100.86	100.30	100.33	100.58	100.32	100.53
Altura 1	65.01	65.15	65.66	65.81	64.81	64.93	64.91	65.81	64.13	64.96
Altura 2	65.10	65.20	65.60	65.96	64.99	64.95	64.96	65.31	65.16	65.01
Altura 3	65.09	65.13	65.56	65.31	64.86	64.16	64.16	65.48	65.01	65.10
Promedio altura	65.07	65.16	65.61	65.69	64.89	64.68	64.68	65.53	64.77	65.02
Factor de Corrección	0.96	0.96	0.95	0.95	0.97	0.97	0.97	0.95	0.97	0.97
Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1185.87	1181.70	1173.22	1176.77	1183.39	1191.17	1181.73	1175.86	1190.86	1171.11
Peso de la Briqueta Sumegida en el agua (gr) (C)	658.64	661.93	655.88	653.32	660.60	661.62	658.92	653.24	669.89	661.95
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1188.01	1183.86	1177.07	1178.88	1185.15	1193.95	1183.38	1178.01	1193.11	1174.01
Estabilidad (KN)	1.19	1.14	1.18	1.13	1.18	1.16	1.15	1.11	1.10	1.13
Flujo (mm)	2.02	2.10	2.20	2.02	2.26	2.35	2.00	3.25	2.00	2.27
Esfuerzo a tension kPa (Lottman)	11.59	11.04	11.39	10.87	11.48	11.38	11.28	10.72	10.78	11.01

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-14
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 38%

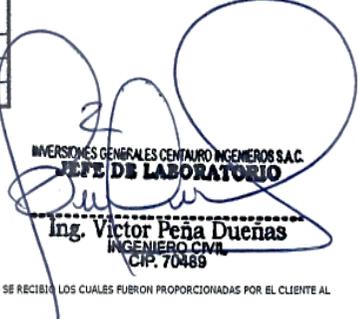
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIERON, LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

Ensayo Lottman con aditivos

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 129-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO LOTTMAN (ASSHTO T 283)

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 2.5%
ADITIVOS : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MEZCLA OPTIMA 6.1% + ÓPTIMO ADT EN 2.5%									
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Codigo de briqueta										
Díametro 1	100.37	100.48	100.46	100.77	100.81	100.76	100.37	100.17	100.56	100.48
Díametro 2	100.96	100.56	100.50	100.81	100.83	100.90	100.48	100.16	100.60	100.61
Promedio Díametro	100.67	100.52	100.48	100.79	100.82	100.83	100.43	100.17	100.58	100.55
Altura 1	64.10	65.01	64.13	64.28	64.26	64.81	65.13	65.21	65.13	65.81
Altura 2	64.15	65.11	64.15	64.18	64.16	65.01	65.16	65.13	65.18	65.90
Altura 3	64.21	65.13	64.11	64.21	64.81	65.10	65.17	65.18	65.15	65.73
Promedio altura	64.15	65.08	64.13	64.22	64.41	64.97	65.15	65.17	65.15	65.81
Factor de Corrección	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1164.68	1181.41	1180.14	1184.41	1189.58	1179.76	1158.97	1167.67	1169.68	1172.93
Peso de la Briqueta Sumegida en el agua (gr) (C)	645.91	670.47	647.67	660.45	660.39	659.01	654.41	650.33	652.02	659.15
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1167.22	1183.01	1184.75	1192.42	1189.37	1161.86	1160.95	1169.09	1172.12	1174.97
Estabilidad (KN)	1.07	1.18	1.18	1.18	1.13	1.17	1.14	1.17	1.13	1.16
Flujo (mm)	2.26	2.20	2.36	2.27	2.01	2.08	2.20	2.52	2.53	2.10
Esfuerzo a tensión kPa (Lottman)	10.55	11.48	11.46	11.61	11.08	11.37	11.09	11.41	10.98	11.16

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-14
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 38%

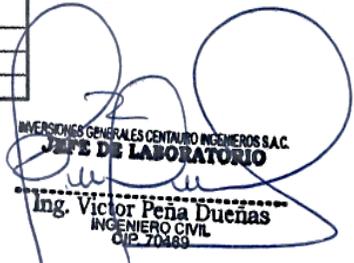
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 OIP 70469

Fin de página

Ensayo Lottman con aditivos

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 130-2023-AP
PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO LOTTMAN (ASHTO T 283)

Página 1 de 1

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ EN 2.5%
ADITIVOS : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MEZCLA OPTIMA 6.1% + ÓPTIMO ADT EN 2.5%									
	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Codigo de briqueta										
Díametro 1	100.31	100.11	100.13	100.16	100.13	100.31	100.15	100.48	100.11	100.33
Díametro 2	100.28	100.13	100.15	100.21	100.15	100.16	100.31	100.56	100.01	100.40
Promedio Diametro	100.30	100.12	100.14	100.19	100.14	100.24	100.23	100.52	100.06	100.37
Altura 1	65.13	65.16	65.13	65.21	65.38	65.40	65.31	65.81	65.79	65.96
Altura 2	65.21	65.18	65.18	65.30	65.41	65.38	65.48	65.96	65.81	65.90
Altura 3	65.13	65.13	65.13	65.45	65.40	65.41	65.21	66.01	65.90	65.78
Promedio altura	65.16	65.16	65.15	65.32	65.40	65.40	65.33	65.93	65.83	65.88
Factor de Corrección	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95
Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1197.94	1166.22	1174.44	1180.02	1180.82	1172.59	1181.95	1187.92	1172.94	1183.48
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr) (C)	662.78	642.09	662.71	656.94	653.49	655.78	656.42	652.02	659.80	651.55
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1199.95	1171.47	1176.01	1183.27	1182.45	1175.65	1188.72	1189.97	1175.01	1185.96
Estabilidad (KN)	1.20	1.19	1.17	1.21	1.19	1.15	1.17	1.21	1.18	1.19
Flujo (mm)	2.10	3.05	2.01	2.10	2.15	2.27	2.80	2.18	2.36	2.27
Esfuerzo a tension kPa (Lottman)	11.69	11.61	11.42	11.77	11.57	11.17	11.37	11.62	11.40	11.46

CONDICIONES AMBIENTALES:

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-07-14
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 38%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDÍA ARIAS


 INVERSIONES GENERALES CENTAUR INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de página

Ensayo Marshall: Muestra Patrón

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsay.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

MEZCLA ASFÁLTICA MAC-2

FÓRMULA DE TRABAJO - PARA PREPARAR PROBETAS EN LABORATORIO

Página 1 de 26

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 MÉTODO : MARSHALL
 CAPA : RODADURA
 GRADACIÓN : MAC 2
 TIPO DE ASFALTO : ASFALTO PEN 85-100
 CLASE DE MEZCLA : Mezcla tipo B

PARA DISEÑAR ÓPTIMO DE ASFALTO SIN ADITIVO
 (50 golpes por cara)
 Fabricación 150 °C
 Compactación 120-130°C

	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3	Dosificación 4	Dosificación 5	Dosificación 6
FECHA PREPAR. MATER	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023
FECHA FABRICACION:	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023	6/06/2023
Fabricación (°C)	150	150	150	150	150	150
Compactación (°C)	125	125	125	125	125	125
Masa mezcla 1 prob (gr.)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
Masa total Agregados (gr.)	1146	1140	1134	1128	1122	1116
Masa Inc. pérđ.0 % (gr.)	1146	1140	1134	1128	1122	1116
Cantidad de probetas	1	1	1	1	1	1
	Formula para laboratorio (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)
AGREGADO GRUESO	PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342 25.0%	286.5	285.0	283.5	282.0	280.5
AGREGADO FINO	PILCOMAYO, UBICACIÓN: HUANCAYO, COORDENADAS: N 8667581.542 E 473661.342 70.0%	802.2	798.0	793.8	789.6	785.4
Filler - Cal	Filler de aporte 5.0%	57.3	57.0	56.7	56.4	56.1
Total Aridos	100.0%	1,146.0	1,140.0	1,134.0	1,128.0	1,122.0
% asfalto s/m		4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Masa de asfalto (gr.)		54.0	60.0	66.0	72.0	78.0

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO, UBICACIÓN Y PROCEDENCIA DE LA MUESTRA, FECHA DE MUESTREO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS ENTREGADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: http://centauroingenieros.com/ Facebook: centauro ingenieros

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Jefe de Laboratorio
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP-70369

Fin de página

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN

PROPORCIÓN	4.5%			5.0%			5.5%			6.0%			6.5%			7.0%		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3	E-1	E-2	E-3	F-1	F-2	F-3
Codigo de briqueta																		
Diametro 1	101.81	101.90	101.70	101.30	101.80	102.80	101.90	101.90	101.90	101.80	101.50	101.60	101.80	101.80	101.80	101.80	101.80	101.80
Diametro 2	101.70	102.60	101.80	101.10	101.50	101.90	101.80	101.60	101.80	102.00	101.40	101.80	101.50	101.50	102.00	101.50	102.10	101.30
Promedio Diametro	101.78	102.25	101.75	101.20	101.65	102.35	101.85	101.75	101.85	101.90	101.45	101.70	101.65	101.65	101.90	101.65	101.95	101.45
Altura 1	69.40	70.40	66.50	66.10	65.50	66.50	64.50	65.30	65.50	70.30	64.80	64.30	66.50	65.50	65.40	67.50	65.60	63.50
Altura 2	68.30	70.10	67.30	66.50	65.20	67.10	65.10	63.80	64.30	71.40	65.90	66.10	65.50	64.50	66.80	63.40	64.30	63.50
Altura 3	69.10	70.20	66.00	66.40	64.80	67.10	64.20	65.60	66.20	70.80	64.90	62.30	65.00	63.10	64.10	63.10	64.10	65.00
Promedio altura	68.93	70.23	66.60	66.33	65.17	66.90	64.60	64.90	65.33	70.83	65.20	64.23	65.67	64.37	65.43	64.67	64.67	64.00
Factor de Corrección	0.88	0.85	0.93	0.94	0.96	0.93	0.97	0.97	0.96	0.84	0.96	0.98	0.95	0.98	0.95	0.97	0.97	0.99
Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1175.56	1178.82	1175.98	1181.29	1175.28	1188.11	1150.21	1174.18	1176.48	1176.35	1173.63	1171.11	1179.14	1167.87	1178.12	1164.22	1174.81	1167.27
Peso de la Briqueta Sumegida en el agua (gr) (C)	647.08	646.01	632.58	655.03	654.87	658.91	634.21	659.81	649.59	657.42	654.73	654.23	656.21	656.82	668.10	652.68	659.92	656.56
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1180.40	1183.12	1181.02	1187.14	1180.43	1192.48	1156.58	1179.41	1181.93	1181.40	1178.91	1176.22	1184.72	1172.21	1183.31	1169.66	1179.99	1172.72
Estabilidad (KN)	13.18	12.12	13.23	11.89	10.69	10.58	10.10	9.28	9.30	11.20	8.48	9.09	6.75	6.19	6.29	6.01	5.47	6.26
Flujo (mm)	2.24	2.23	2.43	2.76	2.43	2.47	2.97	2.73	2.43	3.38	3.85	3.07	4.17	4.29	4.03	4.41	4.58	4.12

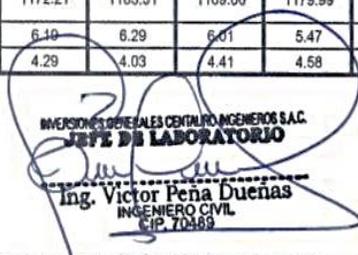
CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-06
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-07
 TEMPERATURA AMBIENTE : 15.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 46%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INVERSIONES GENERALES CENTURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2

ELABORADO : VPD
 REVISIÓN : JYAA
 TÉCNICO : YLZ

%ÓPTIMO		
ASFALTO	8.10%	%
ASF	73.2	ml
PIEDRA	281.7	g
ARENA	788.76	g
CAL	56.34	g
	1200	g

Página 3 de 26

N° DE BRIQUETAS	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3	E-1	E-2	E-3	F-1	F-2	F-3
1 % de C.A. en Peso de la Mezcla Total		4.50			5.00			5.50			6.00			6.50			7.00	
2 % de Agregado Grueso (1/2), en Peso de la Mezcla		25.00			25.00			25.00			25.00			25.00			25.00	
3 % de Arena Gruesa, en Peso de la Mezcla		70.00			70.00			70.00			70.00			70.00			70.00	
4 % de Filler Cal, en Peso de la Mezcla		5.00			5.00			5.00			5.00			5.00			5.00	
5 Peso específico del cemento asfáltico - Aparente		1.065			1.065			1.065			1.065			1.065			1.065	
6 Peso específico del Piedra Chancada (g/cm3)		2.720			2.720			2.720			2.720			2.720			2.720	
7 Peso específico de Arena gruesa (g/cm3)		2.660			2.660			2.660			2.660			2.660			2.660	
8 Peso específico del Filler (g/cm3)		2.210			2.210			2.210			2.210			2.210			2.210	
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	68.93	70.23	66.60	66.33	65.17	66.90	64.60	64.90	65.33	70.83	65.20	64.23	65.67	64.37	65.43	64.67	64.67	64.00
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1175.6	1178.8	1176.0	1181.3	1175.3	1188.1	1150.2	1174.2	1176.5	1176.4	1173.6	1171.1	1179.1	1167.9	1178.1	1184.2	1174.8	1167.3
11 Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1180.4	1183.1	1181.0	1187.1	1180.4	1192.5	1156.6	1179.4	1181.9	1181.4	1178.9	1176.2	1184.7	1172.2	1183.3	1169.7	1180.0	1172.7
12 Peso de la Briqueta sumergida + canastilla (gr)	971.1	970.1	958.6	979.1	978.9	983.0	958.3	983.9	973.6	981.5	978.8	978.3	980.3	982.9	992.2	976.7	984.0	960.6
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14 Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr) (C)	647.1	646.0	634.6	655.0	654.9	658.9	634.2	659.8	649.6	657.4	654.7	654.2	656.2	658.8	668.1	652.7	659.9	656.6
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	533.3	537.1	546.4	532.1	525.6	533.6	522.4	519.6	532.3	524.0	524.2	522.0	528.5	513.4	515.2	517.0	520.1	516.2
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	4.8	4.3	5.0	5.9	5.2	4.4	6.4	5.2	5.5	5.1	5.3	5.1	5.8	4.3	5.2	5.4	5.2	5.5
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.91	0.80	0.92	1.10	0.98	0.82	1.22	1.01	1.02	0.96	1.01	0.98	1.06	0.85	1.01	1.05	1.00	1.06
18 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) (A)/(B-1)	2.204	2.195	2.152	2.220	2.236	2.227	2.202	2.260	2.210	2.245	2.239	2.244	2.231	2.275	2.287	2.252	2.259	2.261
19 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) - PRC		2.184			2.228			2.224			2.243			2.264			2.257	
20 Peso Especifico Máximo de la Mezcla - RICE- ASTM		2.379			2.405			2.378			2.368			2.350			2.329	
21 Porcentaje de Vacios en Mezcla (%)	7.4	7.7	9.5	7.7	7.0	7.4	7.4	5.0	7.1	5.1	5.4	5.2	5.1	3.2	2.7	3.3	3.0	2.9
22 Porcentaje de Vacios en Mezcla (%) - Promedio		8.2			7.4			6.5			5.2			3.7			3.1	
23 Peso específico Bulk del Agregado Total (gr/cm3)		2.648			2.648			2.648			2.648			2.648			2.648	
24 Porcentaje de Vacios de Material Agregados comp	20.5	20.8	22.4	20.3	19.8	20.1	21.4	19.3	21.1	20.3	20.5	20.3	21.2	19.7	19.2	20.9	20.7	20.6
25 Porcentajes de Vacios en Agregados (%) - V.M.A. pr		21.2			20.1			20.6			20.4			20.0			20.7	
26 Porcentaje de Vacios llenados con C.A. (%)	64.1	62.8	57.3	62.2	64.5	63.2	65.3	74.2	66.5	74.7	73.8	74.5	76.1	83.6	85.9	84.3	85.5	86.0
27 Porcentaje de Vacios llenados con C.A. (%) - Promed		61.4			63.3			68.7			74.3			81.9			85.3	
28 Flujo (mm)	2.24	2.23	2.43	2.76	2.43	2.47	2.97	2.73	2.43	3.38	3.85	3.07	4.17	4.29	4.03	4.41	4.58	4.12
29 Flujo (0.25 mm)	8.96	8.92	9.72	11.04	9.72	9.88	11.88	10.92	9.72	13.52	15.40	12.28	18.68	17.16	16.12	17.64	18.32	16.48
29 Flujo (0.25 mm) - Promedio		9.2			10.2			10.8			13.7			16.7			17.5	
30 Estabilidad Sin Corregir (KN)	13.2	12.1	13.2	11.9	10.7	10.6	10.1	9.3	9.3	11.2	8.5	9.1	6.8	6.2	6.3	6.0	5.5	6.3
31 Factor de Estabilidad	0.88	0.85	0.93	0.94	0.96	0.93	0.97	0.97	0.96	0.84	0.96	0.98	0.95	0.98	0.95	0.97	0.97	0.99
32 Estabilidad Corregida (KN)	11.56	10.32	12.33	11.14	10.25	9.79	9.82	8.96	8.89	9.42	8.12	8.92	7.41	6.96	6.00	5.83	5.31	6.18
33 Estabilidad Corregida (KN) - promedio		11.41			10.39			9.22			8.82			6.15			5.76	
34 Relacion de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm)	5283.86	4721.13	5173.49	4115.54	4300.80	4040.20	3372.31	3344.91	3729.38	2840.38	2151.94	2983.89	1587.03	1439.44	1517.93	1349.13	1182.33	1529.98
35 Relacion de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm)		5052.83			4152.18			3482.20			2652.07			1509.13			1353.81	

HC-AP-029 REV.01 FECHA: 2021/04/05
 INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDA ARNAS

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: http://centauroringenieros.com/ Facebook: centauroringenieros
 Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com

INGENIEROS GENERALES CENTRO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO

 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

Fin de Página

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

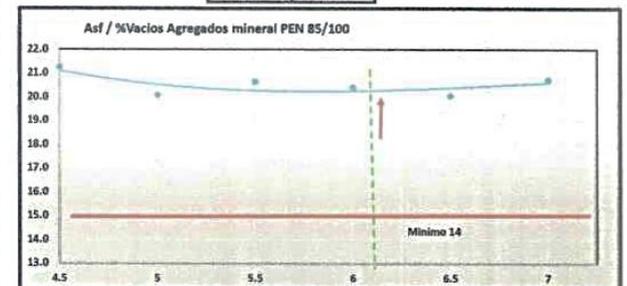
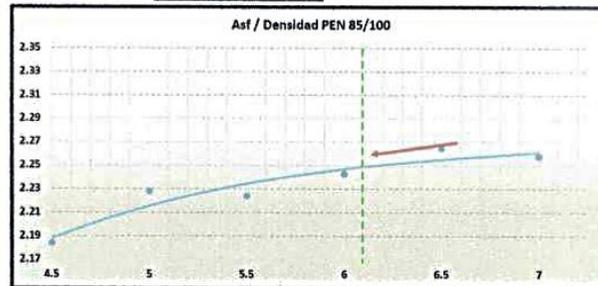
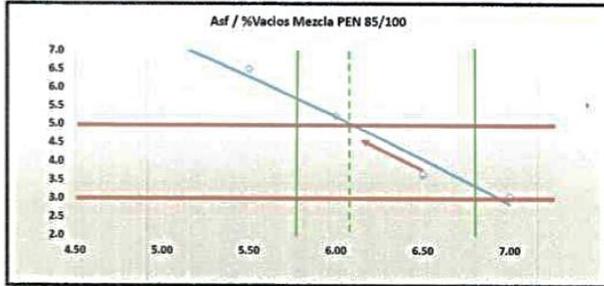
CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023

Página 4 de 26

%ASF	%Vacios-Mezcla
4.50	8.2
5.00	7.4
5.50	6.5
6.00	6.2
6.50	5.7
7.00	5.1

%ASF	Densidad
4.5	2.18
5.0	2.23
5.50	2.22
6.00	2.24
6.50	2.28
7.00	2.29

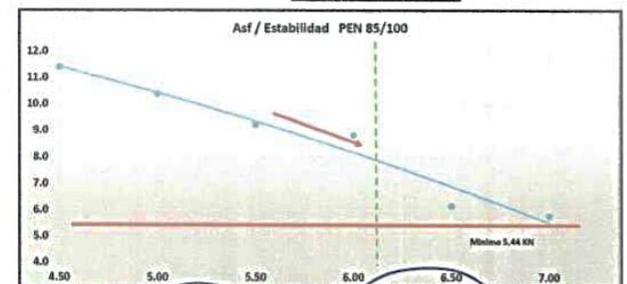
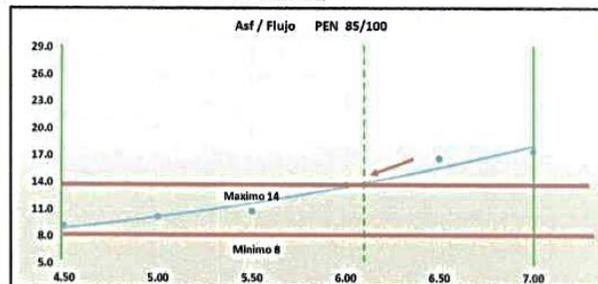
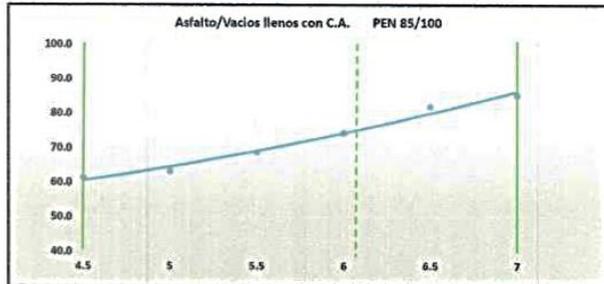
%ASF	%Vacios en el agregado mineral VMA
4.5	21.2
5	20.1
5.50	20.8
6.00	20.4
6.50	20.0
7.00	20.7



%ASF	%Vacios llenos de asfalto VFA
4.5	61.4
5	63.3
5.50	68.7
6.00	74.3
6.50	81.9
7.00	85.3

%ASF	Flujo
4.5	9.2
5	10.2
5.50	10.8
6.00	13.7
6.50	16.7
7.00	17.5

%ASF	Estabilidad
4.5	11.4
5	10.4
5.50	9.2
6.00	8.8
6.50	8.2
7.00	5.8



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUAL SI FUERON PRODUCIDAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARAÚZ

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964968015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

Fin de Página

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

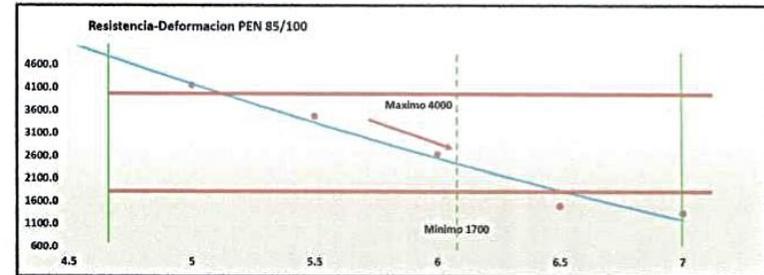
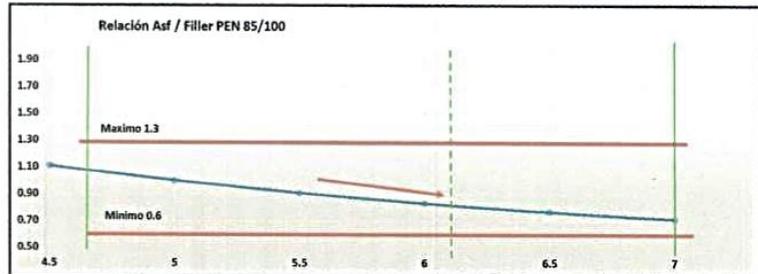
CÓDIGO DE TRABAJO

: P-206-2023

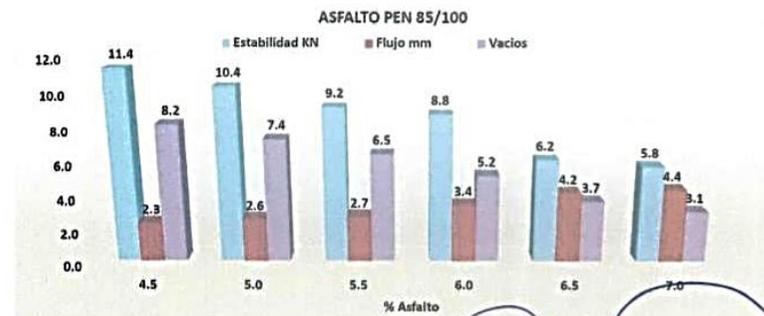
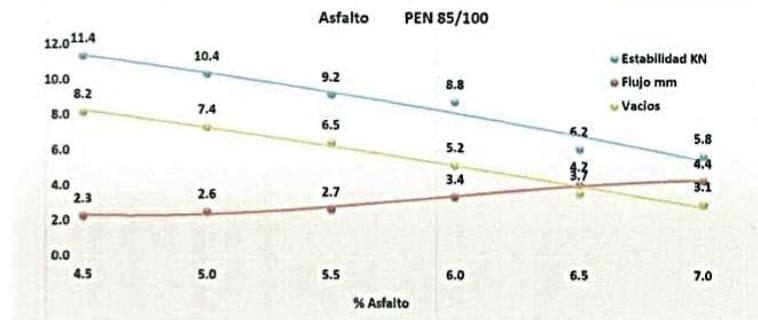
Página 5 de 28

%ASF	ASF	FILLER	Asf/Filler
4.5	54.0	60	1.1
5	60.0	60	1.0
5.50	66.0	60.00	0.9
6.00	72.0	60.00	0.8
6.50	78.0	60.00	0.8
7.00	84.0	60.00	0.7

%ASF	Estabilidad /Flujo
4.5	6032.9
5	4152.2
5.50	3482.2
6.00	2652.1
6.50	1508.1
7.00	1353.8



%ASF	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
4.5	11.4	2.3	8.2
5.0	10.4	2.6	7.4
5.5	9.2	2.7	6.5
6.0	8.8	3.4	5.2
6.5	6.2	4.2	3.7
7.0	5.8	4.4	3.1



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS RESULTADOS FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDIA ARIAS

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

ING. VICTOR PEÑA DUENAS
JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de Página

Ensayo Marshall con aditivos

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO PARA MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

Página 6 de 26

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
Código de briqueta									
Díametro 1	101.80	101.20	101.60	101.50	101.50	101.60	101.30	101.60	101.80
Díametro 2	101.60	101.60	101.30	101.70	101.80	101.65	102.10	101.80	101.70
Promedio Díametro	101.70	101.40	101.45	101.60	101.65	101.63	101.70	101.70	101.75
Altura 1	65.70	64.30	64.00	65.60	64.40	64.70	67.80	67.60	64.90
Altura 2	65.40	63.90	64.30	64.40	65.10	64.95	66.90	67.40	65.30
Altura 3	65.50	65.10	64.55	65.10	65.20	64.60	66.95	66.90	66.40
Promedio altura	65.53	64.43	64.28	65.03	64.90	64.75	67.22	67.30	65.53
Factor de Corrección	0.99	1.04	1.04	1.01	1.02	1.03	0.93	0.93	0.99
Peso de la Briqueta al aire (AF) (A)	1192.03	1186.77	1160.39	1189.09	1183.67	1188.84	1186.36	1186.35	1179.78
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (AF) (C)	679.74	668.02	650.07	665.25	668.23	666.99	650.91	634.82	656.86
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1197.21	1194.29	1166.01	1194.14	1189.01	1193.42	1191.15	1190.99	1185.81
Estabilidad (KN)	5.79	6.00	5.83	8.71	9.03	8.29	8.72	8.80	8.95
Flujo (mm)	3.60	3.50	3.66	3.82	3.74	3.85	4.28	4.20	4.35

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 57%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP-10463

Fin de página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: http://centauroingenieros.com/ Facebook: centauroingenieros

Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsosy.civil@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

N° DE BRIOLETTAS	A-10	A-11	A-12	B-10	B-11	B-12	C-10	C-11	C-12
1		0.50			2.50			4.00	
2		25.00			25.00			25.00	
3		70.00			70.00			70.00	
4		5.00			5.00			5.00	
5		1.065			1.065			1.065	
6		2.720			2.720			2.720	
7		2.860			2.860			2.860	
8		2.280			2.280			2.280	
9	64.3	64.1	64.1	66.7	66.2	66.4	70.7	67.0	66.4
10	169.7	165.4	168.9	169.4	162.0	161.0	165.3	179.3	160.3
11	169.4	160.7	167.0	165.4	167.4	166.0	168.0	164.2	165.3
12	100.9	98.0	98.7	98.3	98.9	97.3	93.9	86.1	88.6
13	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14	677.85	666.41	664.61	658.23	661.88	652.22	615.20	645.08	654.51
15	520.6	524.3	522.4	537.2	535.6	543.6	575.8	539.2	530.6
16	4.7	5.3	5.2	5.0	5.4	5.0	5.6	4.9	5.0
17	0.90	1.01	0.99	0.94	1.02	0.91	1.00	0.91	0.94
18	2.283	2.281	2.262	2.266	2.226	2.190	2.058	2.167	2.243
19		2.772			2.771			2.163	
20		2.397			2.364			2.283	
21	4.3	5.7	5.6	3.8	3.4	4.9	10.2	4.6	2.2
22		5.2			4.0			5.7	
23		2.848			2.848			2.848	
24	13.8	15.0	15.0	18.4	18.0	19.3	25.4	20.7	18.7
25	14.8			16.6				21.8	
26	68.6	62.2	62.5	78.3	80.3	74.6	59.7	77.8	68.3
27		64.4			78.4			75.3	
28	3.60	3.66	3.10	3.97	3.83	3.30	4.00	3.65	4.49
29	14.40	14.64	12.40	15.88	15.32	13.20	16.00	14.60	17.96
30		13.8			14.3			16.2	
31	6.04	6.08	6.07	6.07	6.07	6.48	6.30	6.70	6.60
32	1.04	1.05	1.05	0.95	0.97	0.98	0.79	0.94	0.98
33	6.30	6.40	6.38	6.83	6.89	6.16	7.83	6.16	6.26
34		6.38			6.96			6.08	
35	1784.39	1767.23	2100.72	2215.48	2367.98	2520.98	1695.64	2278.11	1875.23
36		1688.11			2388.14			2048.06	

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBERÁN UTILIZARSE COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURUS INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO

 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO

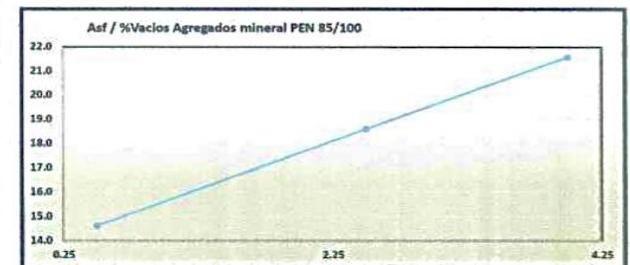
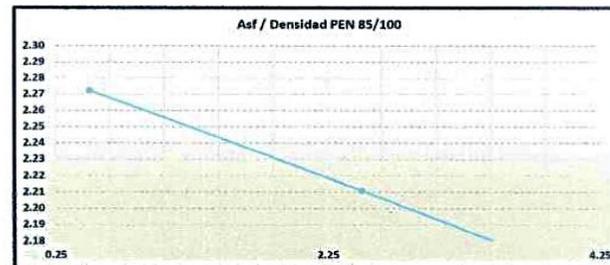
: P-206-2023

Página 8 de 26

%ADITIVO	%Vacios-Mezcla
0.50	5.2
2.50	4.0
4.00	5.7

%ADITIVO	Densidad
0.5	2.272
2.5	2.211
4	2.163

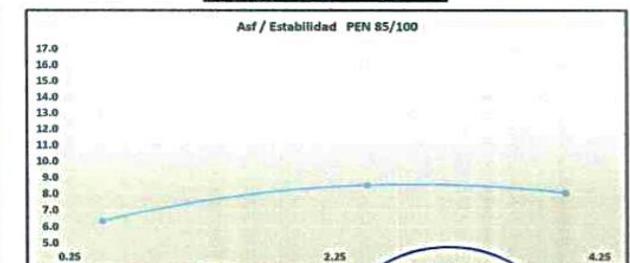
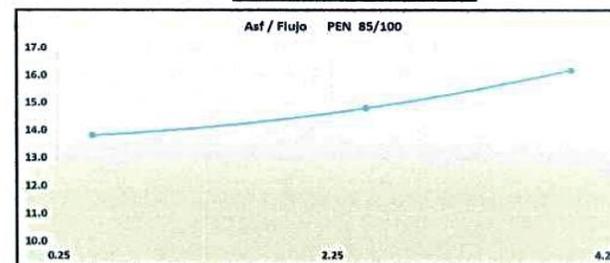
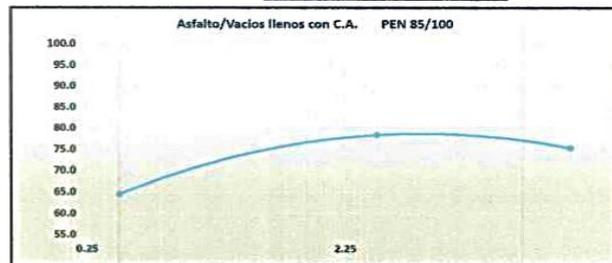
%ADITIVO	%Vacios en el agregado mineral VMA
0.5	14.6
2.5	16.6
4.00	21.6



%ADITIVO	%Vacios llenos de asfalto VFA
0.5	64.4
2.5	78.4
4.00	75.3

%ADITIVO	Flujo
0.5	13.8
2.5	14.8
4.00	16.2

%ADITIVO	Estabilidad
0.5	6.4
2.5	8.6
4.00	8.1



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIERON LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
LABORATORIO

Ing. Víctor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP. 70469

Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

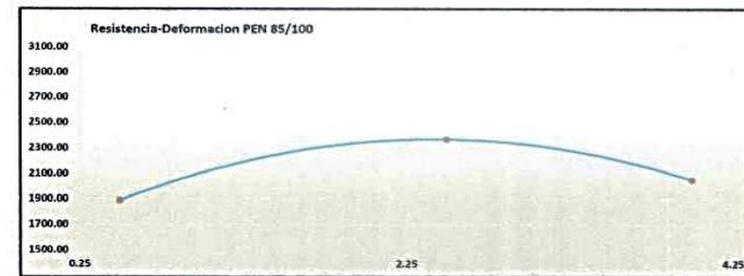
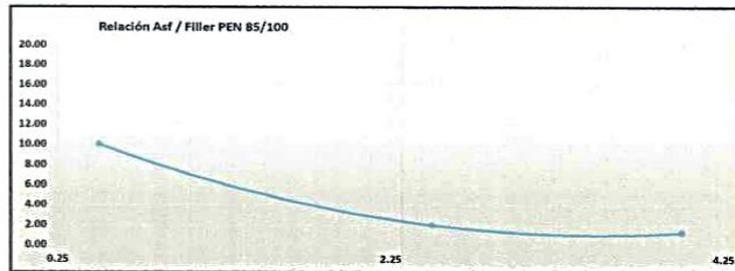
CÓDIGO DE TRABAJO

: P-206-2023

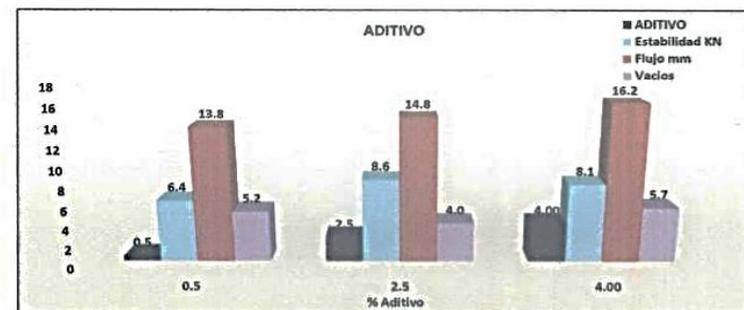
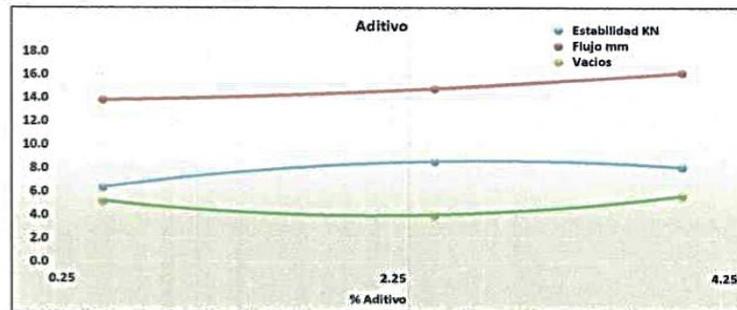
Página 9 de 26

%ADITIVO	ASF	FILLER	Ast/Filler
0.5	6.0	60	10.0
2.5	30.0	60	2.0
4.00	48.0	60	1.3

%ADITIVO	Estabilidad /Flujo
0.5	1889.11
2.5	2368.14
4.00	2049.68



ADITIVO	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
0.5	6.4	13.81	5.2
2.5	8.6	14.80	4.0
4.00	8.1	16.19	5.7



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TALLADAS Y COMO SE RECIBIERON LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS,

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO PARA MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
	A-4	A-5	A-6	B-4	B-5	B-6	C-4	C-5	C-6
Código de briquea									
Díametro 1	102.00	101.85	101.70	101.80	102.00	101.40	101.90	101.50	101.60
Díametro 2	101.80	101.75	101.50	102.00	101.80	101.45	101.40	101.30	101.40
Promedio Díametro	101.90	101.80	101.60	101.90	101.90	101.43	101.65	101.40	101.50
Altura 1	64.90	64.50	64.20	64.90	63.90	63.40	68.90	70.60	68.70
Altura 2	63.80	65.00	64.30	65.00	63.90	65.00	68.50	69.50	69.10
Altura 3	64.50	64.70	64.20	64.70	64.10	64.30	67.90	69.85	67.95
Promedio altura	64.40	64.73	64.23	64.87	63.97	64.23	68.43	69.98	68.58
Factor de Corrección	1.04	1.03	1.05	1.02	1.06	1.05	0.88	0.82	0.88
Peso de la Briquea al aire (AF) (A)	1180.74	1189.18	1180.58	1180.26	1159.68	1186.10	1188.24	1181.58	1179.68
Peso de la Briquea Sumegida en el agua (AF) (C)	659.81	672.04	663.42	658.28	651.88	679.36	637.25	613.66	637.88
Peso de la Briquea Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1185.00	1194.04	1185.51	1185.82	1164.43	1192.00	1194.41	1187.41	1183.82
Estabilidad (KN)	5.48	5.45	5.81	8.98	8.32	8.44	9.61	9.00	9.72
Flujo (mm)	3.66	3.59	3.67	3.85	3.75	3.93	4.36	4.00	4.13

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 57%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INGENIEROS GONZALES CENTENO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsuy.civil@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

N° DE BRIQUETAS	A-4	A-5	A-6	B-4	B-5	B-6	C-4	C-5	C-6
1 % de aditivo en Peso de la Mezcla Total		0.50			2.50			4.00	
2 % de Agregado Grueso (1/2), en Peso de la Mezcla		25.00			25.00			25.00	
3 % de Arena Gruesa, en Peso de la Mezcla		70.00			70.00			70.00	
4 % de Filler Cal, en Peso de la Mezcla		5.00			5.00			5.00	
5 Peso específico del cemento asfáltico - Aparente		1.065			1.065			1.065	
6 Peso específico del Piedra Chancada (g/cm3)		2.720			2.720			2.720	
7 Peso específico de Arena gruesa (g/cm3)		2.660			2.660			2.660	
8 Peso específico del Filler (g/cm3)		2.210			2.210			2.210	
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	64.4	64.7	64.2	64.9	64.0	64.2	68.4	70.0	68.6
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1180.7	1189.2	1180.6	1180.3	1159.7	1186.1	1188.2	1181.6	1179.7
11 Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1185.0	1194.0	1185.5	1185.6	1164.4	1192.0	1194.4	1187.4	1183.8
12 Peso de la Briqueta sumergida + canastilla (gr)	983.9	996.1	987.5	982.3	975.9	1003.4	961.3	937.7	961.9
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14 Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr) (C)	659.8	672.0	663.4	658.3	651.9	679.4	637.3	613.7	637.9
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	525.19	522.00	522.09	527.54	512.55	512.64	557.16	573.75	543.94
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	4.3	4.9	4.9	5.6	4.8	5.9	6.2	5.8	4.1
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.81	0.93	0.94	1.05	0.93	1.15	1.11	1.02	0.76
18 Peso Específico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) (A/(B-C))	2.248	2.278	2.261	2.237	2.263	2.314	2.133	2.059	2.161
19 Peso Específico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) - PROMED		2.263			2.271			2.118	
20 Peso Específico Máximo de la Mezcla - RICE- ASTM D 2		2.387			2.367			2.192	
21 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%)	5.8	4.6	5.3	5.5	4.4	2.2	2.7	6.0	1.4
22 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%) - Promedio		5.2			4.0			3.4	
23 Peso específico Bulk del Agregado Total (gr/cm3)		2.648			2.648			2.648	
24 Porcentaje de Vacíos de Material Agregados compactos	15.5	14.4	15.0	17.6	16.7	14.8	22.7	25.3	21.7
25 Porcentajes de Vacíos en Agregados (%)-V.M.A. prome		15.0			16.4			23.2	
26 Porcentaje de Vacíos llenados con C.A. (%)	62.5	68.3	64.9	69.0	73.7	84.9	68.1	76.2	93.5
27 Porcentaje de Vacíos llenado con C.A (%) - Promedio		65.3			75.8			85.9	
28 Flujo (mm)	3.7	3.6	3.7	3.9	3.8	3.9	4.4	4.0	4.1
29 Flujo (0.25 mm)	14.64	14.36	14.68	15.40	15.00	15.72	17.44	16.00	16.52
29 Flujo (0.25 mm) - Promedio		14.6			15.4			16.7	
30 Estabilidad Sin Corregr (KN)	5.5	5.5	5.8	9.0	8.3	8.4	9.6	9.0	9.7
31 Factor de Estabilidad	1.04	1.03	1.05	1.02	1.06	1.05	0.88	0.82	0.88
32 Estabilidad Corregrada (KN)	5.69	5.59	6.07	9.15	8.79	8.82	8.47	7.38	8.51
33 Estabilidad Corregrada (KN) - promedio		5.79			8.92			8.12	
34 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm)	1586.43	1588.31	1687.91	2422.51	2389.17	2289.76	1980.49	1882.49	2100.62
35 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm) - PROMED		1620.88			2387.15			1987.87	

INVERSIONES GENERALES CENTAURU INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 76489

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDIA ARIAS

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO

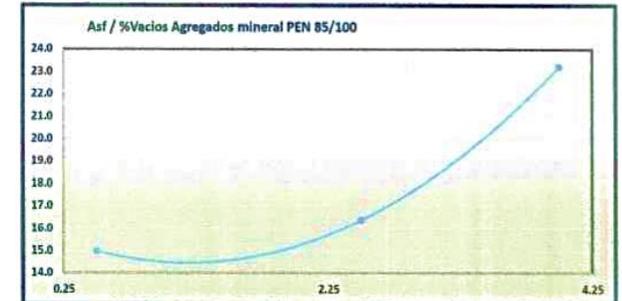
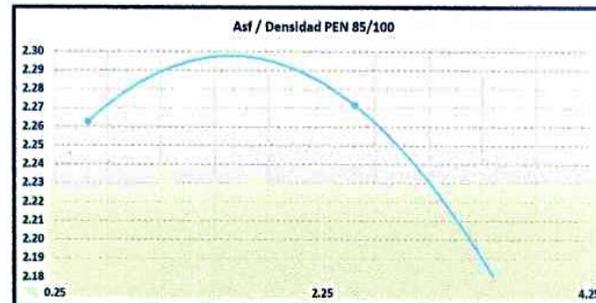
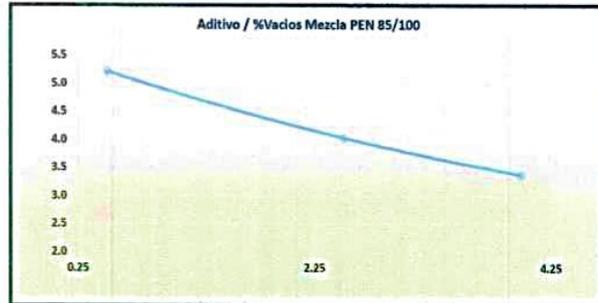
: P-206-2023

Página 12 de 26

%ADITIVO	%Vacíos-Mezcla
0.50	5.2
2.50	4.0
4.00	3.4

%ADITIVO	Densidad
0.5	2.263
2.5	2.271
4	2.118

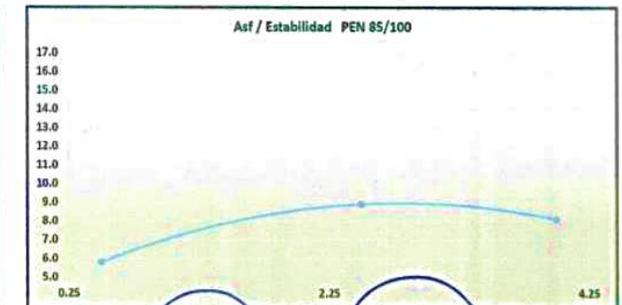
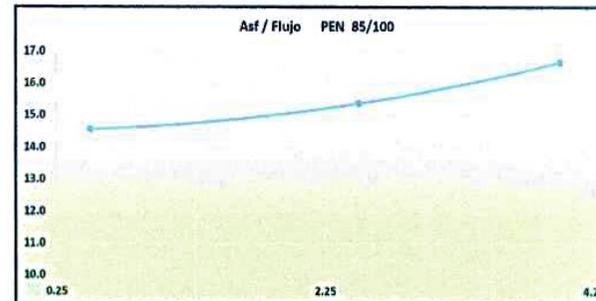
%ADITIVO	%Vacíos en el agregado mineral VMA
0.5	15.0
2.5	16.4
4.00	23.2



%ADITIVO	%Vacíos llenos de asfalto VFA
0.5	65.3
2.5	75.6
4.00	85.9

%ADITIVO	Flujo
0.5	14.6
2.5	15.4
4.00	16.7

%ADITIVO	Estabilidad
0.5	5.8
2.5	8.9
4.00	8.1



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE, LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIO LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDA ARIAS


INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Duenas
INGENIERO CIVIL
Cel. 70488

Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

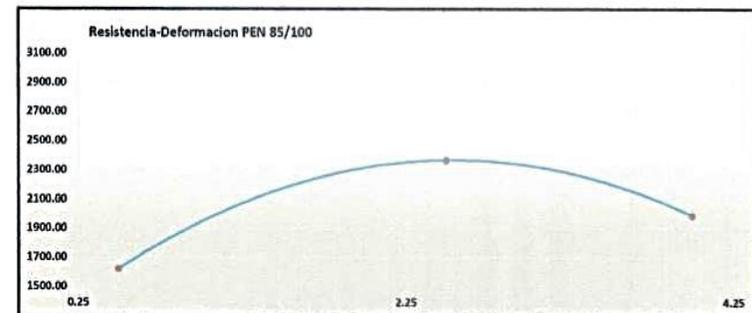
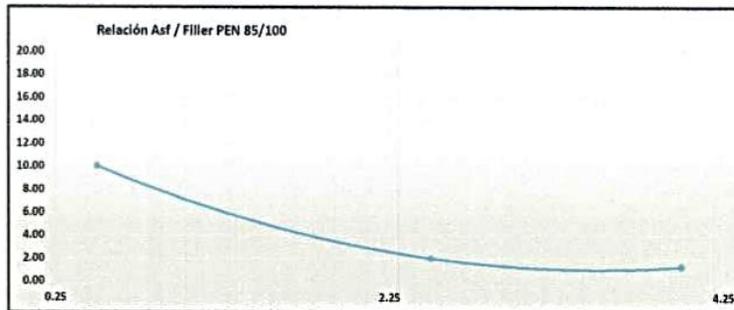
CÓDIGO DE TRABAJO

: P-206-2023

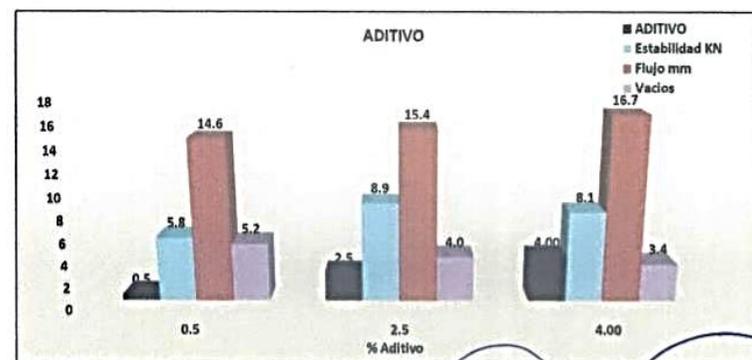
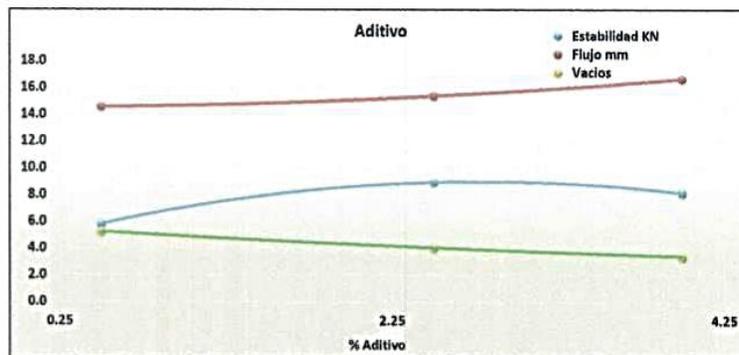
Página 13 de 26

%ADITIVO	ASF	FILLER	Asf/Filler
0.5	6.0	60	10.0
2.5	30.0	60	2.0
4.00	48.0	60	1.3

%ADITIVO	Estabilidad /Flujo
0.5	1620.88
2.5	2307.15
4.00	1967.87



ADITIVO	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
0.5	5.8	14.66	5.2
2.5	8.9	15.37	4.0
4.00	8.1	16.05	3.4



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

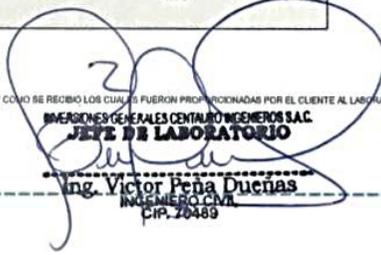
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIO LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDUAGAS


INGENIERO GENERAL CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 20489

Fin de Página

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsay.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO PARA MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

Página 14 de 26

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
	A-7	A-8	A-9	B-7	B-8	B-9	C-7	C-8	C-9
Código de briqueta									
Díametro 1	101.60	101.85	101.70	101.30	101.90	101.70	101.70	101.50	101.60
Díametro 2	101.70	101.80	101.80	101.40	102.00	102.00	101.50	101.40	102.00
Promedio Díametro	101.65	101.73	101.75	101.35	101.95	101.85	101.60	101.45	101.80
Altura 1	64.65	64.10	65.30	64.60	65.90	67.80	68.20	70.00	67.00
Altura 2	64.80	65.00	65.00	64.90	65.70	66.90	67.75	69.15	66.55
Altura 3	65.05	64.90	64.80	66.00	66.00	66.85	68.05	69.50	66.80
Promedio altura	64.83	64.67	65.03	65.17	65.87	67.18	68.00	69.55	66.78
Factor de Corrección	1.02	1.03	1.01	1.01	0.98	0.93	0.90	0.84	0.95
Peso de la Briqueta al aire (AF) (A)	1171.35	1167.39	1184.15	1191.44	1187.86	1187.56	1183.59	1193.82	1180.96
Peso de la Briqueta Sumegida en el agua (AF) (C)	653.01	652.96	663.61	675.56	657.66	644.78	639.71	649.97	641.93
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1176.88	1173.17	1189.91	1196.32	1192.51	1151.97	1189.91	1199.03	1185.75
Estabilidad (KN)	5.67	5.00	6.73	8.63	8.40	8.90	8.16	9.83	9.85
Flujo (mm)	3.60	3.70	3.63	4.00	3.90	3.86	4.20	4.30	4.45

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 57%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INGENIEROS GENERALES CENTARO INCISEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

Fin de página

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.zah@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

N° DE BRIQUETAS	A-7	A-8	A-9	B-7	B-8	B-9	C-7	C-8	C-9
1 % de aditivo en Peso de la Mezcla Total		0.50			2.50			4.00	
2 % de Agregado Grueso (1/2), en Peso de la Mezcla		25.00			25.00			25.00	
3 % de Arena Gruesa, en Peso de la Mezcla		70.00			70.00			70.00	
4 % de Filler Cal, en Peso de la Mezcla		5.00			5.00			5.00	
5 Peso específico del cemento asfáltico - Aparente		1.065			1.065			1.065	
6 Peso específico del Piedra Chancada (g/cm3)		2.720			2.720			2.720	
7 Peso específico de Arena gruesa (g/cm3)		2.660			2.660			2.660	
8 Peso específico del Filler (g/cm3)		2.210			2.210			2.210	
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	64.8	64.7	65.0	65.2	65.9	67.2	66.0	66.6	66.8
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1171.4	1167.4	1184.2	1191.4	1187.9	1187.6	1183.6	1193.8	1181.0
11 Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1176.9	1173.2	1189.9	1196.3	1192.5	1192.5	1189.9	1199.0	1185.8
12 Peso de la Briqueta sumergida + canastilla (gr)	977.1	977.0	987.7	999.6	981.7	968.8	963.8	974.0	966.0
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14 Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr) (C)	653.0	653.0	663.6	675.6	657.7	644.8	639.7	650.0	641.9
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	523.9	520.2	526.3	520.8	534.9	507.2	550.2	549.1	543.8
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	5.5	5.8	5.8	4.9	4.7	-36.6	6.3	5.2	4.8
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	1.06	1.11	1.09	0.94	0.87	-7.02	1.15	0.95	0.88
18 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (g/cm3) (A/(B-C))	2.236	2.244	2.250	2.288	2.221	2.341	2.151	2.174	2.172
19 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (g/cm3) - PROMEDIO		2.243			2.283			2.166	
20 Peso Especifico Máximo de la Mezcla - RICE- ASTM D 2		2.367			2.379			2.241	
21 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%)	5.5	5.2	4.9	3.8	6.7	1.6	4.0	3.0	3.1
22 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%) - Promedio		5.2			4.0			3.4	
23 Peso específico Bulk del Agregado Total (g/cm3)		2.648			2.648			2.648	
24 Porcentaje de Vacíos de Material Agregados compactos	16.0	15.7	15.4	15.7	16.2	13.8	22.0	21.2	21.3
25 Porcentajes de Vacíos en Agregados (%) - V.M.A. promedio		15.7			15.9			21.5	
26 Porcentaje de Vacíos llenados con C.A. (%)	65.4	66.9	66.1	75.6	63.4	68.4	61.7	65.8	65.3
27 Porcentaje de Vacíos llenado con C.A. (%) - Promedio		66.8			75.8			64.3	
28 Flujo (mm)	3.6	3.7	3.6	4.0	3.9	3.9	4.2	4.3	4.5
29 Flujo (0.25 mm)	14.4	14.8	14.5	16.0	15.6	15.4	16.8	17.2	17.8
29 Flujo (0.25 mm) - Promedio		14.8			15.7			17.3	
30 Estabilidad Sin Correir (KN)	5.7	5.0	6.7	8.6	8.4	8.9	8.2	9.8	9.6
31 Factor de Estabilidad	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9
32 Estabilidad Correida (KN)	5.80	5.14	6.83	8.71	8.25	8.26	7.33	8.23	9.32
33 Estabilidad Correida (KN) - promedio		5.92			8.41			8.29	
34 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm)	1641.55	1417.44	1917.53	2219.95	2156.00	2186.81	1779.34	1952.19	2134.70
35 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm) - PROMEDIO		1658.84			2187.59			1955.41	

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV:01 FECHA: 20210405

INFORME AUTORIZADO POR JARRET YESSICA ANDA ANDA


INGENIEROS GENERALES CENTRAL INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO

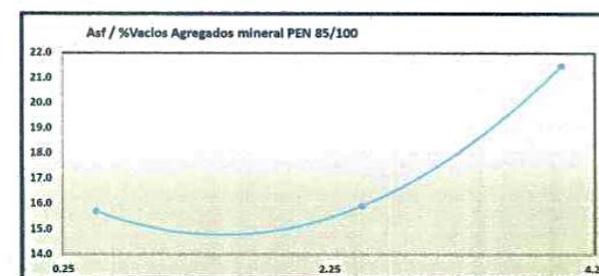
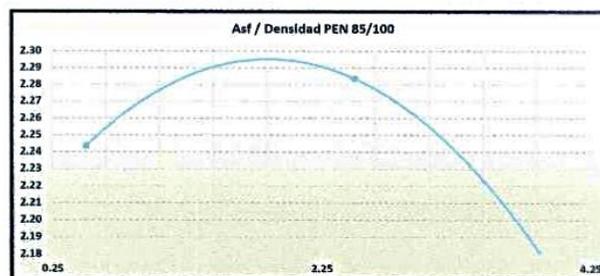
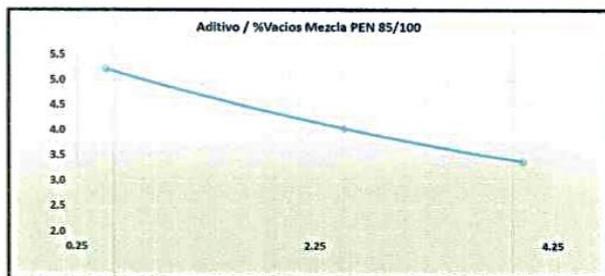
P-206-2023

Página 16 de 26

%ADITIVO	%Vacios-Mezcla
0.50	5.2
2.50	4.0
4.00	3.4

%ADITIVO	Densidad
0.5	2.243
2.5	2.283
4	2.166

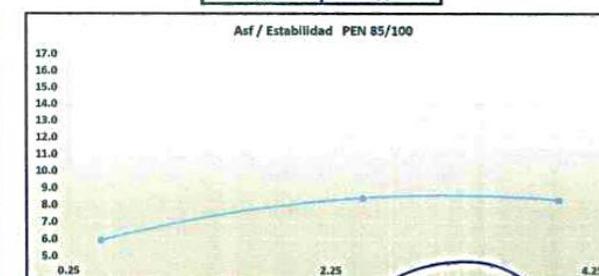
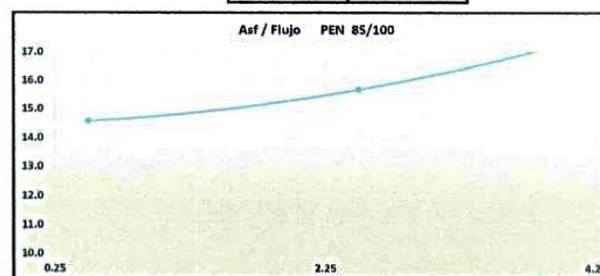
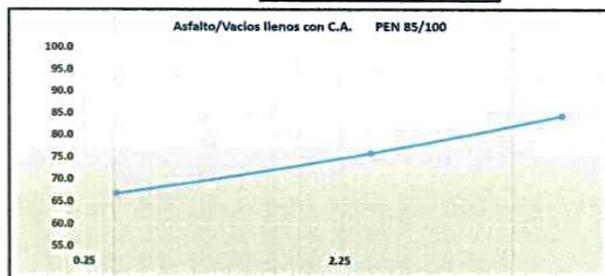
%ADITIVO	%Vacios en el agregado mineral VMA
0.5	15.7
2.5	15.9
4.00	21.5



%ADITIVO	%Vacios llenos de asfalto VFA
0.5	69.8
2.5	75.8
4.00	84.3

%ADITIVO	Flujo
0.5	14.6
2.5	15.7
4.00	17.3

%ADITIVO	Estabilidad
0.5	5.9
2.5	8.4
4.00	8.3



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDIA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
Jefe de Laboratorio
Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

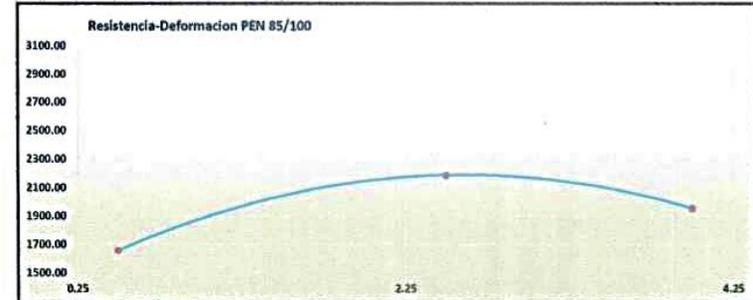
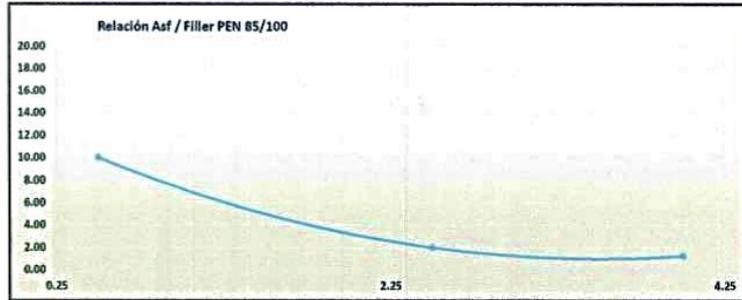
CÓDIGO DE TRABAJO

P-206-2023

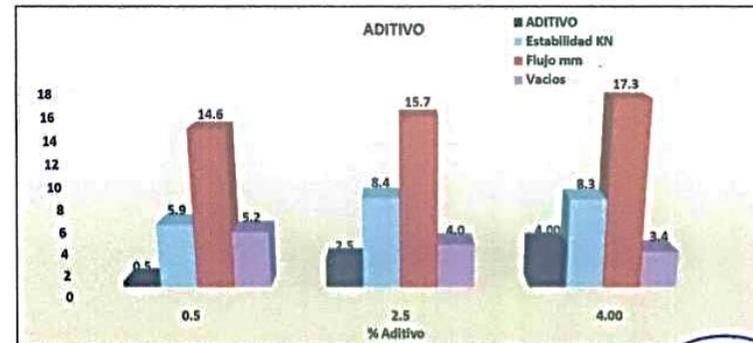
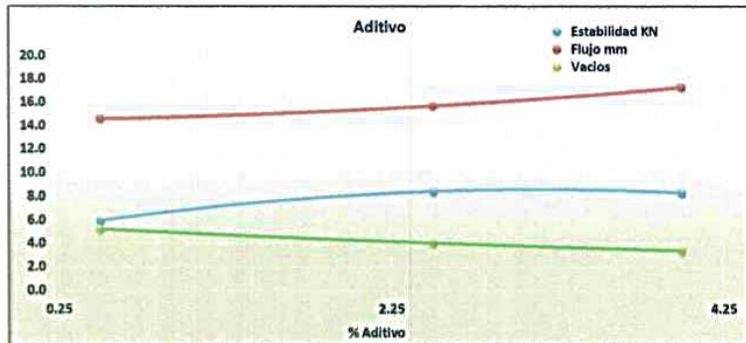
Página 17 de 26

%ADITIVO	ASF	FILLER	Asf/Filler
0.5	6.0	60	10.0
2.5	39.0	60	2.0
4.00	48.0	60	1.3

%ADITIVO	Estabilidad /Flujo
0.5	1856.84
2.5	2187.59
4.00	1965.41



ADITIVO	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
0.5	5.9	14.67	5.2
2.5	8.4	15.66	4.0
4.00	8.3	17.27	3.4



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE, LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIO LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR: JANET YESSICA ANDA ARIB


INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de Página

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsay.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO PARA MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
Código de briqueta	A-10	A-11	A-12	B-10	B-11	B-12	C-10	C-11	C-12
Díametro 1	101.90	102.10	101.60	101.70	102.00	101.50	101.80	101.20	101.80
Díametro 2	101.50	102.00	102.00	101.90	101.90	101.80	102.00	101.70	101.90
Promedio Díametro	101.70	102.05	101.80	101.80	101.95	101.65	101.90	101.45	101.85
Altura 1	64.50	64.10	64.40	66.20	66.40	67.30	71.60	67.00	66.70
Altura 2	64.00	64.15	64.10	67.00	66.20	65.30	70.73	66.95	66.15
Altura 3	64.40	63.95	63.70	66.75	65.90	66.50	69.90	67.05	66.40
Promedio altura	64.30	64.07	64.07	66.65	66.17	66.37	70.74	67.00	66.42
Factor de Corrección	1.04	1.05	1.05	0.95	0.97	0.96	0.79	0.94	0.96
Peso de la Briqueta al aire (AF) (A)	1193.73	1185.41	1181.85	1190.37	1192.00	1191.04	1185.25	1179.34	1190.32
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (AF) (C)	677.85	666.41	664.61	658.23	661.89	652.22	615.20	645.09	664.51
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1198.44	1190.68	1187.01	1195.40	1197.44	1196.01	1191.01	1184.24	1195.31
Estabilidad (KN)	6.04	6.08	6.07	9.07	9.17	8.48	9.90	8.70	8.60
Flujo (mm)	3.60	3.66	3.10	3.97	3.83	3.30	4.00	3.65	4.49

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 57%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


INGENIEROS GUEYALES CENTAURU INGENIEROS SAC
JEFES DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70849

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH, EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

N° DE BRIOJETAS	A-D	A-II	A-Z	B-D	B-II	B-Z	C-D	C-II	C-Z
1		0.90			2.90			4.00	
2		25.00			25.00			25.00	
3		70.00			70.00			70.00	
4		5.00			5.00			5.00	
5		1.085			1.085			1.085	
6		2.720			2.720			2.720	
7		2.660			2.660			2.660	
8		2.210			2.210			2.210	
9	84.3	84.1	84.1	86.7	86.2	86.4	76.7	87.0	86.4
10	193.7	193.4	193.4	199.4	199.0	199.0	179.3	180.3	180.3
11	189.4	189.7	189.7	195.4	197.4	196.0	184.2	185.3	185.3
12	800.9	890.5	888.7	887.3	865.9	878.3	838.3	869.1	888.9
13	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14	677.85	688.41	684.61	656.73	661.89	652.72	615.20	645.09	664.91
15	520.8	524.3	522.4	537.2	535.6	543.8	575.8	538.2	530.8
16	4.7	5.3	5.2	5.0	5.4	5.0	5.8	4.9	5.0
17	0.90	0.98	0.99	0.94	1.02	0.98	1.00	0.91	0.94
18	2.283	2.759	2.762	2.706	2.728	2.690	2.058	2.187	2.243
19		2.772			2.701			2.183	
20		2.387			2.304			2.293	
21	4.3	5.7	5.6	3.8	3.4	4.9	10.2	4.6	2.2
22		5.2			4.0			5.7	
23		2.848			2.848			2.848	
24	10.9	15.0	15.0	18.4	18.0	18.3	25.4	20.7	18.7
25		14.6			18.6			21.6	
26	88.6	82.2	82.5	78.3	81.3	74.6	58.7	77.8	88.3
27		84.4			78.4			75.3	
28	3.60	3.86	3.10	3.97	3.83	3.30	4.00	3.85	4.49
29	14.40	14.84	12.40	15.88	15.32	13.20	18.00	14.80	17.96
30		13.8			14.8			18.2	
31	8.04	8.09	8.07	8.07	8.17	8.48	8.90	8.70	8.80
32	1.04	1.05	1.05	0.95	0.97	0.96	0.79	0.94	0.98
33	8.30	8.40	8.39	8.63	8.68	8.18	7.84	8.15	8.29
34		8.38			8.36			8.08	
35	1784.38	1782.23	2100.77	2216.48	2367.98	2520.98	1895.84	2278.11	1875.73
		1889.11			2388.14			2049.88	

MUESTRO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

MC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


INVERSIONES ORIENTALES CENTINARO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 70489

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO

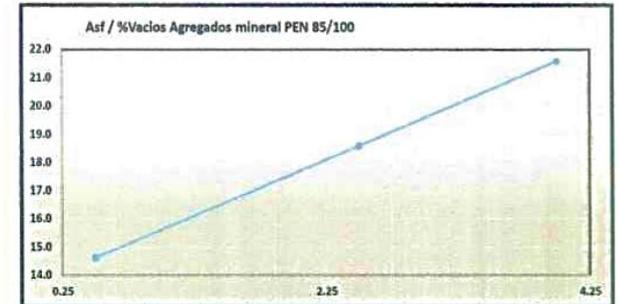
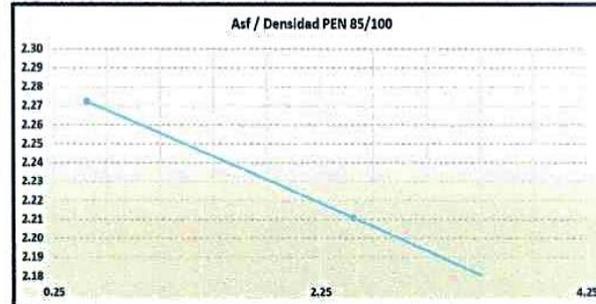
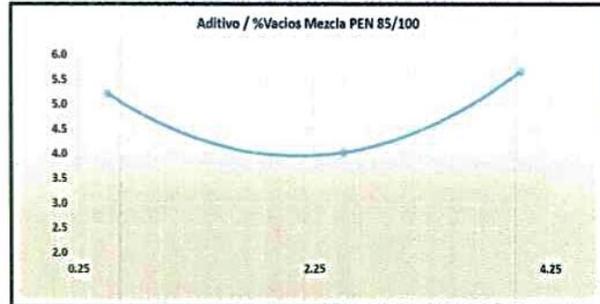
: P-206-2023

Página 20 de 26

%ADITIVO	%Vacíos-Mezcla
0.50	5.2
2.50	4.0
4.00	5.7

%ADITIVO	Densidad
0.5	2.272
2.5	2.211
4	2.163

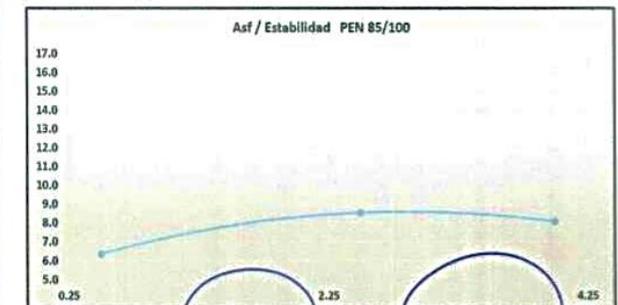
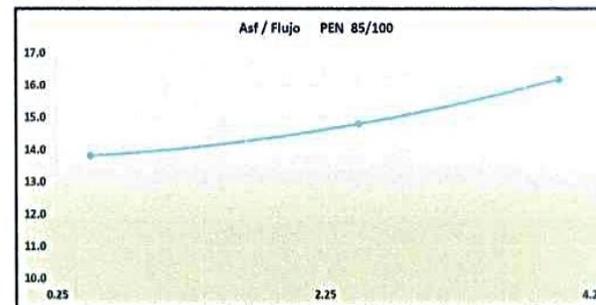
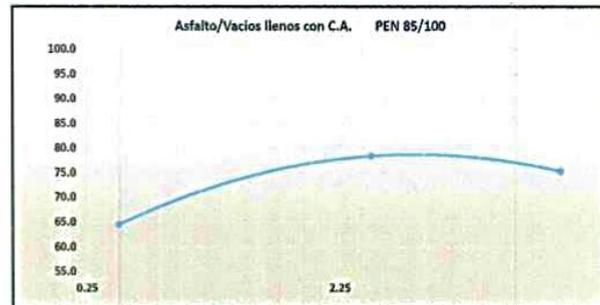
%ADITIVO	%Vacíos en el agregado mineral VMA
0.5	14.6
2.5	18.6
4.00	21.6



%ADITIVO	%Vacíos llenos de asfalto VFA
0.5	94.4
2.5	78.4
4.00	75.3

%ADITIVO	Flujo
0.5	13.8
2.5	14.8
4.00	16.2

%ADITIVO	Estabilidad
0.5	8.4
2.5	8.8
4.00	8.1



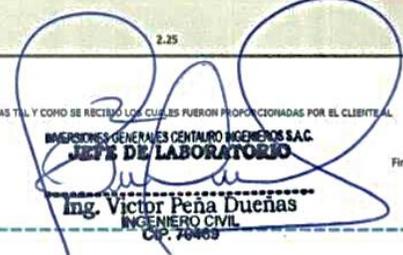
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS HUESTRAS TIL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFES DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 78469

Fin de Página

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

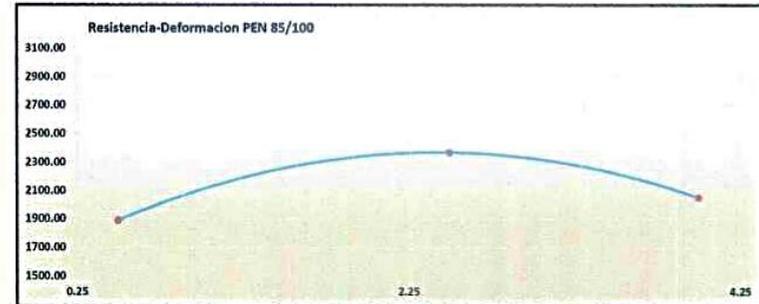
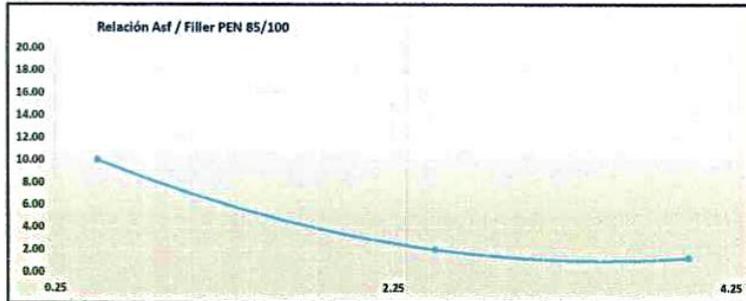
CÓDIGO DE TRABAJO

P-206-2023

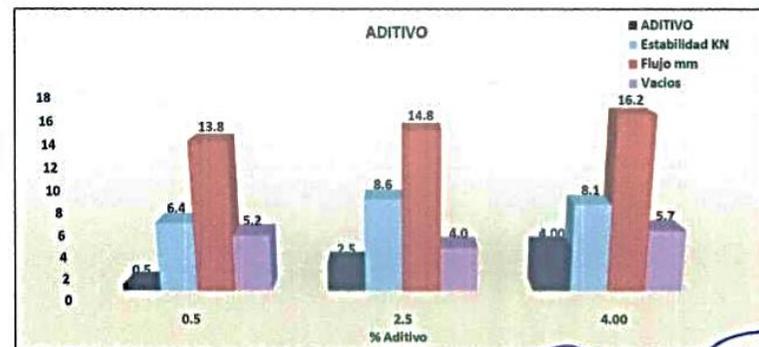
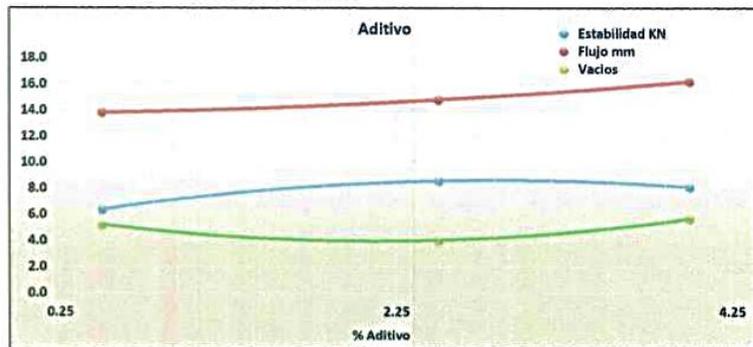
Página 21 de 25

%ADITIVO	ASF	FILLER	Asf/Filler
0.5	6.0	80	10.0
2.5	30.0	80	2.0
4.00	48.0	80	1.3

%ADITIVO	Estabilidad /Flujo
0.5	1888.11
2.5	2368.14
4.00	2048.66



ADITIVO	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
0.5	6.4	13.81	5.2
2.5	8.6	14.80	4.0
4.00	8.1	16.19	5.7



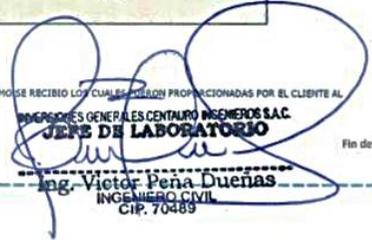
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDRÁN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Fin de Página

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsay.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

DATOS DE ENSAYO PARA MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
	A-13	A-14	A-15	B-13	B-14	B-15	C-13	C-14	C-15
Código de briqueta									
Díametro 1	101.80	101.50	101.90	101.60	101.80	101.70	101.70	101.90	101.70
Díametro 2	101.80	101.80	101.80	101.80	102.00	101.90	101.40	101.80	101.40
Promedio Díametro	101.70	101.55	101.85	101.70	101.90	101.80	101.55	101.85	101.55
Altura 1	65.70	66.10	65.10	64.40	66.90	65.40	67.20	67.60	69.20
Altura 2	67.00	65.90	64.90	65.00	66.10	66.00	68.00	66.40	68.90
Altura 3	65.90	65.95	65.25	64.80	67.00	65.90	67.05	67.00	69.05
Promedio altura	66.20	65.98	65.08	64.73	66.67	65.77	67.42	67.00	69.05
Factor de Corrección	0.97	0.98	1.01	1.03	0.95	0.99	0.92	0.94	0.86
Peso de la Briqueta al aire (AF) (A)	1190.68	1188.62	1181.19	1190.12	1194.37	1185.62	1188.84	1190.01	1188.08
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (AF) (C)	658.46	665.65	656.81	656.21	656.98	661.73	650.13	653.77	632.06
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1195.71	1195.00	1187.11	1195.42	1199.81	1184.72	1193.99	1194.92	1194.18
Estabilidad (KN)	6.02	8.57	6.27	7.95	8.25	9.07	8.73	8.45	9.40
Flujo (mm)	3.40	3.27	3.25	3.68	3.71	3.40	4.35	4.12	4.29

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 97%

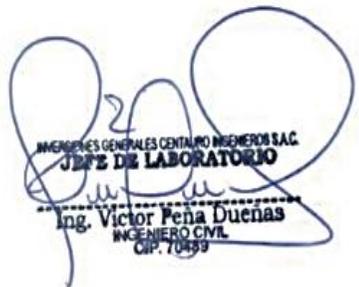
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INGENIEROS GENERALES CENTINAO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70459

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsosy.civil@gmail.com
 OBRA : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 MEZCLA ASFÁLTICA : MAC-2
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

N° DE BRIQUETAS	A-13	A-14	A-15	B-13	B-14	B-15	C-13	C-14	C-15
1 % de aditivo en Peso de la Mezcla Total		0.50			2.50			4.00	
2 % de Agregado Grueso (1/2), en Peso de la Mezcla		25.00			25.00			25.00	
3 % de Arena Gruesa, en Peso de la Mezcla		70.00			70.00			70.00	
4 % de Filler Cal. en Peso de la Mezcla		5.00			5.00			5.00	
5 Peso específico del cemento asfáltico - Aparente		1.065			1.065			1.065	
6 Peso específico del Piedra Chancada (g/cm3)		2.720			2.720			2.720	
7 Peso específico de Arena gruesa (g/cm3)		2.660			2.660			2.660	
8 Peso específico del Filler (g/cm3)		2.210			2.210			2.210	
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	66.2	66.0	65.1	64.7	66.7	65.8	67.4	67.0	69.1
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1190.7	1188.6	1181.2	1190.1	1194.4	1185.6	1188.8	1190.0	1188.1
11 Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1195.7	1195.0	1187.1	1195.4	1199.8	1184.7	1194.0	1194.9	1194.2
12 Peso de la Briqueta sumergida + canastilla (gr)	982.5	989.7	980.9	980.3	980.0	985.8	974.2	977.8	956.1
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14 Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr) (C)	658.5	665.7	656.8	656.2	656.0	661.7	650.1	653.8	632.1
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	537.3	529.4	530.3	539.2	543.8	523.0	543.9	541.2	562.1
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	5.0	6.4	5.9	5.3	5.4	-0.9	5.2	4.9	6.1
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.94	1.21	1.12	0.98	1.00	-0.17	0.95	0.91	1.09
18 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) (A/(B-C))	2.216	2.245	2.227	2.207	2.196	2.267	2.186	2.199	2.114
19 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) - PROMEDIO		2.230			2.223			2.166	
20 Peso Especifico Máximo de la Mezcla - RICE- ASTM D 2		2.352			2.317			2.242	
21 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%)	5.8	4.5	5.3	4.7	5.2	2.2	2.5	1.9	5.7
22 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%) - Promedio		5.2			4.0			3.4	
23 Peso específico Bulk del Agregado Total (gr/cm3)		2.648			2.648			2.648	
24 Porcentaje de Vacíos de Material Agregados compactos	16.7	15.6	16.3	18.7	19.1	16.5	20.7	20.3	23.4
25 Porcentajes de Vacíos en Agregados (%)-V.M.A. promedio		16.2			18.1			21.5	
26 Porcentaje de Vacíos llenados con C.A. (%)	65.4	70.9	67.4	74.7	72.8	87.0	87.9	90.5	76.5
27 Porcentaje de Vacíos llenado con C.A (%) - Promedio		67.9			76.2			84.7	
28 Flujo (mm)	3.4	3.3	3.3	3.7	3.7	3.4	4.4	4.1	4.3
29 Flujo (0.25 mm)	13.60	13.08	13.00	14.72	14.84	13.60	17.40	16.48	17.16
29 Flujo (0.25 mm) - Promedio		13.2			14.4			17.0	
30 Estabilidad Sin Corregir (KN)	6.0	8.6	6.3	8.0	8.3	9.1	8.7	8.5	9.4
31 Factor de Estabilidad	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
32 Estabilidad Corregida (KN)	5.83	8.37	6.35	8.16	7.84	8.94	8.04	7.92	8.06
33 Estabilidad Corregida (KN) - promedio		6.85			8.31			8.01	
34 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm)	1748.80	2611.21	1991.49	2260.23	2154.93	2680.96	1884.72	1960.23	1914.88
35 Relación de Estabilidad / Fluencia (Kg/cm) - PROMEDIO		2117.17			2365.37			1919.95	

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS


 INVERSIONES GENERALES CENTINARO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO

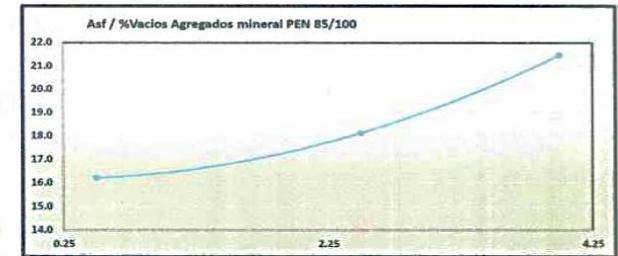
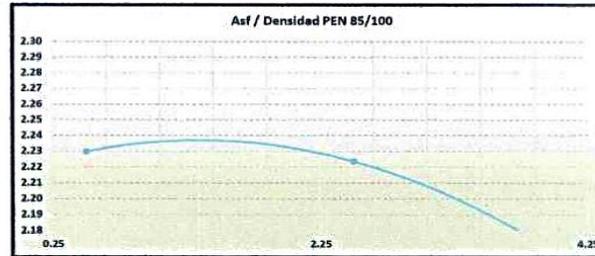
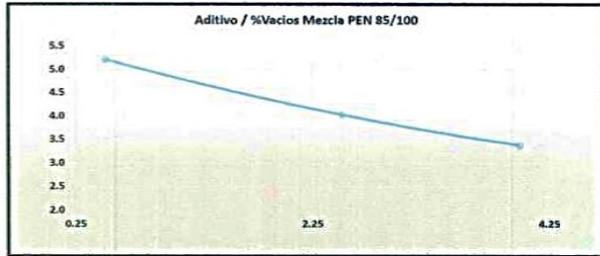
: P-206-2023

Página 24 de 26

%ADITIVO	%Vacíos-Mezcla
0.50	5.2
2.50	4.0
4.00	3.4

%ADITIVO	Densidad
0.5	2.230
2.5	2.223
4	2.160

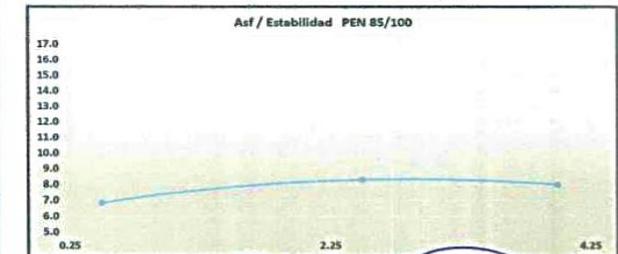
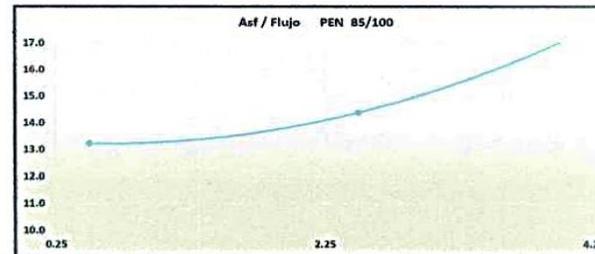
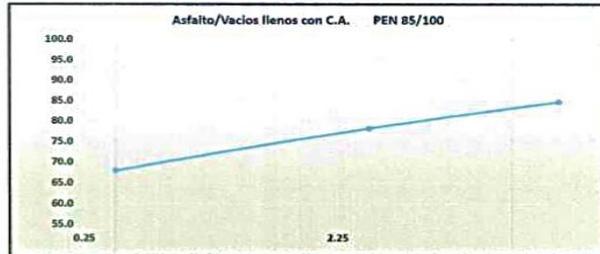
%ADITIVO	%Vacíos en el agregado mineral VMA
0.5	18.2
2.5	18.1
4.00	21.5



%ADITIVO	%Vacíos llenos de asfalto VFA
0.5	67.0
2.5	78.2
4.00	84.7

%ADITIVO	Flujo
0.5	13.2
2.5	14.4
4.00	17.0

%ADITIVO	Estabilidad
0.5	0.9
2.5	8.3
4.00	8.0



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

Fin de Página

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

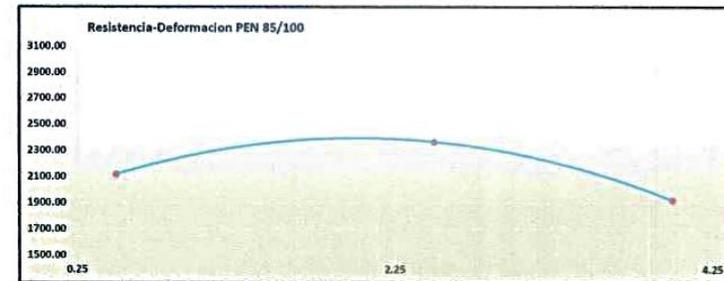
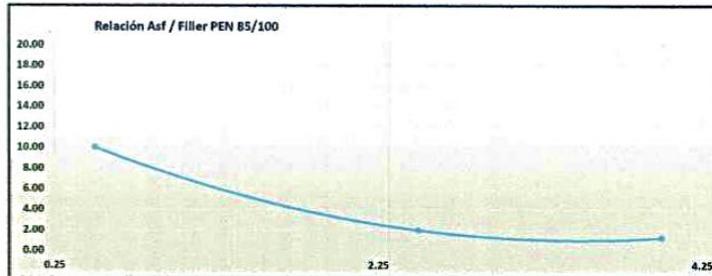
CÓDIGO DE TRABAJO

: P-206-2023

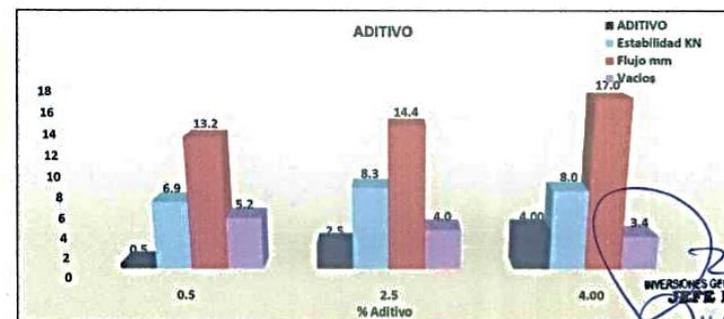
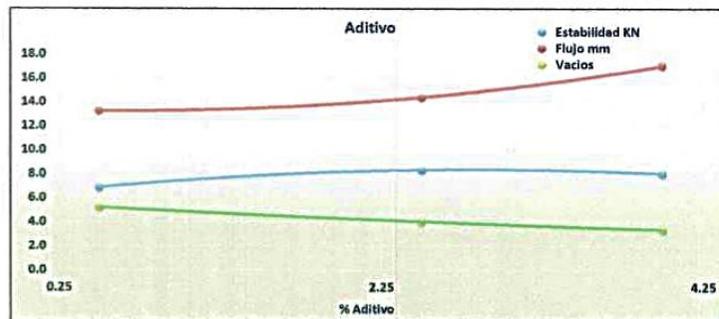
Página 25 de 26

%ADITIVO	ASF	FILLER	Asf/Filler
0.5	6.0	60	10.0
2.5	30.0	60	2.0
4.00	48.0	60	1.3

%ADITIVO	Estabilidad /Flujo
0.5	2117.17
2.5	2365.37
4.00	1919.65



ADITIVO	Estabilidad KN	Flujo mm	Vacios
0.5	6.9	13.23	5.2
2.5	8.3	14.39	4.0
4.00	8.0	17.01	3.4



MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YESSICA ANDIA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CREA 70469

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° : 131-2023-AP
 PETICIONARIO : BACH. EDGAR JOSUÉ SOTO YALO
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : edsoy.civil@gmail.com
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CERRO DE PASCO"
 UBICACIÓN : DISTRITO Y PROVINCIA DE CERRO DE PASCO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 DE MAYO DEL 2023
 FECHA DE EMISIÓN : 02 DE AGOSTO DEL 2023

ENSAYO TRACCIÓN - MARSHALL CON ADITIVO (ASTM-D-1559)

CÓDIGO DE TRABAJO : P-206-2023
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA PATRÓN + ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ
 ADITIVO : CENIZA DE BAGAZO DE MAÍZ (ADT)

PROPORCIÓN	MP + ADT 0.5%			MP + ADT 2.5%			MP + ADT 4.0%		
	A-16	A-17	A-18	B-16	B-17	B-18	C-16	C-17	C-18
Código de briqueta									
Díametro 1	101.50	102.00	101.90	101.80	101.50	101.60	102.00	101.20	101.60
Díametro 2	101.60	101.40	101.50	101.70	101.30	101.20	101.80	101.70	101.90
Promedio Díametro	101.55	101.70	101.70	101.75	101.40	101.40	101.90	101.45	101.75
Altura 1	66.80	65.40	66.70	65.30	66.40	66.00	67.00	66.50	66.00
Altura 2	67.00	66.00	66.80	65.10	66.50	67.30	68.15	67.00	65.40
Altura 3	66.95	65.90	66.40	65.15	66.75	68.40	69.40	66.90	65.35
Promedio altura	66.92	65.77	66.63	65.18	66.55	67.23	68.18	66.80	65.58
Factor de Corrección	0.94	0.99	0.98	1.01	0.95	0.93	0.89	0.95	0.99
Peso de la Briqueta al aire (AF) (A)	1192.42	1197.67	1188.03	1185.59	1193.25	1179.76	1204.86	1187.51	1189.78
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (AF) (C)	660.19	666.87	655.77	661.08	666.41	649.22	669.46	653.87	658.61
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (AF) (B)	1195.28	1203.41	1194.41	1192.11	1198.15	1184.97	1205.41	1192.11	1194.49
Estabilidad (KN)	6.66	6.70	6.83	8.80	8.73	8.93	8.20	8.00	8.15
Flujo (mm)	3.87	3.40	3.52	3.90	4.02	3.99	3.28	3.44	3.28

CONDICIONES AMBIENTALES:
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-06-12
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 2023-06-13
 TEMPERATURA AMBIENTE : 19.3 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 50%

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-020 REV.01 FECHA: 2021/04/05

INFORME AUTORIZADO POR JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Duenas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Anexo 3. Matriz de consistencia

Título: “Influencia de la ceniza de bagazo de maíz para el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable:	Tipo de Investigación:	Población:	Técnicas:
¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?	Establecer la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	Ceniza de bagazo de maíz <ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de ceniza de bagazo de maíz, <ul style="list-style-type: none"> o % de mezcla asfáltica Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica	Aplicado	Muestras de mezcla asfáltica en caliente.	Observación
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis Específicas:		Alcance de Investigación:	Muestra:	Instrumentos:
¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?	Evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en los vacíos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y densidad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia (estabilidad y flujo) del MAC <ul style="list-style-type: none"> o Contenido % de vacíos de cemento asfáltico (VFA) o Flujo o Estabilidad o Contenido óptimo de asfalto 	Explicativo	Probetas con repeticiones según el porcentaje de aditivos y los ensayos Marshall (48 observaciones), así como ensayo de Lottman (40 observaciones),	Ficha de observación
¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?	Analizar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica	La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al daño por humedad inducida <ul style="list-style-type: none"> o TSR - Agregados 			

	en caliente, Cerro de Pasco.								
			<ul style="list-style-type: none"> ○ % de vacíos de material agregado compacto (VMA) ○ Granulometría de agregados 	<table border="1"> <tr> <td>Diseño:</td> <td>Muestreo:</td> </tr> <tr> <td>Experimental</td> <td>No probabilístico</td> </tr> </table>	Diseño:	Muestreo:	Experimental	No probabilístico	
Diseño:	Muestreo:								
Experimental	No probabilístico								
¿De qué manera la ceniza de bagazo de maíz influye en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco 2022?	Analizar la influencia de la ceniza de bagazo de maíz en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.	La ceniza de bagazo de maíz influye significativamente en la incorporación de agregados en la mezcla asfáltica en caliente, Cerro de Pasco.							

Anexo 4. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Ceniza de bagazo de maíz	Independiente	Es el resultado de la calcinación del bagazo de maíz, el residuo seco después de la cosecha del maíz (Zajac et al., 2020).	Es la cantidad de ceniza de bagazo de maíz expresado en porcentaje y el efecto puzolánico adicionado a la mezcla asfáltica en caliente.	Porcentaje de ceniza de bagazo de maíz, adicionado a la mezcla asfáltica en caliente.	0.0%, 0.5%, 2.5%, y 4.0%	(%) Porcentaje
Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica en caliente	Dependiente	Consiste en las propiedades de ingeniería de mezclas de concreto asfáltico, que se obtiene a partir de ensayos de laboratorio, representa el desempeño y está influenciado por un gran número de factores (Yuan, 2009).	Son las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente considerando las mecánicas, la incorporación de agregados de acuerdo a los ensayos Marshall, y la resistencia al daño por humedad inducida realizado por el ensayo Lottman.	Propiedades mecánicas	% de vacíos cemento asfáltico (VFA)	(%) Porcentaje
					Flujo	mm
					Estabilidad	KN
					Densidad	gr/cm ³
				Resistencia al daño por humedad inducida	Resistencia a la tracción (TSR)	kPa
				Incorporación de agregados	% de vacíos de material agregado compacto (VMA)	(%) Porcentaje

Anexo 5. Resultados estadísticos

Anexo 6.A. Prueba de normalidad

Variable	Muestra	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% Vacíos en mezcla (%)	Patrón	0.964	3	0.637
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.828	15	0.009
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.956	15	0.626
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.928	15	0.253
% Vacíos de material agregados compacto (VMA)	Patrón	0.750	3	0.000
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.783	15	0.002
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.945	15	0.443
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.927	15	0.244
% Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	Patrón	0.907	3	0.407
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.961	15	0.704
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.937	15	0.342
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.934	15	0.315
Flujo (mm)	Patrón	0.986	3	0.775
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.748	15	0.001
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.769	15	0.002
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.777	15	0.002
Estabilidad (kN)	Patrón	0.983	3	0.747
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.705	15	0.000
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.877	15	0.042
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.958	15	0.658
Densidad (gr/cm ³)	Patrón	0.871	3	0.298
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.945	15	0.456
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.903	15	0.107
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.946	15	0.459
Resistencia a la tracción (kPa)	Patrón	0.947	10	0.637
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.932	10	0.464
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.920	10	0.356
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.968	10	0.869

Anexo 6.B. Prueba de homogeneidad de varianzas

Variable	Criterio	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
% Vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)	Se basa en la media	6	3	44	0.001
	Se basa en la mediana	6	3	44	0.002
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	6	3	31.5	0.003
	Se basa en la media recortada	6	3	44	0.001
Densidad (gr/cm3)	Se basa en la media	2	3	44	0.101
	Se basa en la mediana	2	3	44	0.193
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2	3	38.0	0.195
	Se basa en la media recortada	2	3	44	0.114
Resistencia a la tracción (kPa)	Se basa en la media	3	3	36	0.047
	Se basa en la mediana	3	3	36	0.054
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3	3	26.2	0.060
	Se basa en la media recortada	3	3	36	0.048

Anexo 6.C. Prueba de la primera hipótesis específica: prueba post hoc Dunnett C de VFA

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error
Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	9.180*	0.922
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.093	2.257
	Patrón + 4.0% (CBM)	-5.420	2.630
Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón	-9.180*	0.922
	Patrón + 2.5% (CBM)	-9.087*	2.408
	Patrón + 4.0% (CBM)	-14.600*	2.760
Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón	-0.093	2.257
	Patrón + 0.5% (CBM)	9.087*	2.408
	Patrón + 4.0% (CBM)	-5.513	3.444
Patrón + 4.0% (CBM)	Patrón	5.420	2.630
	Patrón + 0.5% (CBM)	14.600*	2.760
	Patrón + 2.5% (CBM)	5.513	3.444

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Anexo 6.D. Prueba de la primera hipótesis específica: prueba post hoc Scheffe de densidad

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error
Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	0.005	0.029
	Patrón + 2.5% (CBM)	-0.001	0.029
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.075	0.029
Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón	-0.005	0.029
	Patrón + 2.5% (CBM)	-0.005	0.017
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.071*	0.017
Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón	0.001	0.029
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.005	0.017
	Patrón + 4.0% (CBM)	0.076*	0.017
Patrón + 4.0% (CBM)	Patrón	-0.075	0.029
	Patrón + 0.5% (CBM)	-0.071*	0.017
	Patrón + 2.5% (CBM)	-0.076*	0.017

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Patrón + 4.0% (CBM)	15	2.167	
Patrón + 0.5% (CBM)	15		2.238
Patrón	3		2.243
Patrón + 2.5% (CBM)	15		2.243
Sig.		1.000	0.997

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7.500.

b Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Anexo 6.E. Prueba de la segunda hipótesis específica: prueba post hoc Dunnett C de resistencia a la tracción

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error
Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	4.129*	0.168
	Patrón + 2.5% (CBM)	4.062*	0.169
	Patrón + 4.0% (CBM)	3.776*	0.147
Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón	-4.129*	0.168
	Patrón + 2.5% (CBM)	-0.067	0.140
	Patrón + 4.0% (CBM)	-0.353*	0.113
Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón	-4.062*	0.169
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.067	0.140
	Patrón + 4.0% (CBM)	-0.286	0.114
Patrón + 4.0% (CBM)	Patrón	-3.776*	0.147
	Patrón + 0.5% (CBM)	0.353*	0.113
	Patrón + 2.5% (CBM)	0.286	0.114

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Anexo 6.F. Rangos de la prueba no paramétrica

Variable	Muestra	N	Rango promedio
% Vacíos en mezcla (%)	Patrón	3	26.67
	Patrón + 0.5% (CBM)	15	30.83
	Patrón + 2.5% (CBM)	15	22.03
	Patrón + 4.0% (CBM)	15	20.20
	Total	48	
% Vacíos de material agregados compacto (VMA)	Patrón	3	31.50
	Patrón + 0.5% (CBM)	15	14.60
	Patrón + 2.5% (CBM)	15	18.93
	Patrón + 4.0% (CBM)	15	38.57
	Total	48	
Flujo (mm)	Patrón	3	18.50
	Patrón + 0.5% (CBM)	15	15.70
	Patrón + 2.5% (CBM)	15	24.17

	Patrón + 4.0% (CBM)	15	34.83
	Total	48	
Estabilidad (kN)	Patrón	3	32.00
	Patrón + 0.5% (CBM)	15	15.60
	Patrón + 2.5% (CBM)	15	31.70
	Patrón + 4.0% (CBM)	15	24.70
	Total	48	

Anexo 6. Registro fotográfico de los ensayos

Foto 1. Extracción de bagazo de maíz



Foto 2. Obtención de ceniza de bagazo de maíz



Foto 3. Ensayo de abrasión



Foto 4. Ensayo de adhesividad

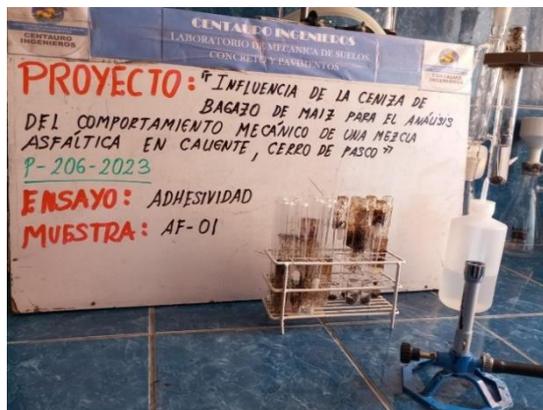


Foto 5. Arcilla en terrones

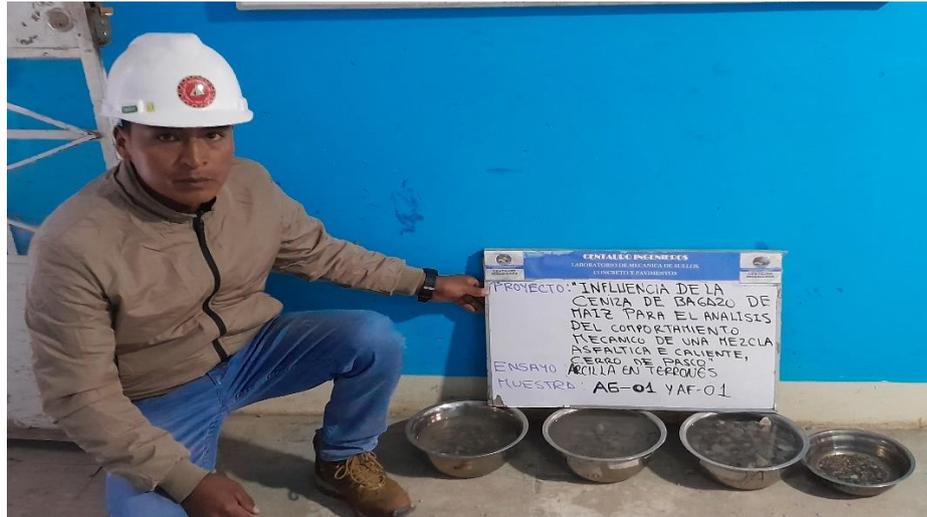


Foto 6. Caras fracturadas

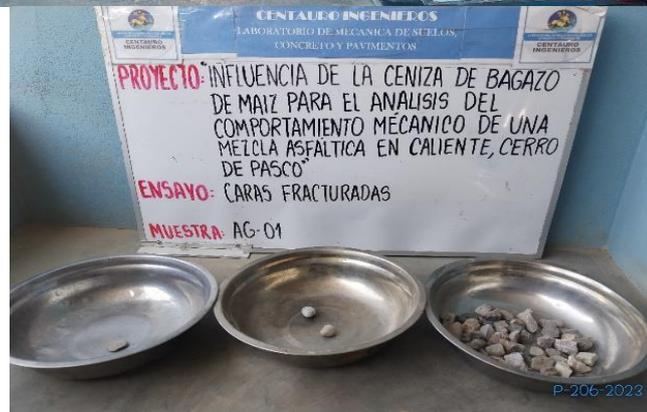


Foto 7. Granulometría de la MAC



Foto 8. Impurezas encontradas

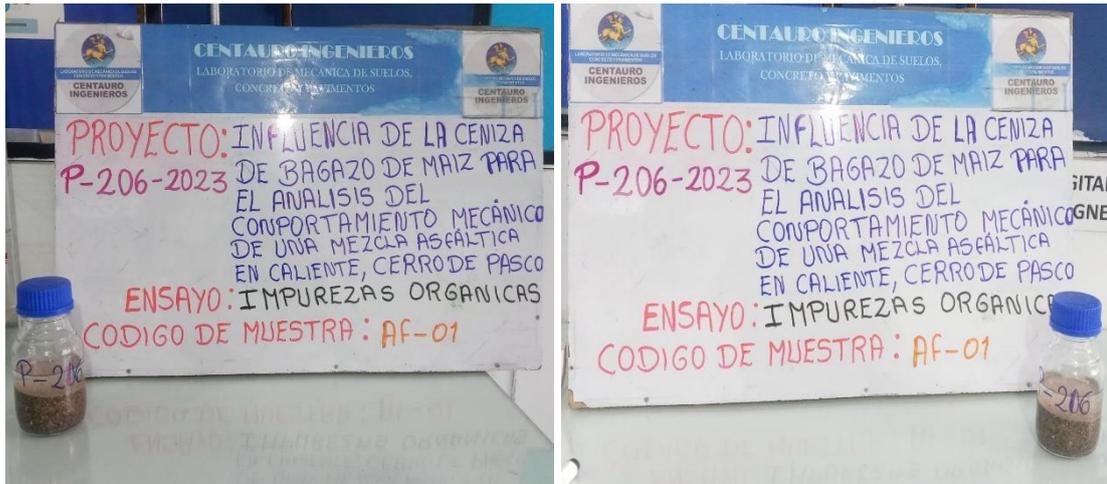


Foto 9. Ensayo Lottman (parte 1)

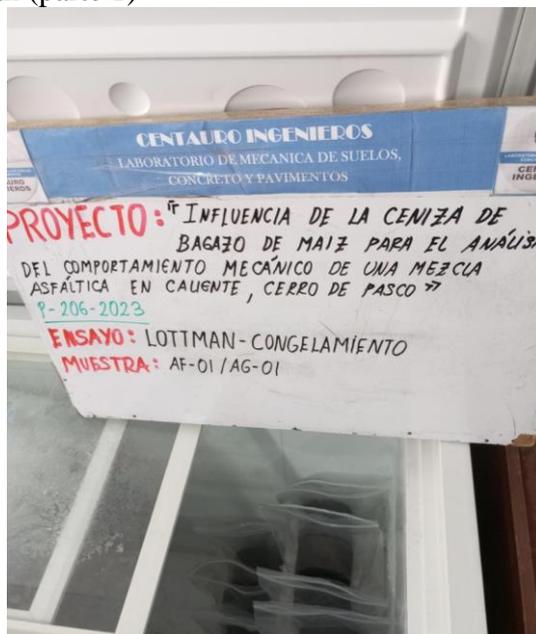
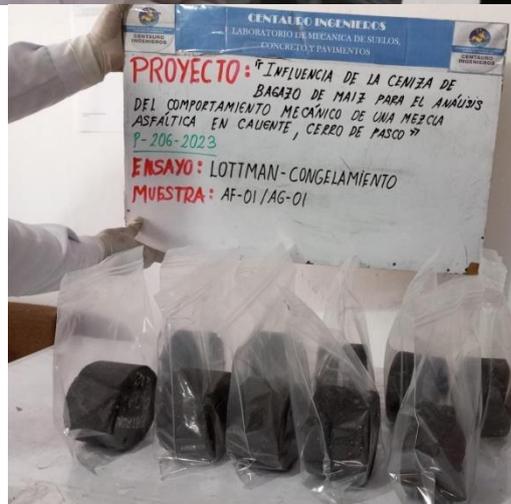
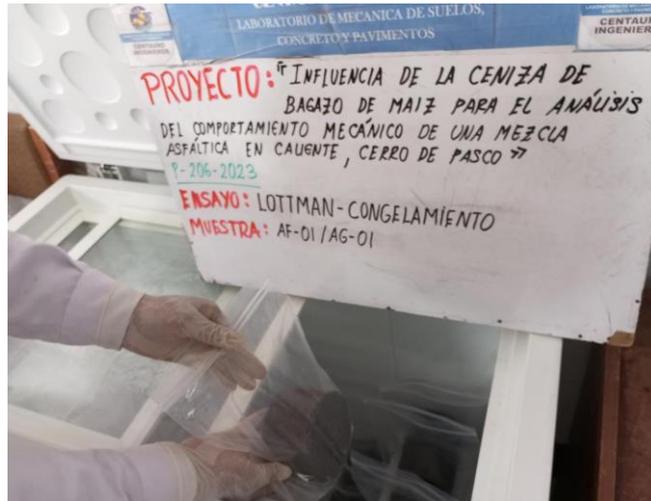


Foto 10. Ensayo Lottman (parte 2)



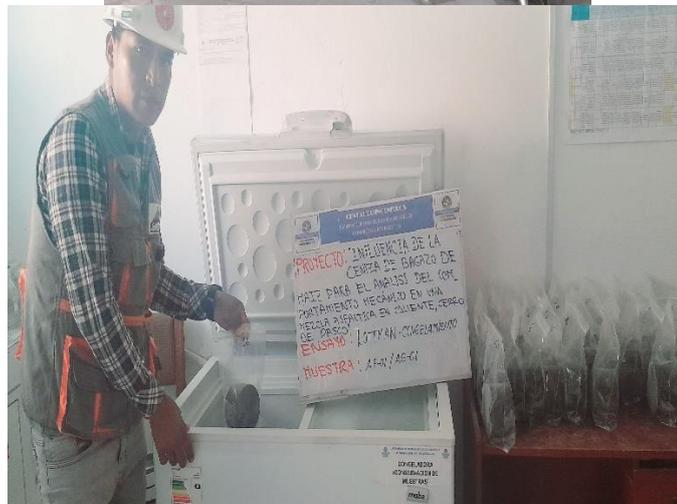
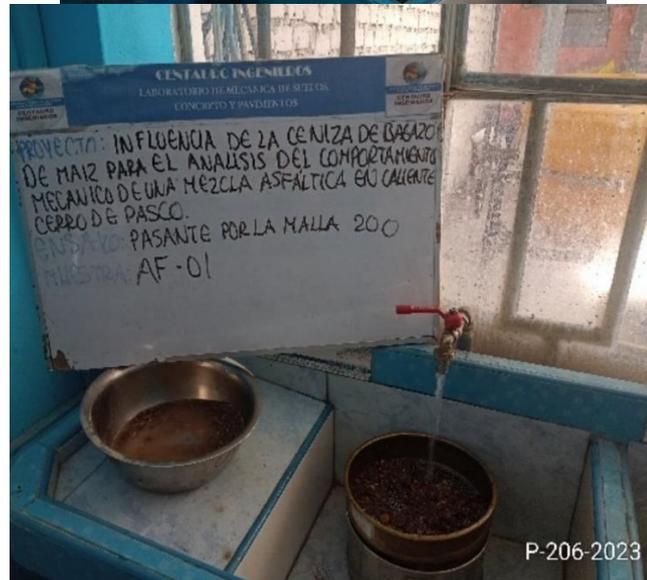


Foto 11. Granulometría Malla 200



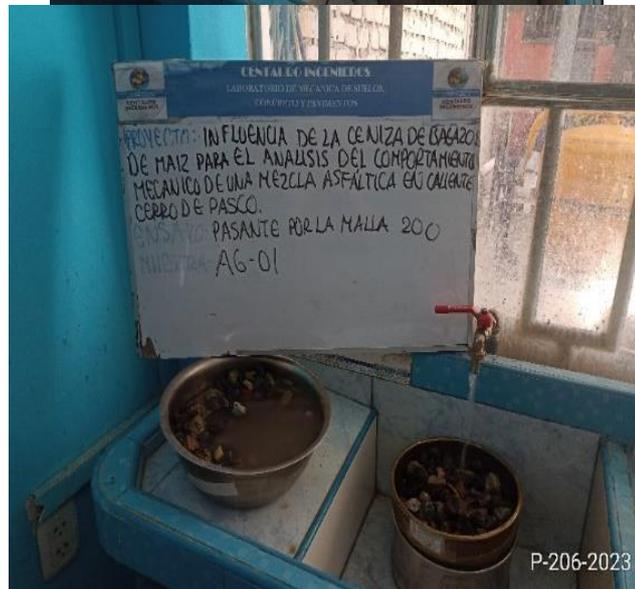
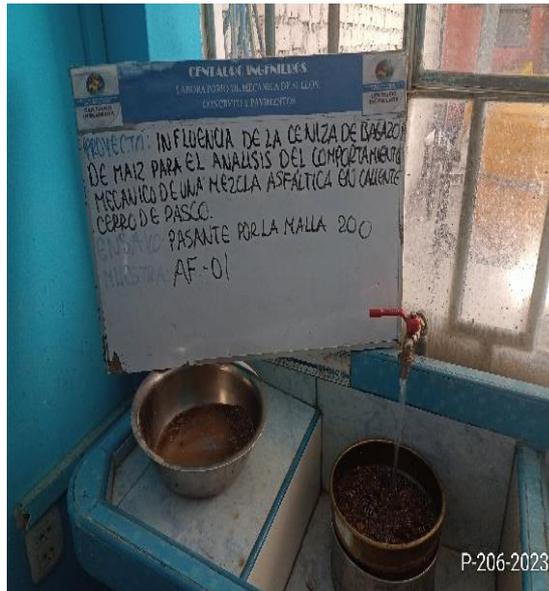
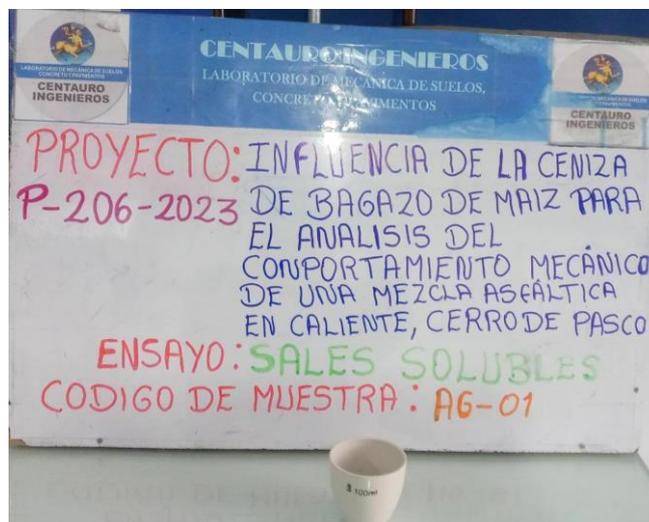


Foto 12. Sales



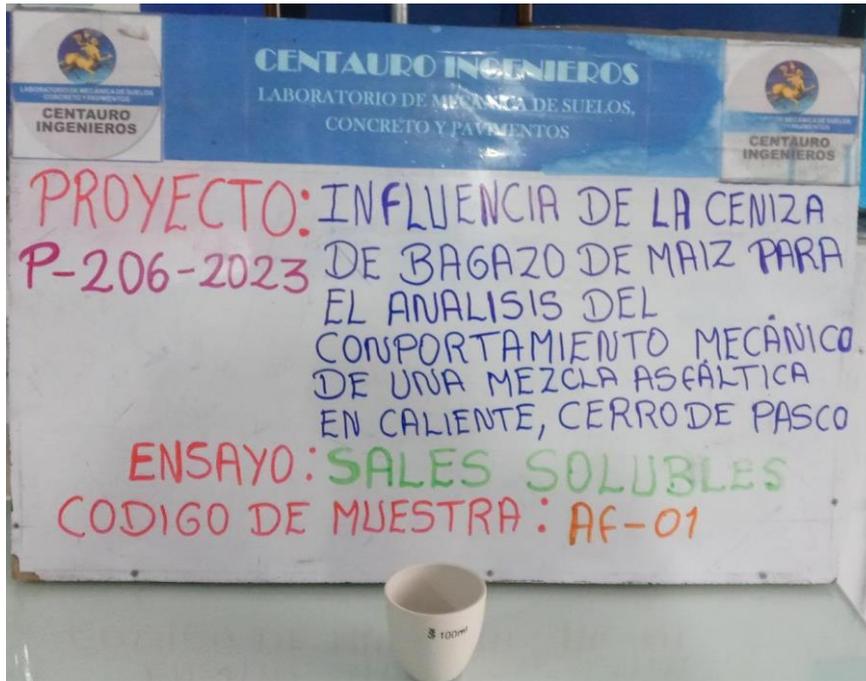


Foto 13. Muestra patrón



Foto 14. Ensayo Marshall



Foto 15. Muestra con 0.5% de aditivo

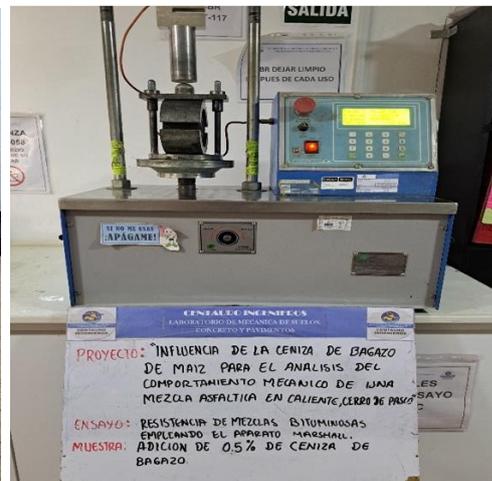
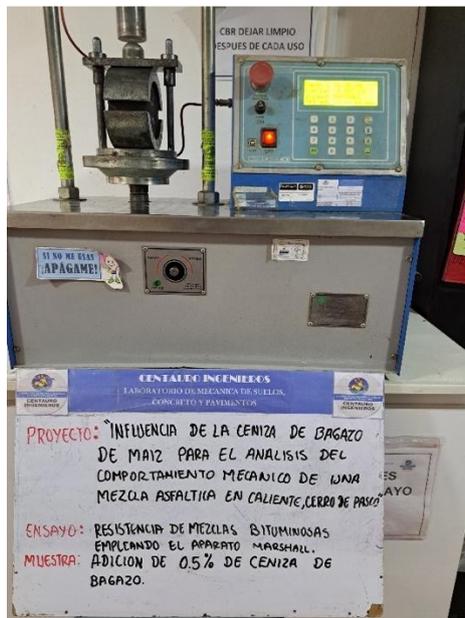


Foto 16. Resistencia de mezclas bituminosas con 4.0% de aditivo

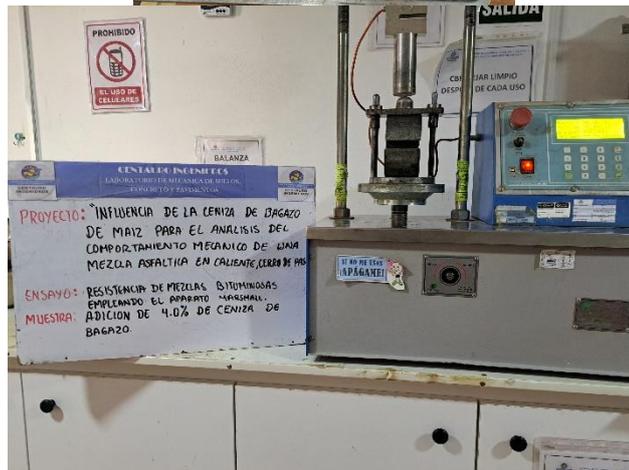




Foto 17. Muestra con 2.5% de aditivo



Foto 18. Muestra con 4.0% de aditivo



Anexo 7. Base de datos

Muestra patrón

% ASF	Muestra	% Vacíos en mezcla (%)	% Vacíos de material agregados compacto (VMA %)	% Vacíos llenos de asfalto	Flujo (mm)	Flujo (0.25 mm)	Estabilidad (KN)	Relación estabilidad/fluencia (Kgf/cm)	Densidad (g/cm³)
4.5	1	7.4	20.5	64.1	2.24	8.96	11.56	5263.86	2.204
4.5	2	7.7	20.8	62.8	2.23	8.92	10.32	4721.13	2.195
4.5	3	9.5	22.4	57.3	2.43	9.72	12.33	5173.49	2.152
5	1	7.7	20.3	62.2	2.76	11.04	11.14	4115.54	2.22
5	2	7	19.8	64.5	2.43	9.72	10.25	4300.8	2.236
5	3	7.4	20.1	63.2	2.47	9.88	9.79	4040.2	2.227
5.5	1	7.4	21.4	65.3	2.97	11.88	9.82	3372.31	2.202
5.5	2	5	19.3	74.2	2.73	10.92	8.96	3344.91	2.26
5.5	3	7.1	21.1	66.5	2.43	9.72	8.89	3279.38	2.21
6	1	5.1	20.3	74.7	3.38	13.52	9.42	2840.38	2.245
6	2	5.4	20.5	73.8	3.85	15.4	8.12	2151.94	2.239
6	3	5.2	20.3	74.5	3.07	12.28	8.92	2963.89	2.244
6.5	1	5.1	21.2	76.1	4.17	16.68	6.41	1567.03	2.231
6.5	2	3.2	19.7	83.6	4.29	17.16	6.06	1439.44	2.275
6.5	3	2.7	19.2	85.9	4.03	16.12	6	1517.93	2.287
7	1	3.3	20.9	84.3	4.41	17.64	5.83	1349.13	2.252
7	2	3	20.7	85.5	4.58	18.32	5.31	1182.33	2.259
7	3	2.9	20.6	86	4.12	16.48	6.18	1529.98	2.261

Con aditivo

%	Muestra	% Vacíos en mezcla (%)	% Vacíos de material agregados compacto (VMA %)	% Vacíos llenos de asfalto	Flujo (mm)	Flujo (0.25 mm)	Estabilidad (kN)	Relación estabilidad/fluencia (Kgf/cm)	Densidad
0.5%	A-1	7.4	20.5	64.1	2.24	8.96	13.2	5263.86	2.204
0.5%	A-2	7.7	20.8	62.8	2.23	8.92	12.1	4721.13	2.195
0.5%	A-3	9.5	22.4	57.3	2.43	9.72	13.2	5173.49	2.152
0.5%	A-4	5.8	15.5	62.5	3.7	14.64	5.69	1586.43	2.248
0.5%	A-5	4.6	14.4	68.3	3.6	14.36	5.59	1588.31	2.278
0.5%	A-6	5.3	15	64.9	3.7	14.68	6.07	1687.91	2.261
0.5%	A-7	5.5	16	65.4	3.6	14.4	5.8	1641.55	2.236
0.5%	A-8	5.2	15.7	66.9	3.7	14.8	5.14	1417.44	2.244
0.5%	A-9	49	15.4	68.1	3.6	14.5	6.83	1917.53	2.25
0.5%	A-10	4.3	13.8	68.6	3.6	14.4	6.3	1784.39	2.293
0.5%	A-11	5.7	15	62.2	3.66	14.64	6.4	1782.23	2.261
0.5%	A-12	5.6	15	62.5	3.1	12.4	6.39	2100.72	2.262
0.5%	A-13	5.8	16.7	65.4	3.4	13.6	5.83	1748.8	2.216
0.5%	A-14	4.5	15.6	70.9	3.3	13.08	8.37	2611.21	2.245
0.5%	A-15	5.3	16.3	67.4	3.3	13	6.35	1991.49	2.227
2.5%	B-1	7.7	20.3	62.2	2.76	11.04	11.14	4155.54	2.22
2.5%	B-2	7	19.6	64.5	2.43	9.72	10.25	4300.8	2.236
2.5%	B-3	7.4	20.1	63.2	2.47	9.88	9.79	4040.2	2.227
2.5%	B-4	5.5	17.6	69	3.9	15.4	9.15	2422.51	2.237
2.5%	B-5	4.4	16.7	73.7	3.8	15	8.79	2389.17	2.263
2.5%	B-6	2.2	14.8	84.9	3.9	15.72	8.82	2289.76	2.314
2.5%	B-7	3.8	15.7	75.6	4	16	8.71	2219.95	2.288
2.5%	B-8	6.7	18.2	63.4	3.9	15.6	8.25	2156	2.221
2.5%	B-9	1.6	13.8	88.4	3.9	15.4	8.28	2186.81	2.341
2.5%	B-10	3.8	18.4	78.3	3.97	15.88	8.63	2215.48	2.216

2.5%	B-11	3.4	18	81.3	3.83	15.32	8.89	2367.98	2.226
2.5%	B-12	4.9	19.3	74.6	3.3	13.2	8.16	2520.98	2.19
2.5%	B-13	4.7	18.7	74.7	3.7	14.72	8.16	2260.23	2.207
2.5%	B-14	5.2	19.1	72.8	3.7	14.84	7.84	2154.93	2.196
2.5%	B-15	2.2	16.5	87	3.4	13.6	8.94	2680.96	2.267
4.0%	C-1	7.4	21.4	65.3	2.97	11.88	9.82	3372.31	2.202
4.0%	C-2	5	19.3	74.2	2.73	10.92	8.96	3344.91	2.26
4.0%	C-3	7.1	21.1	66.5	2.43	9.72	8.89	3729.38	2.21
4.0%	C-4	2.7	22.7	88.1	4.4	17.44	8.47	1980.49	2.133
4.0%	C-5	6	25.3	76.2	4	16	7.38	1882.49	2.059
4.0%	C-6	1.4	21.7	93.5	4.1	16.52	8.51	2100.62	2.161
4.0%	C-7	4	22	81.7	4.2	16.8	7.33	1779.34	2.151
4.0%	C-8	3	21.2	85.8	4.3	17.2	8.23	1952.19	2.174
4.0%	C-9	3.1	21.3	85.3	4.5	17.8	9.32	2134.7	2.172
4.0%	C-10	10.2	25.4	59.7	4	16	7.83	1995.64	2.058
4.0%	C-11	4.6	20.7	77.8	3.85	14.6	8.15	2278.11	2.187
4.0%	C-12	2.2	18.7	88.3	4.49	17.96	8.26	1875.23	2.243
4.0%	C-13	2.5	20.7	87.9	4.4	17.4	8.04	1884.72	2.186
4.0%	C-14	1.9	20.3	90.5	4.1	16.48	7.92	1960.23	2.199
4.0%	C-15	5.7	23.4	75.5	4.3	17.16	8.06	1914.88	2.114

Resistencia al daño por humedad inducida

Observación	Muestra			
	Patrón	Patrón + 0.5% (CBM)	Patrón + 2.5% (CBM)	Patrón + 4.0% (CBM)
O-1	14.47	11.59	10.55	11.69
O-2	14.86	11.04	11.48	11.61
O-3	15.21	11.39	11.48	11.42
O-4	14.96	10.87	11.61	11.77
O-5	15.72	11.48	11.08	11.57
O-6	15.15	11.38	11.37	11.17
O-7	15.57	11.28	11.09	11.37
O-8	15.63	10.72	11.41	11.62
O-9	15.45	10.78	10.98	11.40
O-10	15.81	11.01	11.16	11.45