

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE
CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.**

EDUARDO JOSÉ RUEDA CÁRDENAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE
CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.**

EDUARDO JOSÉ RUEDA CÁRDENAS

Trabajo de grado modalidad Investigativa

Para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZÓN

Ingeniero Civil, M. Sc., Doctor.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

*Dedicado a las dos personas más importantes en mi vida, quienes con su amor,
dedicatoria, esfuerzo y confianza, han hecho de mi, la persona que hoy soy.
José de Jesús Rueda Vargas y Bertha Cárdenas, mis padres.*

Y a mi hermana Sara Susana.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en cada uno de los pasos que di hasta alcanzar este punto, y por darme la sabiduría necesaria para enfrentar con responsabilidad las dificultades.

Al ingeniero Eduardo Alberto Castañeda por contribuir con su conocimiento en mi proceso de formación como persona y como profesional y por brindarme su ayuda en todo momento.

A la ingeniera María Cristina Rivero Olarte por brindarme su amistad, por compartir sus conocimientos, su experiencia, por sus consejos y por aguantar mis tiempos de crisis. Mil gracias

A mis amigos María Fernanda, Ariel Andrés, Luis Andrés, María Piedad y Kshanti Daniela. Gracias por escucharme, aconsejarme y por compartir estos cinco años acompañados de risas y llantos.

A mis compañeros por compartir sus conocimientos y experiencias durante la este periodo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVOS GENERALES.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1 MATERIALES BÁSICOS.....	18
1.1 EL AGREGADO PÉTREO.....	18
1.1.1 Propiedades del agregado pétreo.....	18
1.2 EL LIGANTE ASFÁLTICO.....	19
1.2.1 Asfaltos modificados.....	19
1.2.2 Asfaltos modificados con asfaltita.....	20
1.2.3 Asfaltos modificados con polímero SBS.....	20
1.2.4 Mezclas de alto módulo.....	21
2 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	22
2.1 FLEXIÓN EN VIGAS.....	22
2.1.1 Diseño del molde.....	22
2.1.2 Preparación de la mezcla asfáltica.....	24
2.1.3 Análisis volumétrico de la mezcla.....	25
2.1.4 Determinación de la cantidad de asfalto en la mezcla.....	26
2.1.5 Elaboración de las probetas.....	30
2.1.6 Ensayos de laboratorio.....	32

2.1.7	Propiedades volumétricas de las mezclas.	34
2.1.8	Ensayos de flexión en vigas de concreto asfáltico.	37
3	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL.....	40
3.1	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE ENSAYOS A FLEXIÓN.	40
3.1.1	Ensayo flexión simple.....	42
3.1.2	Ensayo de flexión pura.....	44
3.1.3	Recuperación de la deformación bajo cargas flexionantes.	47
3.2	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DEL ENSAYO MARSHALL	49
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1	ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN SIMPLE Y PURA.	53
4.1.1	Parámetros que ejercen influencia en la resistencia a la flexión.	53
4.2	ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL CONTENIDO DE ASFALTO DURO.....	54
4.3	ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL LIGANTE ASFÁLTICO IMPLEMENTADO.....	56
5	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	58
6	BIBLIOGRAFÍA	60
7	ANEXOS	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Agregado empleado.	18
Figura 2-1. Dispositivo de apoyo.....	23
Figura 2-2. Molde.....	24
Figura 2-3. Preparación de la mezcla	30
Figura 2-4. Maquina Universal.....	31
Figura 2-5. Viga de concreto asfáltico.....	32
Figura 2-6. Peso sumergido a las vigas.....	33
Figura 2-7. Muestra y montaje del ensayo GMM.	34
Figura 2-8. Relaciones volumétricas y gravimétricas.....	35
Figura 2-9. Ensayo de flexión de tres y cuatro puntos.....	37
Figura 2-10. Implementación del ensayo en el laboratorio.	38
Figura 2-11. Ensayo de flexión simple.	39
Figura 2-12. Ensayo de flexión pura.	39
Figura 3-1. Análisis deformación Viga Sometida a Flexión.....	41
Figura 3-2. Análisis estructural flexión simple.....	42
Figura 3-3. Análisis Estructural Flexión Pura.	44
Figura 3-4. Proceso de elaboración de las probetas.....	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1. Límites granulométricos MDC-2.	24
Tabla 2-2. Módulo de riqueza.	26
Tabla 2-3. Tabulación de la granulometría	27
Tabla 2-4. Pesos según la granulometría	29
Tabla 2-5. Densidad Bulk de las vigas.	33
Tabla 2-6. Densidad máxima de la mezcla.	34
Tabla 2-7. Relaciones volumétricas y gravimétricas.	36
Tabla 2-8. Parámetros volumétricos.	36
Tabla 3-1. Características según ensayos de flexión simple.	44
Tabla 3-2. Características estructurales mezcla asfáltica (Flexión Pura).....	46
Tabla 3-3. Recuperación de la deformación bajo carga controlada.	47
Tabla 3-4. Recuperación de la deformación bajo deformación controlada.	48
Tabla 3-5. Resultados ensayos de ensayo Marshall.....	51
Tabla 4-1. Variación de los resultados según contenido de asfalto.	55

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 2-1. Curva granulométrica.....	25
Gráfica 3-1. Curva Carga Vs Deformación (flexión Simple).....	43
Gráfica 3-2. Curva Esfuerzo Vs. Deformación (flexión Simple).....	43
Gráfica 3-3. Curva Carga Vs Deformación (flexión Pura)	45
Gráfica 3-4 .Curva Esfuerzo Vs Deformación (flexión Pura).....	46
Gráfica 3-5. Recuperación de la deformación bajo carga controlada.	48
Gráfica 3-6. Recuperación de la deformación bajo deformación controlada.....	49
Gráfica 3-7. Ensayo Marshall comparación del flujo.	52
Gráfica 3-8.Ensayo Marshall comparación de la estabilidad.	52
Gráfica 4-1. Comparación del modulo de elasticidad según la forma de aplicación de la carga.	54
Gráfica 4-2. Relación estabilidad – flujo según el contenido de asfalto.	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	61
ANEXO B: CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EMPLEADA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS VIGAS	65
ANEXO C: PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE LAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.	73

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.*

AUTOR:

EDUARDO JOSÉ RUEDA CÁRDENAS**

PALABRAS CLAVES: Ensayo de flexión, Asfalto convencional, modificación, asfaltita, polímero SBS, estabilidad, flujo, contenido de asfalto.

DESCRIPCIÓN:

La implementación de los asfaltos modificados surge para buscar mejoras en propiedades de los asfaltos convencionales, debió a que el desarrollo económico, político y social de un país se ve reflejado en un constante aumento de las solicitaciones en el pavimentos, mayores cargas por ejes y mayores velocidades, lo cual hace que se requiera de asfaltos con mejores propiedades reológicas y mecánicas.

Las mezclas de alto módulo se obtienen utilizando una granulometría semi-gruesa en donde se emplean asfaltos duros (con baja penetración alrededor de 10/20) y contenidos de ligante asfaltico en mayor proporción comparándose con una mezcla convencional; por lo tanto al trabajarse con ligantes asfálticos de mayor resistencia (duros), la mezcla mejora sus propiedades estructurales logrando módulos de rigidez más elevados. Estas propiedades son transmitidas a la estructura de pavimento trayendo como consecuencia que exista una mayor distribución de las cargas, permitiéndole trabajar con mayor eficiencia. Esto genera una disminución en los espesores de la estructura.

En el presente estudio se ha llevado a cabo la evaluación experimental del comportamiento de la mezcla asfáltica frente a ensayos de flexión. El ensayo de flexión puede servir entonces como un medio directo para evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes, particularmente en la definición de los límites de la estabilidad estructural de las vigas, ofreciendo una forma para determinar la resistencia y la tenacidad de los materiales en flexión.

* Trabajo de grado.

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas, escuela de ingeniería civil, director del proyecto Ing. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

ABSTRACT

TITLE: COMPARATIVE ANALYSIS OF TRACTION STRESS ON ASPHALT CONCRETE BEAMS SUBJECTED TO BENDING.*

AUTHOR:

EDUARDO JOSÉ RUEDA CÁRDENAS**

KEYWORDS: bending test, conventional asphalt, flexural stiffness, asphaltite, SBS polymer, stability, flow, asphalt content.

DESCRIPTION:

The implementation of the modified asphalt comes to seek improvements in properties of conventional asphalt, due to the economic, political and social development of a country is reflected in a steady increase in the stresses in the pavement, higher axle loads and higher speeds, which makes asphalt is required with better rheological and mechanical properties.

Mixtures of high modulus is obtained using a semi-coarse grain size are used where hard asphalt (low penetration around 10/20) and asphalt binder content in greater proportion compared with a conventional mixture, so working with binders more resistant asphalt (hard), the mixture improved structural properties achieving the highest modulus. These properties are transmitted to the pavement structure as a result there bringing greater burden sharing, allowing you to work more efficiently. This generates a decrease in the thickness of the structure.

In the present study was carried out the experimental evaluation of the behavior of asphalt versus bending tests. The bending test can then serve as a direct means to evaluate performance under bending loads, particularly in defining the limits of structural stability of the beams, offering a way to determine the strength and toughness of materials in bending.

* Trabajo de grado.

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas, escuela de ingeniería civil, director del proyecto Ing. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ingeniería de pavimentos busca mejorar la calidad de los productos utilizados en la pavimentación, con la modificación de los asfaltos para conseguir mezclas con mejores características mecánicas, ayudando a solucionar problemas de fisuración, ahuellamiento y envejecimiento acelerado.

La mezcla de alto módulo es la combinación de un buen soporte mineral y un asfalto duro, obtener este tipo de asfalto es posible a partir de la modificación de asfalto convencional 60/70 con asfaltita, logrando aumentar la rigidez de la mezcla y mejorando su comportamiento a elevadas temperaturas; sin embargo, el comportamiento de la mezcla a bajas temperaturas puede verse afectado por el aumento de la rigidez.

Además el desarrollo de teorías racionales y analíticas para el diseño de pavimentos está desplazando a los métodos empíricos. Las nuevas especificaciones incluyen métodos racionales de diseño fundamentados en dos componentes principales: los módulos dinámicos, usados para establecer la rigidez de la mezcla asfáltica y la ley de fatiga para determinar la vida remanente.

Este proyecto intenta determinar de manera general la influencia que tiene el contenido de asfalto duro en el comportamiento estructural de las mezclas bituminosas y servir como punto de partida en la implementación de ensayos dinámicos sobre vigas para la caracterización del concreto asfáltico.

Este documento describe la metodología de elaboración y ensayo de las mezclas asfálticas, para determinar los esfuerzos de tracción y la deformación permisible. En el capítulo I, los materiales implementados en el desarrollo de este proyecto. El capítulo II, se hace descripción del diseño y elaboración de las mezclas y los

ensayos practicado. El capítulo III, contiene los resultados de los ensayos realizados a las mezclas. El capítulo IV, presenta el análisis de los datos bajo los siguientes criterios: Variación de la resistencia a la flexión según el tipo de material implementado en la mezcla y la forma de aplicación de la carga, la influencia que tiene el contenido de asfaltos duros en el comportamiento estructural. En el capítulo V se encuentra consignadas las conclusiones y observaciones.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Determinar el esfuerzo de tracción y la deformación que admiten las vigas de concreto asfáltico bajo una carga puntual estática cuando se utilizan diversos tipos de asfalto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir una metodología que permita caracterizar las mezclas asfálticas, con la obtención de sus esfuerzos de tracción y sus deformaciones, teniendo en cuenta que los resultados se obtienen a partir de la utilización de una máquina de compresión simple.
- Contribuir como estudio inicial a la estructuración y desarrollo de ensayos dinámicos que determinen la rigidez de las mezclas asfálticas en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos de las mezclas asfálticas modificadas y las mezclas asfálticas convencionales.
- Analizar la influencia de la variación del contenido de asfalto duro sobre el comportamiento de las propiedades mecánicas como la estabilidad y flujo.

1 MATERIALES BÁSICOS.

1.1 EL AGREGADO PÉTREO.

Es el material granular que se emplea en la elaboración de las diferentes capas de una estructura de pavimento, el cual está compuesto por elementos de diferentes tamaños y proporciones, debido a que deben cumplir con una granulometría adecuada dependiendo del uso que este tenga.

En las estructuras de pavimento el agregado pétreo constituye el esqueleto mineral lo que implica que el material empleado para efectuar esta función debe cumplir con determinadas características.

Figura 1-1. Agregado empleado.



Fuente: Registro fotográfico propio.

1.1.1 Propiedades del agregado pétreo.

Las propiedades de los agregados se pueden analizar bajo dos puntos de vista: las características como un elemento individual, y el comportamiento como conjunto del elemento.

Desde el punto de vista individual se puede caracterizar un material por sus propiedades como: el tamaño, la forma (esfericidad, alargamiento y aplanamiento) y la densidad las cuales determinan el comportamiento del conjunto, como el desgaste de los materiales en función de la distribución de las partículas y la fricción interna.

El material granular empleado para la producción de mezclas asfálticas debe proceder de un proceso de trituración, poseer características hidrófobas dado que se debe garantizar la integridad de la mezcla bajo la acción combinada del agua y el tránsito y encontrarse exento de materia vegetal, arcilla u otras sustancias que puedan resultar nocivas para el comportamiento de la capa del pavimento.

1.2 EL LIGANTE ASFÁLTICO.

El asfalto es el producto de la destilación natural o artificial del petróleo, que se obtiene como residuo cuando se han extraído los componentes más ligeros y volátiles. Dadas sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad tiene gran variedad de aplicaciones en la construcción de pavimentos flexibles, como por ejemplo: mezclas asfálticas, bases estabilizadas, riegos de sello, emulsiones asfálticas, riegos de liga, riegos de impregnación, entre otros.

1.2.1 Asfaltos modificados.

El asfalto es un material muy susceptible a los cambios de temperatura, sufre envejecimiento por intemperismo y es afectado por la oxidación. Sus propiedades mecánicas son muy pobres: es quebradizo a bajas temperaturas y fluye en temperaturas superiores a la del medioambiente. Por estas razones el material asfáltico en ocasiones tiene que ser modificado.

La modificación de un asfalto consiste en la mezcla de asfalto convencional al cual es añadido de manera homogénea y en un cierto porcentaje algún tipo de aditivo (polímeros, asfalto natural, fibras vegetales).

La implementación de los asfaltos modificados surge para buscar mejorías en propiedades de los asfaltos convencionales, debió a que el desarrollo económico, político y social de un país se ve reflejado en un constante aumento de las solicitudes en el pavimentos, mayores cargas por ejes y mayores velocidades,

lo cual hace que se requiera de asfaltos con mejores propiedades reológicas y mecánicas. (MONTEJO 2002)

1.2.2 Asfaltos modificados con asfaltita.

La Asfaltita es un material que se forma por la destilación natural de los crudos pesados o por la oxidación del crudo en la superficie terrestre debido al contacto con el aire. Al encontrarse en la superficie, sucede una volatilización apreciable de las fracciones más livianas quedando un residuo comúnmente denominado "Asfalto Natural".

El uso de la asfaltita en mezclas asfálticas produce un considerable aumento en la viscosidad del ligante a altas temperaturas, sin que se vean afectadas sus propiedades a bajas temperaturas, genera un aumento de la estabilidad Marshall en la resistencia al agua de las mezclas y en el módulo de elasticidad dinámico, siendo más resistentes a las deformaciones permanentes (MENDEZ y NUÑEZ 2008).

1.2.3 Asfaltos modificados con polímero SBS.

La modificación de asfaltos con SBS proporciona una elevación del módulo de rigidez e incrementa la resistencia a la deformación plástica, lo que permite proyectar capas de menor espesor.

Los polímeros SBS afectan también las propiedades físicoquímicas del asfalto, permitiéndole alcanzar un mayor grado de afinidad con el agregado, mejorando de esta forma la adherencia. (PIEDRAHITA y GONZALEZ 2008)

Otros atributos otorgados al asfalto por la modificación con este tipo de polímeros son la disminución del grado de manejabilidad y de penetración, el incremento de la resistencia a la rotura térmica y la elasticidad a bajas temperaturas. (UNIANDES 2007).

1.2.4 Mezclas de alto módulo.

La razón por la cual se desarrollaron las mezclas de alto módulo, radica en que las condiciones que afectan a las carreteras están cambiando, lo que implica que se debe garantizar el buen funcionamiento y la vida útil de la vía, ya que estas permiten el desarrollo de la comunidad.

Las mezclas de alto módulo se obtienen utilizando una granulometría semi-gruesa en donde se emplean asfaltos duros (con baja penetración alrededor de 10/20) y contenidos de ligante asfáltico en mayor proporción comparándose con una mezcla convencional; por lo tanto al trabajarse con ligantes asfálticos de mayor resistencia (duros), la mezcla mejora sus propiedades estructurales logrando módulos de rigidez más elevados. Estas propiedades son transmitidas a la estructura de pavimento trayendo como consecuencia que exista una mayor distribución de las cargas, permitiéndole trabajar con mayor eficiencia. Esto genera una disminución en los espesores de la estructura.

Además de la reducción de espesores y ahorro económico, las mezclas de alto módulo presentan otra serie de ventajas adicionales como ausencia de fisuras por retracciones térmicas y gran impermeabilidad.

Las mezclas de alto módulo son una alternativa para evitar problemas de ahuellamiento en estructuras flexibles sometidas a tráfico pesado, condiciones lentas de circulación, esfuerzos de frenado, o elevadas temperaturas de operación.

2 METODOLOGÍA EMPLEADA.

Los ensayos practicados en el desarrollo de este estudio buscan evaluar la rigidez a la flexión de las mezclas asfálticas bajo cargas estáticas y definir una metodología que sirva de apoyo en investigaciones futuras, que implementan ensayos de vigas bajo cargas dinámicas.

Además observar el comportamiento estructural de la mezcla asfáltica, empleando asfaltos modificados y analizar la influencia que implica la variación del contenido de asfalto duro sobre los parámetros mecánicos como el flujo y la estabilidad.

2.1 FLEXIÓN EN VIGAS.

La caracterización estructural de la mezcla asfáltica a partir de los ensayos de flexión, involucró diferentes etapas como diseño, elaboración, ensayos y análisis. La fase de diseño tuvo en cuenta dos puntos, el diseño del molde para las vigas, el cual debía tener dimensiones que se acomodaran a las condiciones exigidas y ser práctico al desmoldar las probetas sin que estas se vieran comprometidas. El segundo punto fue el diseño de la mezcla, que contempló la selección de la granulometría y la determinación del contenido de asfalto.

2.1.1 Diseño del molde.

El diseño del molde se basa en la normatividad europea (N.F.P 12697-24), en donde se definen las dimensiones del molde en función del tamaño máximo del agregado. El ancho y la altura del molde corresponden a tres (3) veces el tamaño máximo del agregado y la longitud a 8 veces el ancho y/o el alto.

A partir de lo anterior, para una granulometría MDC 2 (Especificaciones I.N.V.E – Artículo 450-07) empleada en la elaboración de las vigas probetas, las dimensiones de la viga serían:

Ancho: 4.5 cm

Alto: 6.0 cm

Longitud: 36 cm

Teniendo en cuenta que la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander cuenta con un dispositivo en el que la longitud de los especímenes se ve condicionada a una longitud máxima de “luz libre” de 25 cm, se estableció la longitud de la probeta en 30 cm.

Figura 2-1. Dispositivo de apoyo.



Fuente: Registro fotográfico propio

Para la definición de la altura del molde, se tuvo en cuenta, el porcentaje de reducción por compactación en la elaboración.

En conclusión las dimensiones del molde para la elaboración de las probetas fueron de 4.5cm de base, 9.0cm de altura y 30 cm de longitud.

Figura 2-2. Molde.



Fuente: Registro fotográfico propio.

2.1.2 Preparación de la mezcla asfáltica.

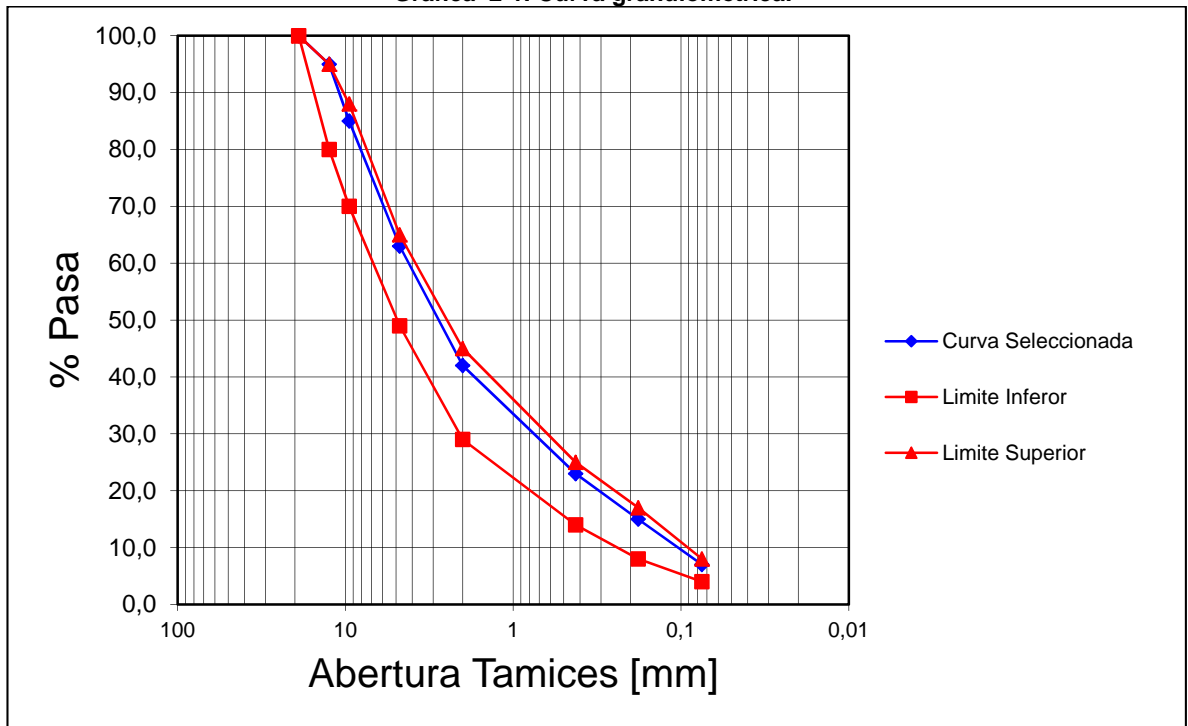
El material del que se dispuso para la elaboración de las vigas de concreto asfáltico fue un agregado pétreo procedente de la trituración del material del Río Chicamocha, el cual fue acondicionado bajo una curva granulométrica, elaborada bajo los alineamientos propuestos en la normativa del Instituto Nacional de Vías para mezclas asfálticas en caliente MDC-2.

Tabla 2-1. Límites granulométricos MDC-2.

GRADACIÓN			
Tamiz	Porcentaje Pasa		
	Límite Inferior	Curva Seleccionada	Limite Superior
3/4"	100	100.0	100
1/2"	80.0	95.0	95.0
3/8"	70.0	85.0	88.0
No. 4	49.0	63.0	65.0
No. 10	29.0	42.0	45.0
No. 40	14.0	23.0	25.0
No. 80	8.0	15.0	17.0
No. 200	4.0	7.0	8.0
Fondo	0.0	0.0	0.0

Fuente: Mezclas Asfálticas En Caliente (Concreto Asfáltico Y Mezcla De Alto Módulo). I.N.V.E 450-07

Gráfica 2-1. Curva granulométrica.



Fuente: Registro fotográfico propio.

2.1.3 Análisis volumétrico de la mezcla.

Con el propósito de determinar la cantidad en peso del agregado para la fabricación de una viga, se propuso una densidad para la mezcla asfáltica de 2.25 g/cm^3 , comprobada a través de la determinación de las propiedades volumétricas de la mezcla (anexo B – “Medición de las características volumétricas de la mezcla asfáltica”).

- Dimensiones del molde: 4.7 x 6.0 x 30.1 cm
- Volumen compacto del molde: $848,82 \text{ cm}^3$.
- Peso de la Viga: $848,82 \times 2,25 = \underline{1909.845}$ gr (este peso incluye peso de agregado y asfalto).

2.1.4 Determinación de la cantidad de asfalto en la mezcla.

Para obtener la cantidad de asfalto se empleó la metodología propuesta por **Marius Duriez**. En donde el objetivo es determinar la cantidad de asfalto que envolverá a una partícula de forma superficial; es decir el asfalto calculado solo cubrirá la partícula pero no llenará los vacíos.

Además el porcentaje de asfalto en peso, es determinado a partir del 100 % del peso del agregado.

$$PesoAgregado(100\%) + PesoAsfalto(X\%) = PesoTotal(100\% + X\%) \quad (1)$$

$$\% asfalto = K * \alpha * \sqrt[5]{\nabla} \quad (2)$$

2.1.4.1 Módulo de riqueza k.

El módulo de riqueza es un valor, expresado en porcentaje, el cual está comprendido entre [2.5 – 3.8] % para mezclas asfálticas. (REYES Lizcano 2003)

Para la elaboración de mezclas de alto módulo se tienen los siguientes valores del módulo de riqueza según el tipo de mezcla:

Tabla 2-2. Módulo de riqueza.

Tipo de Mezcla	Módulo de Riqueza
EME 1	2.5 %
EME 2	3.4 %

Fuente: www.csir.co.za/HMATRIAL

$$\nabla = \frac{1}{100} * \left(\frac{G}{4} \right) + 2.3 * S + 12 * s + 150 * f \quad (3)$$

Siendo

G=% retenido en tamiz ¼”

S=% pasa tamiz ¼” pero retenido en N° 60

s= %pasa N°60 – pero retenido N° 200

f=% pasa N° 200.

Para encontrar los valores de las variables de la ecuación (3) se realizó un ensayo de granulometría, donde se utilizó un peso de 1002 gr de muestra preparada con la granulometría propuesta para la elaboración de las probetas.

Tabla 2-3. Tabulación de la granulometría

Tamaño		Peso	Porcentaje
Nomenclatura	mm	Agregado	% retenido
1/4"	4.75	414 g	25.0%
N° 60	0.15	396 g	57.0 %
N° 200	0.075	98.0 g	11.0 %
Fondo	Fondo	84.0 g	7.0 %

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto:

$$\nabla = \frac{1}{100} * \left(\frac{25\%}{4} \right) + 2.3 * 57\% + 12 * 11\% + 150 * 7\%$$

$$\nabla = 13.131625$$

2.1.4.2 Densidad de la mezcla.

$$\alpha = \frac{2.65}{\text{densidad_aparente}} \quad (4)$$

Dado que la muestra se compone de material tipo grueso y fino, se calcula la densidad específica aparente promedio (relación entre el peso seco de la muestra al aire y el volumen del agregado sin considerar los vacíos) implementando la metodología propuesta en la Norma INVIAS I.N.V.E 128 -07, donde se propone la siguiente ecuación.

$$G_{prom} = \frac{100}{\frac{\% \text{ _pasa _N}^{\circ}4}{G_{fino}} + \frac{\% \text{ _retiene _N}^{\circ}4}{G_{grueso}}} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta que la definición del agregado grueso viene dado para el material que es retenido por el tamiz N° 4 y el fino que logra pasar.

$$G_{prom} = \frac{100}{\frac{63\%}{2.72} + \frac{37\%}{2.675}} \rightarrow G_{prom} = 2.7032 \text{ gr/cm}^3$$

Determinando el valor de α

$$\alpha = \frac{2.65}{2.7032} = 0.9803$$

2.1.4.3 Cantidad de asfalto.

Como resultado de reemplazar los valores antes determinados se tiene:

$$\% \text{ asfalto} = 3.4 * 0.9803 * \sqrt[5]{13.13}$$

$$\% \text{ asfalto} = 5.58\%$$

2.1.4.4 Determinación del peso de cada material.

Partiendo del principio que la metodología implementada determina la proporción de asfalto sobre el total del peso del agregado, el paso siguiente consiste en discretizar el peso total de la muestra en los pesos de los materiales que la componen: El agregado y el asfalto.

$$\text{Peso}_{total} = \text{Peso}_{agregados} (100\%) + \text{Peso}_{asfalto} (5.58\%)$$

Aplicando el concepto de una regla de tres y reemplazando en la ecuación (1) tenemos:

$$\begin{array}{rcl} 1909.85 & \rightarrow & 105.58\% \\ \text{Peso Agregado} & \leftarrow & 100\% \end{array}$$

En conclusión:

$$\text{peso Agregado} = 1808.91 \text{ g}$$

$$\text{peso _ Asfalto} = 100.94 \text{ g}$$

Conocido el peso del material granular, a continuación se muestra la tabulación de los pesos para los diferentes tamaños de la granulometría seleccionada.

Tabla 2-4. Pesos según la granulometría

Tamiz	% Retenido	Peso
3/4"	0.0%	0.00 g
1/2"	5.0%	90.45 g
3/8"	10.0%	180.89 g
No. 4	22.0%	397.96 g
No. 10	21.0%	379.87 g
No. 40	19.0%	343.69 g
No. 80	8.0%	144.71 g
No. 200	8.0%	144.71 g
Fondo	7.0%	126.62 g

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5 Elaboración de las probetas.

El proceso de elaboración de las vigas de concreto asfáltico inició con la preparación de la mezcla asfáltica, donde se tuvo en cuenta una temperatura de 160°C para el mezclado y de 140°C para la compactación de acuerdo con la norma I.N.V. E 748-07.

La mezcla fue puesta en el molde en dos capas, siendo acomodada (reacomodamiento interno de las partículas) con la introducción de una barra de punta redonda.

La compactación se realizó en la máquina universal de ensayos existente en el laboratorio de la universidad, en donde se aplicó una presión de 11.1 [Mpa] equivalente a 15 toneladas de carga. La carga de compactación fue aplicada sobre el espécimen con una velocidad de 0.1 ton/s sostenida durante 2 minutos en la carga máxima de compactación.

Figura 2-3. Preparación de la mezcla



Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 2-4. Maquina Universal



Fuente: Registro fotográfico propio.

Con el objetivo de realizar una comparación de los esfuerzos de tracción entre las mezclas constituidas con estos tipos de ligantes asfálticos se elaboraron probetas con un peso y granulometría del agregado constante, variando el ligante asfáltico entre los siguientes tipos: convencional (60/70), convencional (60/70) modificado con un polímero SBS y convencional (60/70) modificado con asfaltita.

La modificación del asfalto se efectuó según el estudio “Mezcla de asfaltos naturales con asfaltos de refinería para producir asfaltos duros en la elaboración de mezclas con un alto módulo” (MENDEZ y NUÑEZ 2008) realizado en la Universidad Industrial de Santander.

Figura 2-5. Viga de concreto asfáltico.



Fuente: Registro fotográfico propio.

2.1.6 Ensayos de laboratorio.

Con el propósito de caracterizar las propiedades de las probetas se realizaron ensayos de laboratorio a las mezclas asfálticas como:

- Densidad Bulk (I.N.V E-733).
- Densidad Máxima Teórica - GMM (I.N.V E-735).

2.1.6.1 Densidad Bulk.

La densidad Bulk consiste en la relación entre peso de la mezcla (en el aire) y el volumen de la masa compactada incluyendo los vacíos.

El procedimiento implementado es el propuesto por la normatividad del Instituto Nacional de Vías (I.N.V E 733-07) y se le realizó a tres (3) probetas de cada uno de los materiales, para garantizar el valor medido.

Figura 2-6. Peso sumergido a las vigas.



Fuente: Registro fotográfico propio.

Tabla 2-5. Densidad Bulk de las vigas.

PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm3)				
Probeta N°	01	02	03	PROMEDIO
Tipo Asfalto				
Convencional	2.28	2.26	2.30	2.28
Asfaltita	2.26	2.25	2.25	2.25
SBS	2.25	2.27	2.26	2.26

Fuente: Elaboración propia.

2.1.6.2 Densidad máxima teórica – GMM.

La densidad máxima teórica es la relación entre peso de la mezcla (en el aire) y el volumen de la masa sin compactar, es decir, no se tiene en cuenta el volumen de vacíos.

El procedimiento implementado es el propuesto por la normatividad del Instituto Nacional de Vías (I.N.V E 735-07) y se le realizó a tres (3) probetas de cada uno de los materiales, para garantizar el valor medido.

Figura 2-7. Muestra y montaje del ensayo GMM.



Fuente: Registro fotográfico propio

A continuación se presenta la tabulación de los valores promedios de la densidad máxima para la mezcla asfáltica según el tipo de ligante asfáltico empleado.

Tabla 2-6. Densidad máxima de la mezcla.

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (Grs/Cm3)	
Convencional	2.52
Asfaltita	2.53
SBS	2.54

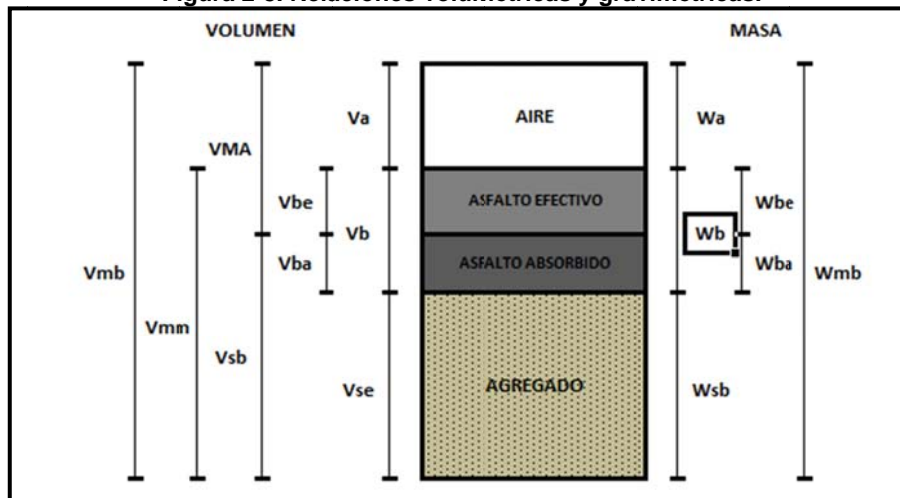
Fuente: Elaboración propia

2.1.7 Propiedades volumétricas de las mezclas.

Para la comparación de resultados se debe partir del hecho que las probetas tienen características similares en cuanto a los volúmenes de materiales que las componen.

A continuación se determinan las propiedades volumétricas de las mezclas empleadas.

Figura 2-8. Relaciones volumétricas y gravimétricas.



Fuente: Elaboración Propia

Va:	Volumen de aire	Wa:	Masa del aire
Vb:	Volumen de asfalto	Wb:	Masa del asfalto
Vse:	Volumen efectivo del agregado (Gs efectiva)	Wsb:	Masa total del agregado
Vbe:	Volumen de asfalto efectivo	Wbe:	Masa del asfalto efectivo
Vba:	Volumen de asfalto absorbido	Wba:	Masa del asfalto absorbido
VMA:	Volumen de vacíos en el agregado mineral	Wmb:	Masa total de la mezcla compactada
Vsb:	Volumen total de agregado (Gs de la masa)		
Vmm:	Volumen de la mezcla sin vacíos		
Vmb:	Volumen total de la mezcla compactada		

Tabla 2-7. Relaciones volumétricas y gravimétricas.

Propiedades Volumétricas			
Tipo De Asfalto	Convencional	Asfaltita	SBS
Variable			
Va:	77.94	93.12	91.60
Vb:	103.80	105.32	104.47
Vse:	636.60	642.97	634.85
Vbe:	88.64	86.97	83.35
Vba:	15.16	18.35	21.12
VMA:	166.58	180.10	174.95
Vsb:	651.75	661.31	655.97
Vmm:	740.40	748.29	739.32
Vmb:	818.33	841.41	830.92
Wa:	-	-	-
Wb:	104.11	105.64	104.79
Wsb:	1,761.69	1,787.53	1,773.08
Wbe:	88.91	87.24	83.60
Wba:	15.20	18.40	21.19
Wmb:	1,865.80	1,893.17	1,877.87

Fuente: Elaboración Propia

En resumen

Tabla 2-8. Parámetros volumétricos.

	CONVENCIONAL	ASFALTITA	SBS
%Va:	9.52	11.07	11.02
VMA:	20.36	21.40	21.05
VFA:	53.21	48.29	47.64

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran pobretas con valores cercanos en sus características volumétricas.

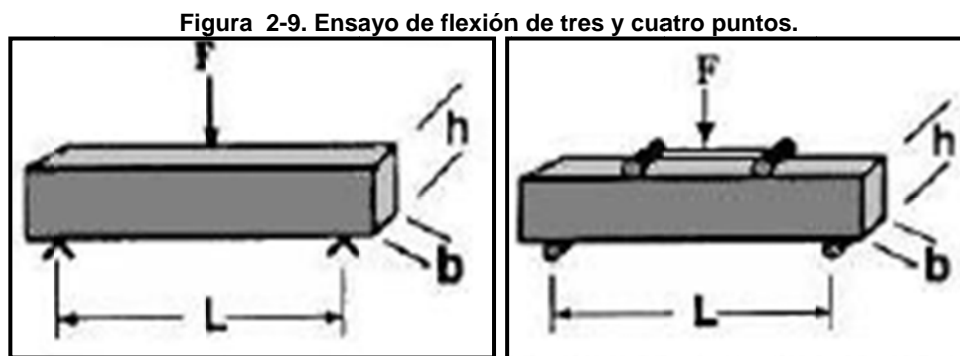
2.1.8 Ensayos de flexión en vigas de concreto asfáltico.

En el presente estudio se ha llevado a cabo la evaluación experimental del comportamiento de la mezcla asfáltica frente a ensayos de flexión. En el procedimiento de caracterización de las vigas, se realizaron dos tipos de ensayos: flexión con carga puntual en el centro de la luz y flexión con carga en los tercios medios de la luz libre (Figura 2.9), en donde la cantidad de especímenes evaluados en cada ensayo, corresponde a dos vigas por cada tipo de mezcla.

El ensayo de flexión puede servir entonces como un medio directo para evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes, particularmente en la definición de los límites de la estabilidad estructural de las vigas, ofreciendo una forma para determinar la resistencia y la tenacidad de los materiales en flexión.

En el proceso de análisis del comportamiento de las vigas sometidas a este tipo de ensayos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La sección plana de la viga antes de someterse a flexión continuará siendo plana después de deformada. Hipótesis de Bernoulli.
- Los esfuerzos varían de forma proporcional a la deformación. Ley de Hooke.



Fuente: (NAVARRO y VALANCIA 2005)

La metodología implementada, consistió en aplicar una carga a una velocidad conocida, la cual fue determinada a partir de la norma (I.N.V E 747-07 s.f.)

“Resistencia A La Compresión Simple En Mezclas Bituminosas”, donde la variable de control fue la deformación.

La norma propone que la velocidad de deformación vertical está especificada en 1.3mm/min por cada 25 mm de altura de la probeta, lo que significa que la velocidad de deformación para las vigas corresponde a:

$$\begin{array}{rcl} \text{mm / min} & \text{mm} & \\ 1.3 \rightarrow & 25 & \\ X \rightarrow & 60 & \end{array}$$

$$X = 3.12 \text{mm / min}$$

Teniendo en cuenta que la precisión del deformímetro empleado es de milésimas de pulgada (0.001”). La velocidad de deformación de la viga ajustada al instrumento empleado fue de 2 líneas/seg. La deformación fue medida en el centro de la luz libre para los tipos de ensayos, mientras se tenía en cuenta la carga producida por la deformación, las cuales fueron consignadas para la construcción de las Gráficas Carga Vs. Deformación (ver anexo C – “Medición de las propiedades estructurales de la mezcla asfáltica”).

Figura 2-10. Implementación del ensayo en el laboratorio.



Fuente: Registro fotográfico propio

Figura 2-11. Ensayo de flexión simple.



Fuente: Registro fotográfico propio

Figura 2-12. Ensayo de flexión pura.



Fuente: Registro fotográfico propio

3 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

La caracterización estructural consistió en someter a las mezclas asfálticas a dos tipos de ensayos bajo condiciones diferentes de temperatura.

La caracterización a baja temperatura se realizó a partir de la implementación de los ensayos de flexión, acondicionando las vigas durante un periodo de 3 horas a una temperatura de 10°C. En la ejecución de este tipo de ensayos se tuvo en cuenta la forma de aplicación de la carga, considerando una primera etapa cuando las vigas se sometieron bajo una carga puntual y una segunda etapa, bajo cargas puntuales en los tercios medios.

Para la evaluación de las propiedades mecánicas a elevadas temperaturas se implementó el ensayo Marshall, el cual implica una estabilización de la temperatura de las probetas en 60°C, en donde se midieron los parámetros de estabilidad y flujo.

3.1 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE ENSAYOS A FLEXIÓN.

A continuación se presenta el procedimiento de análisis y cálculo de los esfuerzos de tracción en las vigas según el tipo de solicitaciones a las cuales fueron sometidas.

Los esfuerzos de tracción vienen dados por la relación entre el momento aplicado y el módulo de sección resistente.

$$\sigma_t = \frac{M}{S} \quad (6)$$

El módulo de elasticidad o rigidez de la mezcla se define como la pendiente de la parte recta de la curva Esfuerzos De Tracción Vs. Deformación Unitaria.

El modulo de la sección viene dado por la siguiente expresión:

$$S = \frac{I}{Y_t} \quad (7)$$

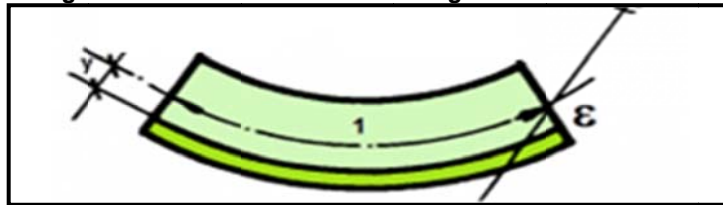
Donde

I : es el momento de inercia respecto al centro de masa.

Y_t : Distancia desde el eje neutro hasta la fibra más alejada sometida a tracción.

Para un radio de curvatura dado, el alargamiento de una fibra es proporcional a la distancia a la fibra neutra, lo que permite concluir que para secciones planas la distancia de la zona en tracción equivale a la distancia al centro de masa.

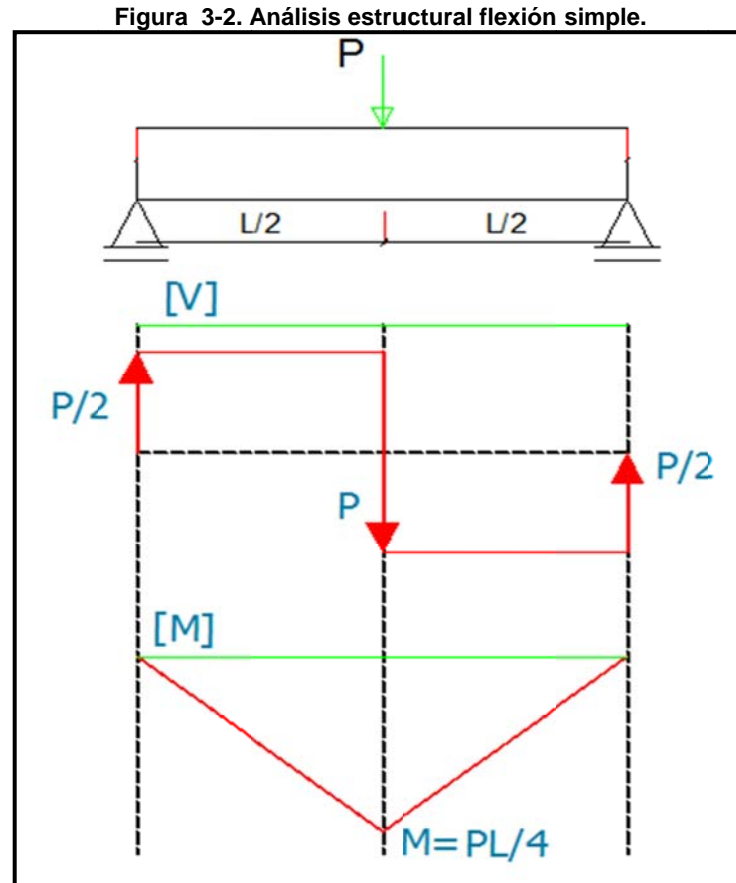
Figura 3-1. Análisis deformación Viga Sometida a Flexión



Fuente: <http://biguridp3.wordpress.com>

3.1.1 Ensayo flexión simple.

Se dice que un elemento trabaja a **flexión simple** cuando en cualquier sección del cuerpo del elemento existe momento flector y esfuerzo cortante.



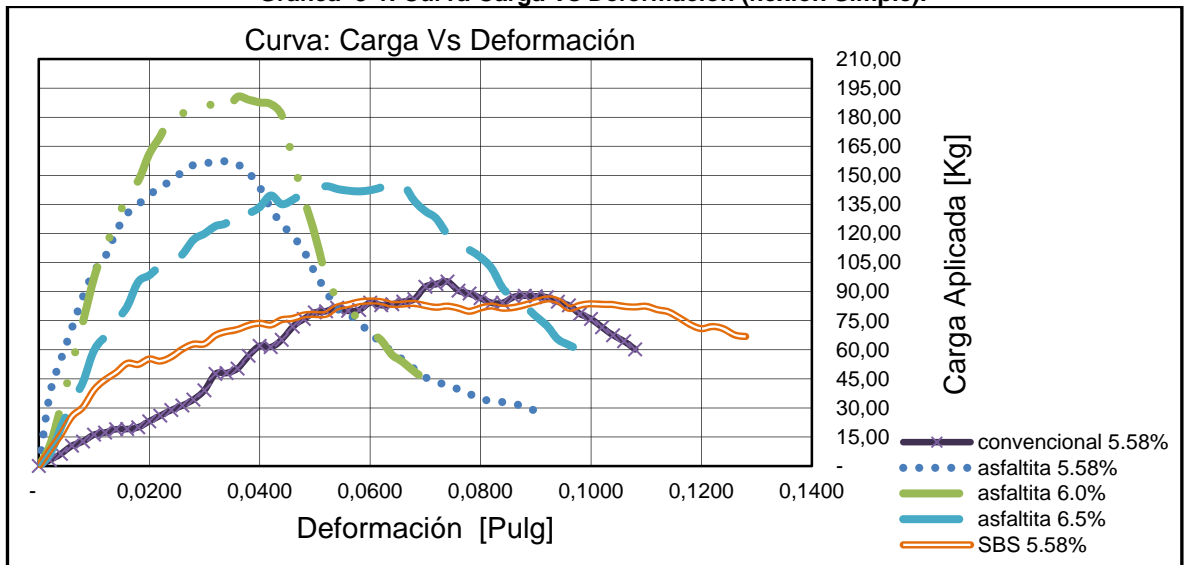
Fuente: Elaboración Propia

Los esfuerzos de tracción para este tipo de solicitaciones se determinan a través de:

$$\sigma_t = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (8)$$

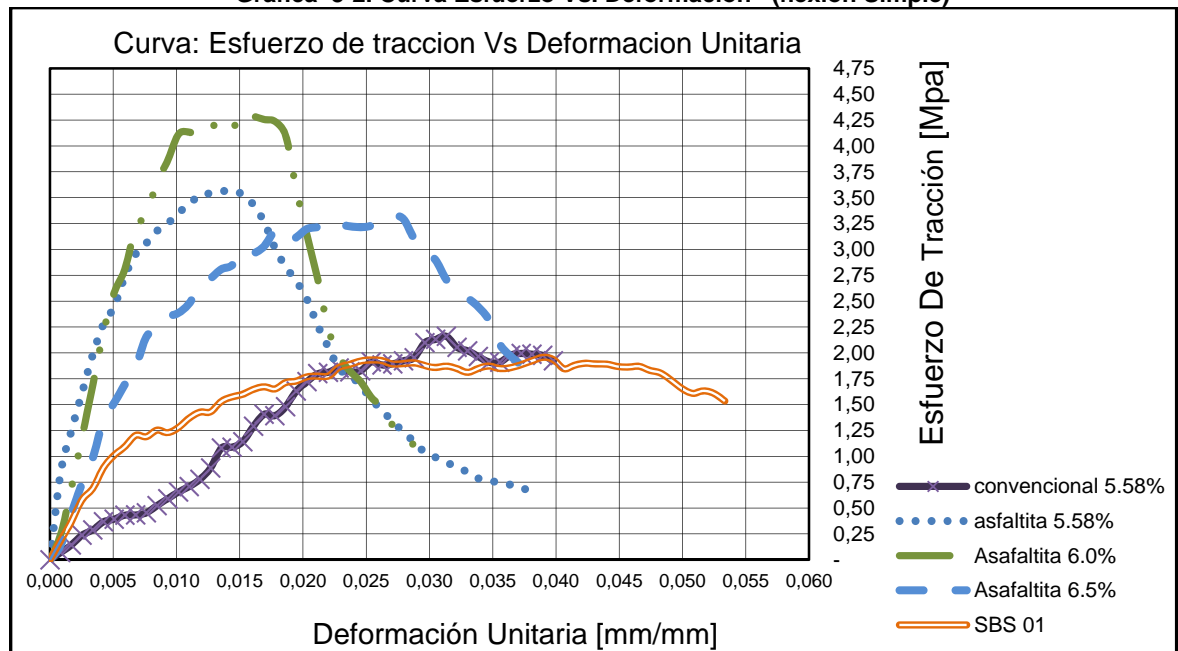
Los resultados se ilustran en las Gráficas 3-1 y 3-2.

Gráfica 3-1. Curva Carga Vs Deformación (flexión Simple).



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3-2. Curva Esfuerzo Vs. Deformación (flexión Simple)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-1. Características según ensayos de flexión simple.

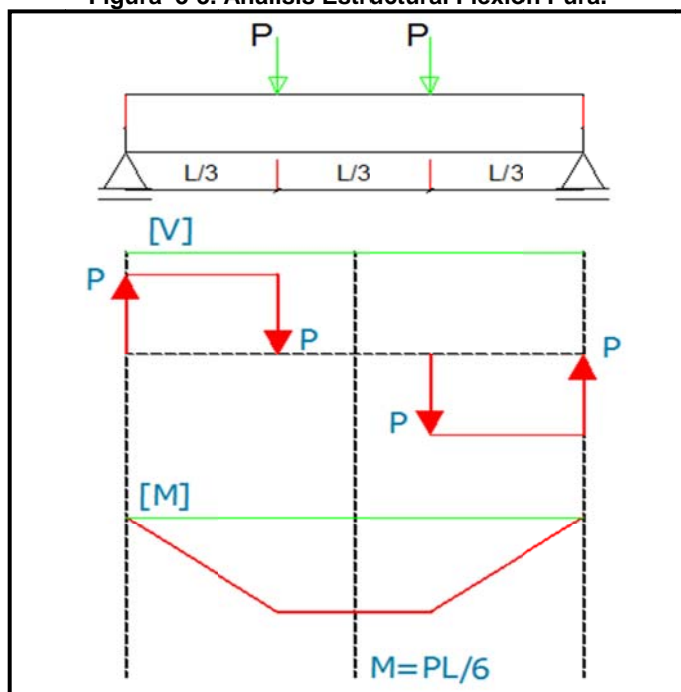
	Modulo [Mpa]	Modulo [Psi]	Esfuerzo Máx.[Mpa]	Deformación Unit. de falla
Convencional 5.58%	87.270	12,656.818	2.160	0.0313
Asfaltita 5.58%	512.60	74,342.150	3.57	0.0144
Asfaltita 6.0%	534.646	77,539.661	4.32	0.0152
Asfaltita 6.5%	323.819	46,963.455	3.32	0.0640
SBS 5.58%	208.568	30,248.684	1.96	0.0389

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Ensayo de flexión pura.

La **flexión pura** se refiere a la flexión de una viga bajo un momento flexionante constante, por lo tanto ocurre solo en regiones de una viga donde la fuerza cortante es cero.

Figura 3-3. Análisis Estructural Flexión Pura.



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos de tracción para este tipo de solicitaciones viene dado por:

$$\sigma_t = \frac{3aP}{bh^2} \quad (9)$$

Donde

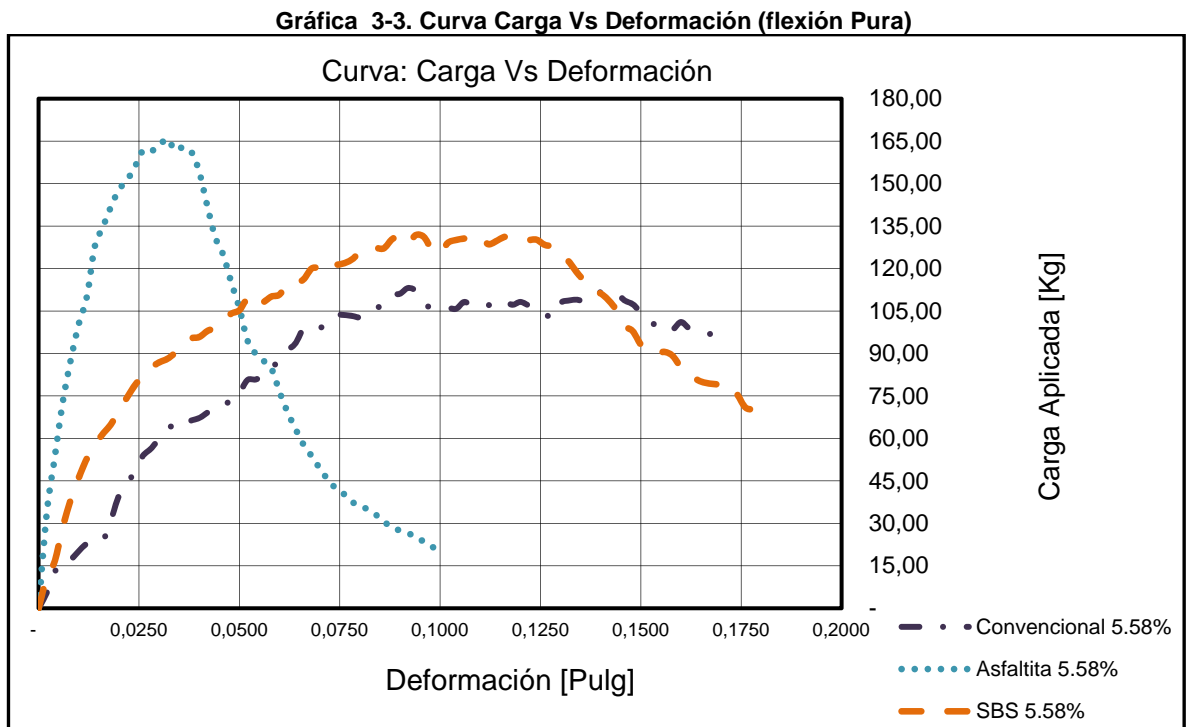
a: espaciamiento entre los puntos de aplicación de la fuerza

P: carga aplicada

b: ancho de la viga

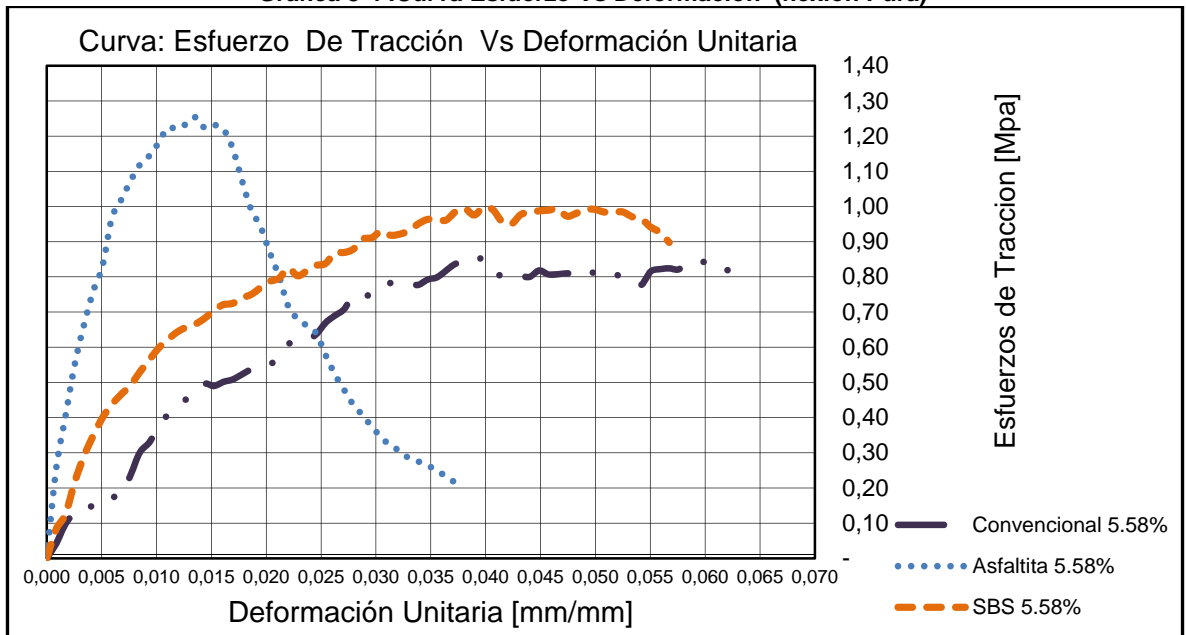
h: alto de la viga

Los resultados se ilustran en las Gráficas 3-3 y 3-4.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3-4 .Curva Esfuerzo Vs Deformación (flexión Pura)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2. Características estructurales mezcla asfáltica (Flexión Pura)

	Modulo [Mpa]	Modulo [Psi]	Esfuerzo Max. [Mpa]	Deformación Unit. de falla
Convencional 5.58%	35.929	5,210.760	0.86	0.0389
Asfaltita 5.58%	174.707	25,337.691	1.25	0.0135
SBS 5.58%	83.009	12,038.780	1.00	0.0398

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Recuperación de la deformación bajo cargas flexionantes.

Otro de los parámetros medidos con el objetivo de caracterizar el desempeño estructural de las mezclas, fue la recuperación de la deformación. Este valor fue determinado a partir del ensayo de flexión simple, considerando en una primera instancia la carga como variable de control, donde el procedimiento consistió en aplicar una carga de 20 kg equivalentes a un 20% de la carga de falla, midiendo la deformación que esta produce y la deformación remanente después de retirada la carga.

En una segunda fase del ensayo la deformación fue la variable de control, llevando a las vigas a una deformación de 0.006 pulgadas, para medir la deformación remanente.

El cálculo del porcentaje de recuperación se realizó de la siguiente forma.

$$\% \text{recuperación} = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{remanente}}}{D_{\text{max}}} \quad (9)$$

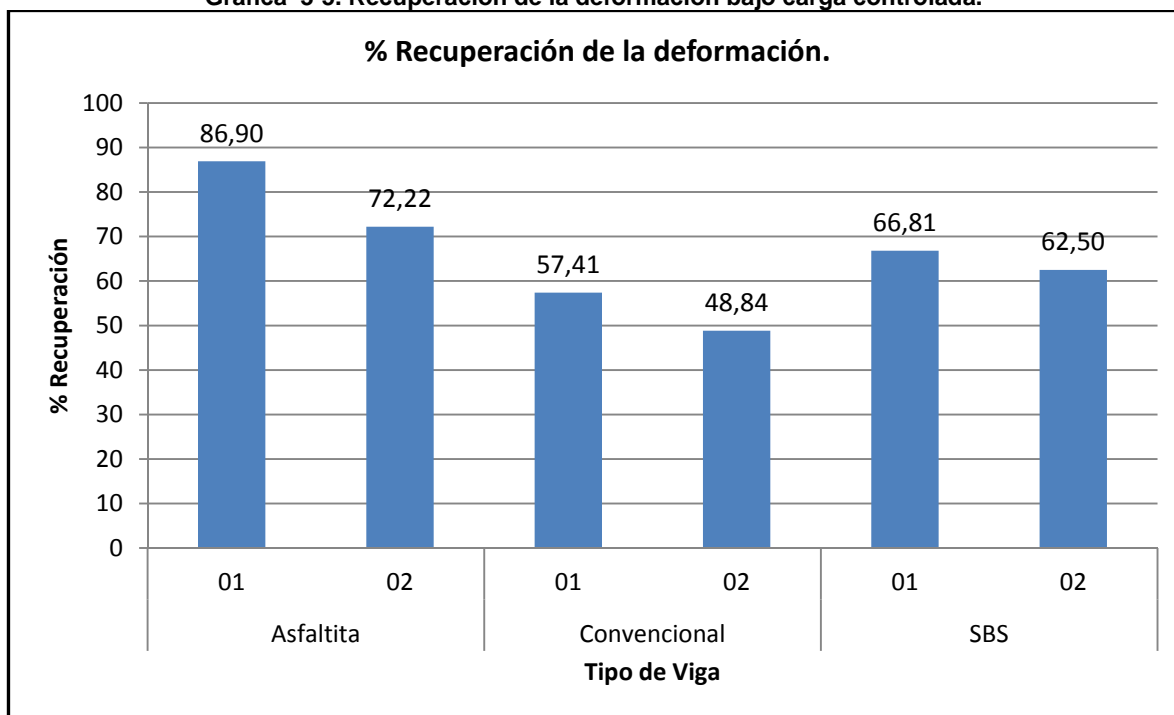
A continuación se presenta la tabulación y representación de los datos.

Tabla 3-3. Recuperación de la deformación bajo carga controlada.

RECUPERACIÓN DE LA DEFORMACIÓN				
Tipo Viga	Carga [Kg]	Deformación Max [Pulg]	Deformación Remanente [Pulg]	% De Recuperación
C01	20.00	0.00320	0.00133	57.4
C02	20.00	0.02200	0.01200	48.8
CA01	20.00	0.00767	0.00100	86.9
CA02	20.00	0.00900	0.00400	72.2
A01	20.00	0.00595	0.00210	66.8
A02	20.00	0.00800	0.00300	62.5

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3-5. Recuperación de la deformación bajo carga controlada.



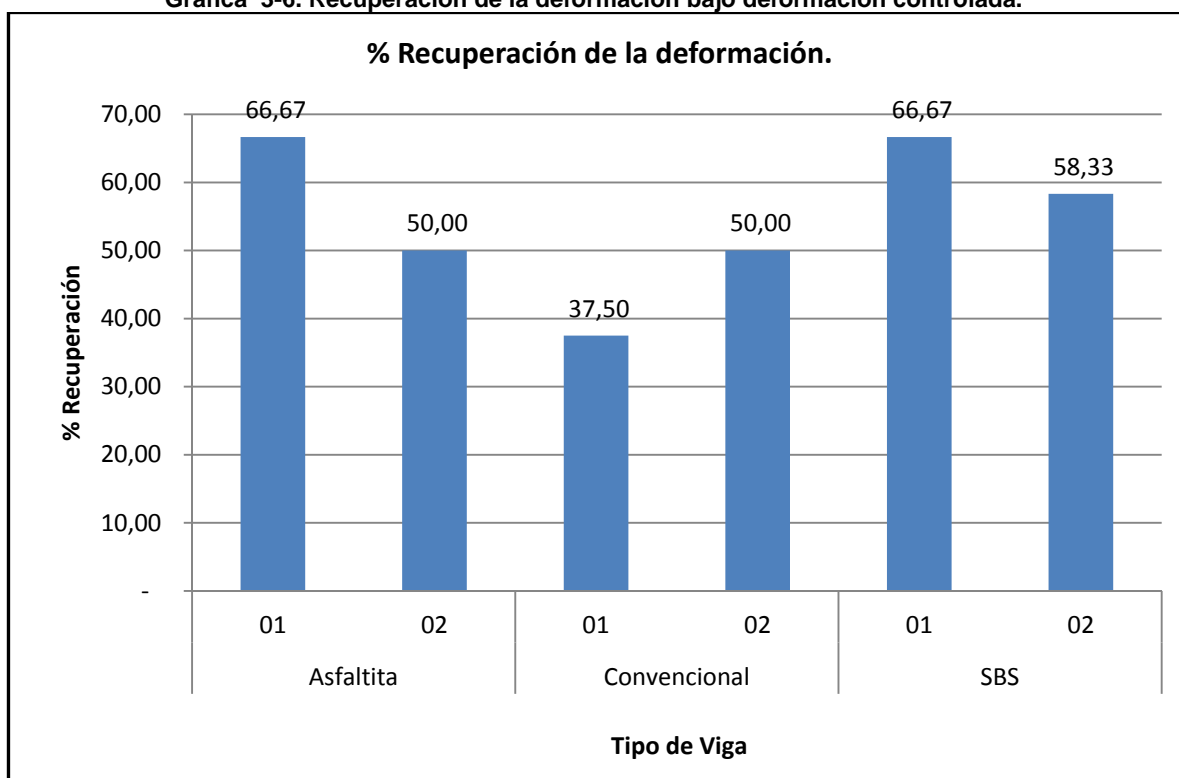
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4. Recuperación de la deformación bajo deformación controlada.

RECUPERACIÓN DE LA DEFORMACIÓN				
Tipo Viga	Carga [Kg]	Deformación Max [Pulg]	Deformación Remanente [Pulg]	% De Recuperación
C01	29.20	0.00600	0.00375	37.5
C02	20.90	0.00600	0.00300	50.0
CA01	43.80	0.00600	0.00200	66.7
CA02	35.10	0.00600	0.00300	50.0
A01	29.40	0.00600	0.00200	66.7
A02	24.50	0.00600	0.00250	58.3

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3-6. Recuperación de la deformación bajo deformación controlada.



Fuente: Elaboración propia

3.2 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DEL ENSAYO MARSHALL

El ensayo Marshall se implementó a las mezclas asfálticas utilizadas en la elaboración de las vigas con el propósito de obtener una caracterización a partir de un procedimiento estandarizado.

El ensayo Marshall es un método ideado para dosificar las mezclas asfálticas. Mediante la prueba, se obtiene la cantidad apropiada de asfalto para poder garantizar la suficiente estabilidad y así mismo las exigencias del servicio sin desplazamientos o distorsiones.

Figura 3-4. Proceso de elaboración de las probetas.



Fuente: Registro fotográfico propio

Las probetas para el ensayo Marshall se elaboraron con un peso de mezcla asfáltica de 1,200 gr para los tres tipos de asfalto: convencional 60/70, convencional 60/70 modificado con polímero y convencional 60/70 modificado con asfaltita considerando para este último la variación en el porcentaje del contenido de asfaltó (5.58, 6.0 y 6.5) para un total de 15 probetas. Teniendo en cuenta que el diseño de la mezcla un alto tráfico, por lo que se compactó cada probeta con 75 golpes por cara.

Los resultados de laboratorio tienen como finalidad comprobar la capacidad mecánica de los materiales en temperaturas elevadas al realizar un análisis a los valores obtenidos de estabilidad y flujo.

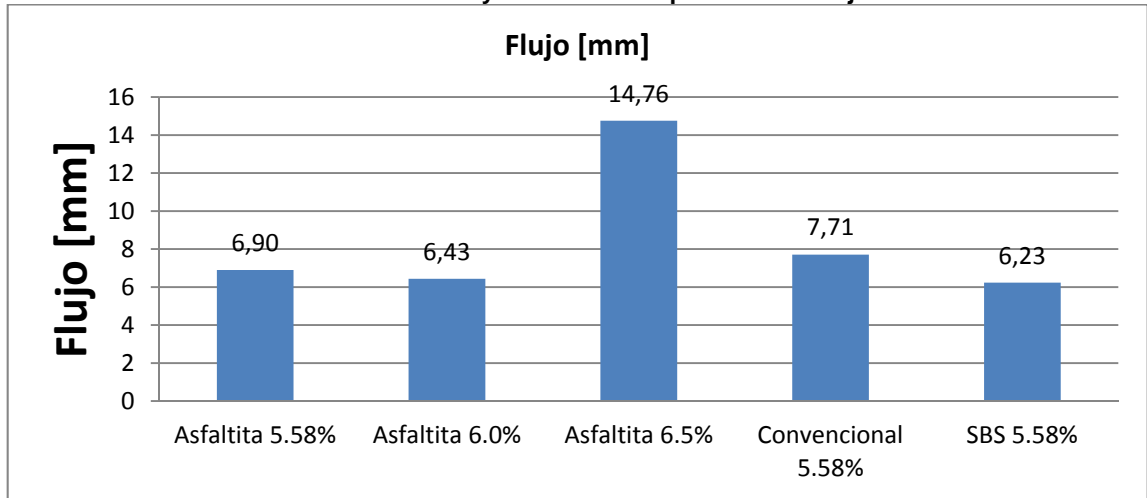
Tabla 3-5. Resultados ensayos de ensayo Marshall.

Tipo de Probeta	N°	Densidad Bulk [gr/cm]	Estabilidad [kg]	Flujo [mm]	%Va:	VMA:	VFA:	Relación [E/F] [kg/mm]
Convencional 5.58%	01	2.39	2,043.7	6.55	5.16	16.51	68.76	311.87
	02	2.39	1,249.2	7.29	5.16	16.51	68.76	171.36
	03	2.38	1,699.3	8.13	5.56	16.86	67.05	209.07
Asfaltita 5.58%	01	2.35	2,052.9	6.86	5.53	16.51	66.49	299.35
	02	2.35	2,319.3	6.60	5.53	16.51	66.49	351.20
	03	2.35	2,250.4	7.24	5.53	16.51	66.49	310.87
Asfaltita 6.0%	01	2.37	2,526.0	6.10	5.20	18.02	71.14	414.36
	02	2.38	2,594.9	6.86	4.80	17.67	72.84	378.37
	03	2.38	2,526.0	6.35	4.80	17.67	72.84	397.79
Asfaltita 6.5%	01	2.39	2,480.0	14.68	3.24	17.33	81.31	168.93
	02	2.38	2,337.7	14.83	3.64	17.67	79.38	157.59
	03	2.37	2,255.0	9.40	4.05	18.02	77.53	239.94
Polímero SBS 5.58%	01	2.37	1,561.5	5.23	6.69	17.21	61.12	298.43
	02	2.35	1,775.1	6.22	7.48	17.91	58.24	285.24
	03	2.35	1,988.6	7.24	7.48	17.91	58.24	274.71

Fuente: Elaboración propia.

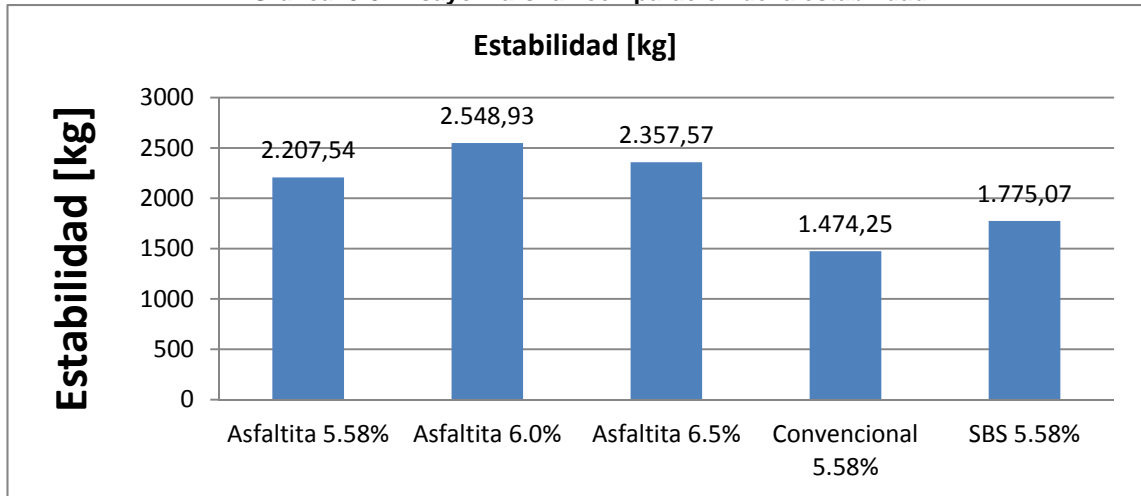
Los valores representados corresponden al promedio de los datos para cada uno de los tipos y contenidos de asfaltos.

Gráfica 3-7. Ensayo Marshall comparación del flujo.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3-8. Ensayo Marshall comparación de la estabilidad.



Fuente: Elaboración propia

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN SIMPLE Y PURA.

El objetivo del presente estudio es realizar un análisis de los esfuerzos de tracción en vigas constituidas con mezcla asfáltica. Para esto se realizaron dos tipos de ensayos: flexión simple y flexión pura.

Para este tipo de ensayos se observó que aunque la forma de aplicación de la carga fue diferente, el comportamiento que presentaban las mezclas fue muy similar entre los dos ensayos, conservándose la magnitud de la carga y el punto de falla; no obstante, es válido aclarar que el procedimiento de cálculo de los esfuerzos de tracción fue distinto entre los ensayos debido a la forma de implementación de la carga, ya que se desarrollan diferentes sollicitaciones internas.

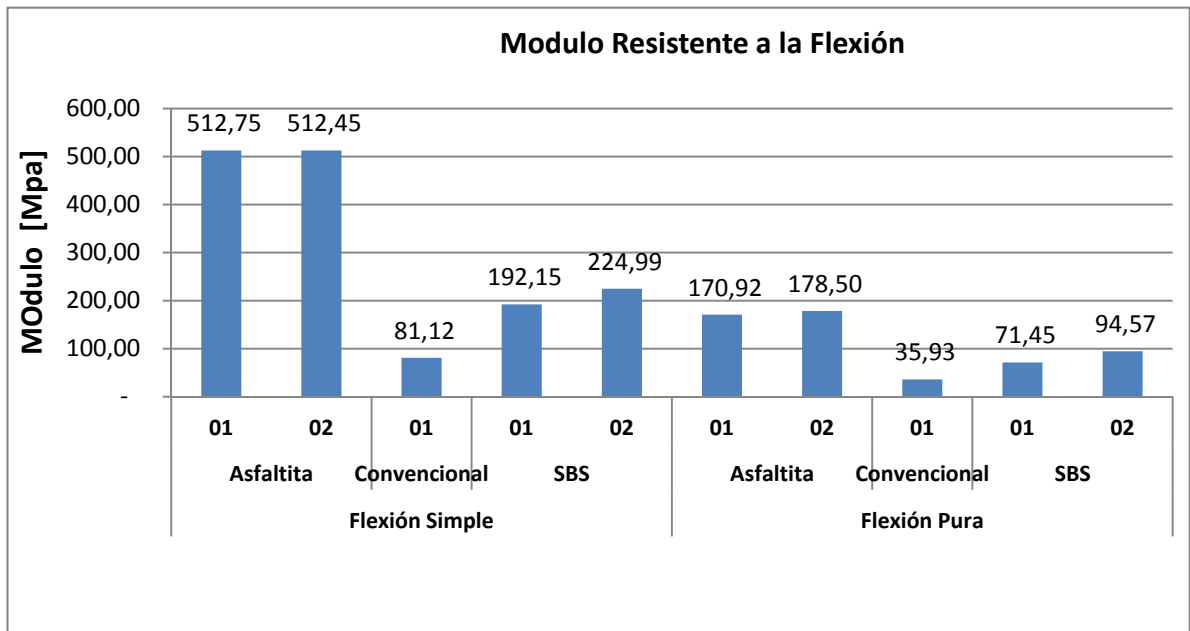
4.1.1 Parámetros que ejercen influencia en la resistencia a la flexión.

4.1.1.1 Forma de aplicación de la carga.

Se practicaron dos tipos de ensayos en las vigas de concreto asfáltico, en donde a partir de los resultados obtenidos para cada uno de ellos, observó que la forma de aplicación de la carga ejerce una influencia en la resistencia a la flexión (BARCELO 1946).

A partir de realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los ensayos de flexión, se puede resaltar que los valores del módulo resistente y los esfuerzos de tracción para las vigas a flexión pura son del orden de 3 veces inferiores a los conseguidos en el ensayo de flexión simple (ver Gráfica 4-1).

Gráfica 4-1. Comparación del modulo de elasticidad según la forma de aplicación de la carga.



Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL CONTENIDO DE ASFALTO DURO.

Los ensayos de flexión fueron realizados con el propósito de evaluar el comportamiento de la mezcla a bajas temperaturas para determinar el desempeño mecánico de las mezclas modificadas con asfaltita. Los asfaltos duros empleados en la elaboración de este tipo de mezclas mejoran las propiedades incrementando la rigidez a elevadas temperaturas, lo que trae como consecuencia que a bajas temperaturas la estructura aumente su rigidez, tornando el material frágil.

La asfaltita es un elemento que permite modificar las propiedades de un asfalto convencional, para convertirlo en un asfalto duro y de esta forma obtener mezclas de alto módulo.

Para estudiar la influencia que tiene el contenido de asfalto duro en el comportamiento estructural de la mezcla, se elaboraron dos mezclas adicionales con contenidos de asfalto modificado de 6.0% y 6.5%, que fueron sometidas a un ensayo de flexión simple.

Tabla 4-1. Variación de los resultados según contenido de asfalto.

TIPO	CARGA MAX [kg]	DEFORMACIÓN DE FALLA [in]
Asfaltita 5.58%	160.90	0.034
Asfaltita 6.0%	190.50	0.036
Asfaltita 6.5%	146.40	0.064

Fuente: Elaboración Propia

De los parámetros mecánicos estudiados, la deformabilidad del material presentó una mayor sensibilidad al aumento del contenido de asfalto en comparación con la estabilidad, apreciándose un incremento de aproximadamente dos veces la capacidad de deformación desarrollada por las mezclas con menor contenido de asfalto, mientras en la última carga última, no se presentaron cambios significativos. Esto implica que el aumento del contenido de asfalto proporciona propiedades dúctiles a la mezcla ayudando a mejorar el comportamiento estructural a bajas temperaturas.

Esta misma variación se obtuvo, sometiendo las mezclas a elevada temperatura con la realización del ensayo Marshall. La estabilidad mostró un valor cercano a los obtenidos con menores contenidos de asfaltos, pero logró mayor deformación conservando la relación a baja temperatura. (Ver Gráfica 3-5 y 3-6).

4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL LIGANTE ASFÁLTICO IMPLEMENTADO.

Con el objetivo de comparar el comportamiento estructural se realizó una variación en el ligante asfáltico empleado. Como se mencionó anteriormente se trabajaron tres tipos: asfalto convencional 60/70 sin modificar, modificado con asfaltita y con polímero SBS.

Con base en los valores obtenidos en los ensayos, se encontró que la asfaltita produce un aumento considerable de la rigidez de la mezcla dándole la capacidad de soportar aproximadamente el doble de la carga, en relación con una mezcla convencional o modificada con polímero.

La modificación del ligante asfáltico con un polímero SBS aporta a la mezcla características de ductilidad, ya que aumenta la deformación de falla y la facultad de recuperación elástica, conservando la capacidad de soporte de una mezcla convencional pero con un mayor módulo de rigidez a la flexión.

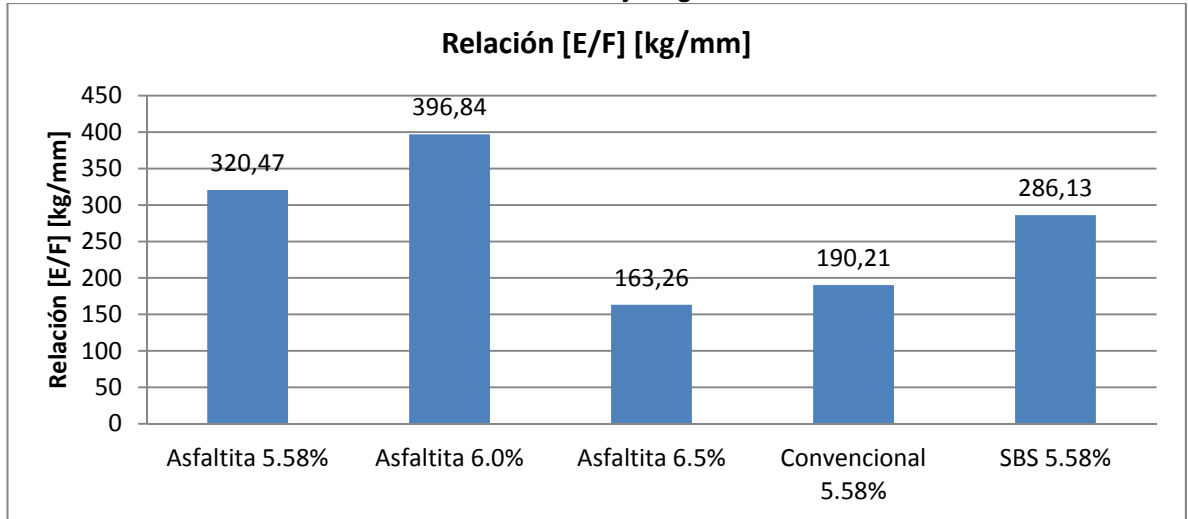
En las curvas Esfuerzo – Deformación, se observó que las mezclas presentaron variaciones en su comportamiento.

La tenacidad es la capacidad de absorción de energía de un material antes de alcanzar la rotura. La modificación con polímeros y el empleo de altos contenidos de asfaltos duros (6.5%), presentan mayor capacidad de absorción de energía en comparación con las mezclas con bajos contenidos de asfalto convencional y de asfaltita.

En el análisis efectuado a los parámetros medidos en el ensayo Marshall, la relación estabilidad –flujo mostró que el contenido de asfaltos duros tiene influencia sobre la condición de fragilidad o de ductilidad de una mezcla asfáltica.

El polímero SBS aunque proporciona características elásticas a la mezcla, también presenta un mayor grado de rigidez que un asfalto convencional.

Gráfica 4-2. Relación estabilidad – flujo según el contenido de asfalto.



Fuente: Elaboración propia.

5 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- De la comparación de los resultados obtenidos, La modificación de un asfalto convencional 60/70 con asfaltita permite que la mezcla resista mayores esfuerzos de tracción bajo cargas estáticas, además incrementa la capacidad de recuperación de la deformación, lo cual es favorable debido a que mejora la funcionalidad de la estructura.

En comparación con la mezcla de asfalto convencional 60/70. Los resultados de la mezcla con polímero reflejan un incremento en la elasticidad de la mezcla, alcanzando mayores deformaciones bajo igual carga.

- El módulo de rigidez se afecta por variaciones en el tipo de asfalto empleado. La modificación con asfaltita presentó el mayor incremento del módulo y su rigidez puede ser controlada variando el contenido de asfalto.

La modificación con polímero SBS también manifestó un aumento en el módulo de rigidez a la flexión aunque en menor proporción que los obtenidos con la asfaltita.

En conclusión, la asfaltita fue el elemento que modificó fuertemente las propiedades del ligante asfáltico, las cuales se vieron reflejadas en el comportamiento de la mezcla.

- Los ensayos permiten constatar que emplear asfaltos duros en las mezclas bituminosas de pavimentos, aumentan la rigidez a altas temperaturas y la fragilidad de la mezcla podría ser controlada con incremento de la cantidad de ligante. Por su mayor rigidez, estas mezclas, proporcionan mayor

capacidad de soporte al reducir los esfuerzos sobre capas de Subrasante y mayor resistencia a la deformación permanente.

- Con esta investigación se abren el camino para nuevos estudios donde se continúe analizando el comportamiento de los asfaltos duros a partir de la modificación de la asphaltita, ya que sobre este elemento puede apoyarse una solución para mejorar la red de infraestructura vial del país.
- Este estudio contribuye como fase inicial en la estructuración y desarrollo de ensayos dinámicos que determinen la rigidez de las mezclas asfálticas en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander.

6 BIBLIOGRAFÍA

BARCELO, GABRIEL. «Ensayo de Homígones a Pie De Obra.» *Revista De Obras Publicas*, Mayo 1946: 220-227.

<http://pavementinteractive.org>. *Flexural Fatigue*. 2008.

I.N.V E 747-07, -07. *Resistencia a la Compresion Simple de Mezclas Asfálticas Bituminosas*.

MENDEZ, Adriana, y Yudith Maritza NUÑEZ. *MEZCLAS DE ASFALTOS NATURALES CON ASFALTOS DE REFINERIA PARA PRODUCIR ASFALTOS DURAS EN LA ERABORACION DE MEZCLAS CON UN ALTO MODULO*. BUCARAMANGA: UIS, 2008.

MONTEJO, Alfonso. *Ingenieria de pavimentos*. 2da. Bogota: Universidad Catolica de Colombia, 2002.

NAVARRO, Eduardo, y Fernando VALANCIA. *pavimentos, Automatizacion de ensayos dinamicos de pavimentos en el equipo N.A.T*. bogota: Universidad Javeriana, 2005.

PIEDRAHITA, Cira, y David GONZALEZ. «MEJORAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.» Editado por CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA. *INGE-CUC 4* (Octubre 2008): 85-94.

REYES Lizcano, Fredy Alberto. *Diseño Racional de Pavimentos por Fredy Alberto Reyes Lizcano*. Bogota: Escuela Colombiana De Ingenieria, 2003.

UNIANDES. «Estado del conocimiento del estudio sobre mezclas asfálticas modificadas en Colombia.» *Vial Revista Infraestructura*, 2007: 1-3.

ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Anexo A.1: Caracterización Del Ligante Asfáltico Modificado Con Polímeros.



CARACTERIZACIÓN DE ASFALTO

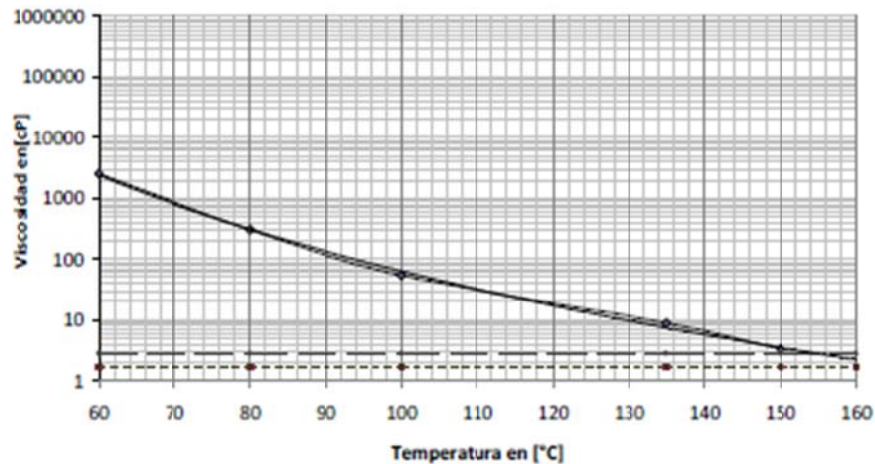
PROCEDENCIA: ASFALTART S.A. **FECHA MUESTRA:** _____
PENETRACIÓN: 55-70 ASFALTO TIPO II **FECHA ENSAYO:** _____

1. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

ANÁLISIS	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
PENETRACION 25°C, 5s, 100g (mm/10)	66	55 - 70
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DIF.A&B %	1,2	5 max
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN	40	40 min
PUNTO DE ABLANDAMIENTO °C	59	58 min
DUCTILIDAD (25°C, 5 cm/min)	40	15 min
DENSIDAD (Kg/m ³)	1011,00	REPORTAR
PUNTO DE IGNICIÓN (°C)	242	230 min
CONTENIDO DE AGUA (%)	0,0	0,2 max
TEMPERATURA DE MEZCLADO (°C)	165-175	REPORTAR
TEMPERATURA DE COMPACTACION (°C)	150-160	REPORTAR

2. CURVA REOLÓGICA DEL ASFALTO

CURVA REOLÓGICA DE ASFALTO



3. TEMPERATURAS Y VISCOSIDADES DEL ASFALTO

TEMP	VISCOSIDAD	VISCOSIDAD C.	VISCOSIDAD M.
60	2546	1,7	2,8
80	302	1,7	2,8
100	55	1,7	2,8
135	8,8	1,7	2,8
150	3,3	1,7	2,8
160		1,7	2,8

Anexo A.2: Determinación De La Densidad Bulk Para El Material Fino Procedente Del Río Chicamocho.

ASFALTART S.A.
Laboratorio Control Calidad
Km. 5 Anillo Vial via Girón

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO
INV E-222**



PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA TIPO CONCRETO ASFÁLTICO MDC-2-INV/2007
PROCEDENCIA MUESTRA: ARENERA SANCHEZ (PESCADERO)
DESCRIPCIÓN: MATERIAL TRITURADO Y DOSIFICADO PARA MEZCLA ASFÁLTICA PASA TAMIZ No. 4
DISEÑO: PEDRO JAVIER VARGAS B.

PRUEBA N°		1	2	3	PROMEDIO
TEMPERATURA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO (°C)		22,0	22,0	22,0	
A	Peso en el Aire Muestra Seca (Grs)	490,3	491,4	490,5	
B	Peso Muestra Saturada Superficie Seca (Grs)	500,0	500,0	500,0	
V	Volúmen del Picnómetro (Cm3)	500,0	500,0	500,0	
	Peso Picnómetro + Muestra + Agua (Grs)	984,1	982,1	985,2	
W	Volúmen de Agua para llenar el Picnómetro (Cm3)	310,5	310,0	310,5	
V-W	Volúmen Muestra Saturada (Cm3)	189,5	190,0	189,5	
B-A	Peso Agua Absorbida (Grs)	9,7	8,6	9,5	
(V-W)-(B-A)	Volúmen de Sólidos (Cm3)	179,8	181,4	180,0	
A/(V-W)	PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm3)	2,587	2,586	2,588	2,587
B/(V-W)	PESO ESPECIFICO BULK S.S.S. (Grs/Cm3)	2,639	2,632	2,639	2,636
A/(V-W)-(B-A)	PESO ESPECIFICO APARENTE (Grs/Cm3)	2,727	2,709	2,725	2,720
(B-A)/A X 100	ABSORCIÓN (%)	2,0	1,8	1,9	1,9



OBSERVACIONES: Materiales tomados de la granulometría dosificada en frío - Planta Tunjueltio ASFALTART S.A.

**ANEXO B: CARACTERÍSTICAS
VOLUMÉTRICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA
EMPLEADA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS
VIGAS**

Anexo B.1: Gravedad Específica Bulk Y Densidad De Mezclas Asfálticas Compactadas (Vigas Con Asfalto Convencional).

				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.				
LABORATORIO: Gravedad específica bulk I.N.V E - 733				
PROCEDENCIA DE MUESTRA: Chicamocha				
DESCRIPCION: Vigas con asfalto convencional FECHA: feb-22				
Probeta N°				
A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,866.90	1,848.00	1,882.50
B	Peso en el aire Muestra Saturada Superficie Seca	1,887.30	1,853.80	1,887.60
C	Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca	1,069.30	1,035.00	1,069.50
B-C	Volumen Muestra Saturada (Cm ³)	818.00	818.80	818.10
A-C	Volumen de Solido (Cm ³)	797.60	813.00	813.00
B-A	Peso Agua Absorbida (Grs)	20.40	5.80	5.10
A/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm ³)	2.28	2.26	2.30
B/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK S.S.S (Grs/Cm ³)	2.31	2.26	2.31
A/(A-C)	PESO ESPECIFICO APARENTE (Grs/Cm ³)	2.34	2.27	2.32
[(B-A)/A]X100	ABSORCION (%)	1.09	0.31	0.27
OBSERVACIONES: _____				
<div style="text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> Eduardo J. Rueda Cárdenas Estudiante </div>				

Anexo B.2: Gravedad Específica Bulk Y Densidad De Mezclas Asfálticas Compactadas (Vigas Con Asfalto Convencional modificado con asfaltita).


 	
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.
LABORATORIO	Gravedad específica bulk I.N.V E - 733
PROCEDENCIA DE MUESTRA:	Chicamocha
DESCRIPCION:	Vigas con asfalto convencional - asfaltita FECHA: feb-22

Probeta N°		01	02	03
A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,889.00	1,892.50	1,898.00
B	Peso en el aire Muestra Saturada Superficie Seca (Grs)	1,895.10	1,898.50	1,905.50
C	Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca (Grs)	1,059.00	1,058.90	1,062.10
B-C	Volumen Muestra Saturada (Cm ³)	836.10	839.60	843.40
A-C	Volumen de Solido (Cm ³)	830.00	833.60	835.90
B-A	Peso Agua Absorbida (Grs)	6.10	6.00	7.50
A/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm ³)	2.26	2.25	2.25
B/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK S.S.S (Grs/Cm ³)	2.27	2.26	2.26
A/(A-C)	PESO ESPECIFICO APARENTE (Grs/Cm ³)	2.28	2.27	2.27
[(B-A)/A]X100	ABSORCION (%)	0.32	0.32	0.40

OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante

Anexo B.3: Gravedad Específica Bulk Y Densidad De Mezclas Asfálticas Compactadas (Vigas Con Asfalto Convencional modificado con polímero SBS).


	
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.
LABORATORIO	Gravedad específica bulk I.N.V E - 733
PROCEDENCIA DE MUESTRA:	Chicamocha
DESCRIPCIÓN:	Vigas con asfalto modificado con polímero
FECHA:	feb-22

Probeta N°		01	02	03
A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,889.10	1,874.50	1,870.00
B	Peso en el aire Muestra Saturada Superficie Seca (Grs)	1,894.90	1,880.00	1,874.70
C	Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca (Grs)	1,056.50	1,053.20	1,048.00
B-C	Volumen Muestra Saturada (Cm ³)	838.40	826.80	826.70
A-C	Volumen de Solido (Cm ³)	832.60	821.30	822.00
B-A	Peso Agua Absorbida (Grs)	5.80	5.50	4.70
A/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm ³)	2.25	2.27	2.26
B/(B-C)	PESO ESPECIFICO BULK S.S.S (Grs/Cm ³)	2.26	2.27	2.27
A/(A-C)	PESO ESPECIFICO APARENTE (Grs/Cm ³)	2.27	2.28	2.27
[(B-A)/A]X100	ABSORCION (%)	0.31	0.29	0.25



OBSERVACIONES: _____ El polímero utilizado es SBS

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante



Anexo B.4: Gravedad Específica Máxima Teórica (Gmm) Y Densidad De Mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional - Contenido de asfalto 5.58%).

																																											
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.																																											
LABORATORIO: Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735																																											
PROCEDENCIA DE MUESTRA: Chicamocha																																											
DESCRIPCIÓN: Mezcla Convencional 5.58%		FECHA: mar-04																																									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">A</td> <td style="width: 75%;">Peso recipiente (Grs)</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">10.50</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso Container vacío (Grs)</td> <td style="text-align: right;">2918.10</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Peso Container Agua (Grs)</td> <td style="text-align: right;">5950.00</td> </tr> </table>				A	Peso recipiente (Grs)	10.50	B	Peso Container vacío (Grs)	2918.10	C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00																															
A	Peso recipiente (Grs)	10.50																																									
B	Peso Container vacío (Grs)	2918.10																																									
C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Probeta Tipo Convencional</th> <th style="text-align: center;">01</th> <th style="text-align: center;">02</th> <th style="text-align: center;">03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)</td> <td style="text-align: right;">1,501.80</td> <td style="text-align: right;">1,501.60</td> <td style="text-align: right;">1,500.30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>Peso Container - Agua - Agregado (Grs)</td> <td style="text-align: right;">6,849.40</td> <td style="text-align: right;">6,843.30</td> <td style="text-align: right;">6,848.30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D-A</td> <td>Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)</td> <td style="text-align: right;">1,491.30</td> <td style="text-align: right;">1,481.60</td> <td style="text-align: right;">1,482.80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C-D</td> <td>Peso Agua (Grs)</td> <td style="text-align: right;">3,031.90</td> <td style="text-align: right;">3,031.90</td> <td style="text-align: right;">3,031.90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E-B-(D-A)</td> <td>Peso Agua Llenante (Grs)</td> <td style="text-align: right;">2,440.00</td> <td style="text-align: right;">2,443.60</td> <td style="text-align: right;">2,447.40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(C-D)-E-B-(D-A)</td> <td>Peso de Agua Desplazada (Grs)</td> <td style="text-align: right;">591.90</td> <td style="text-align: right;">588.30</td> <td style="text-align: right;">584.50</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">DENSIDAD MAXIMA TEORICA</td> <td style="text-align: right;">2.52</td> <td style="text-align: right;">2.52</td> <td style="text-align: right;">2.54</td> </tr> </tbody> </table>				Probeta Tipo Convencional		01	02	03	D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)	1,501.80	1,501.60	1,500.30	B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	6,849.40	6,843.30	6,848.30	D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,491.30	1,481.60	1,482.80	C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90	3,031.90	3,031.90	E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,440.00	2,443.60	2,447.40	(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	591.90	588.30	584.50	DENSIDAD MAXIMA TEORICA		2.52	2.52	2.54
Probeta Tipo Convencional		01	02	03																																							
D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)	1,501.80	1,501.60	1,500.30																																							
B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	6,849.40	6,843.30	6,848.30																																							
D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,491.30	1,481.60	1,482.80																																							
C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90	3,031.90	3,031.90																																							
E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,440.00	2,443.60	2,447.40																																							
(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	591.90	588.30	584.50																																							
DENSIDAD MAXIMA TEORICA		2.52	2.52	2.54																																							
<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Maximo</td> <td style="text-align: right;">2.54</td> </tr> <tr> <td>Minimo</td> <td style="text-align: right;">2.52</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td style="text-align: right;">2.52</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td style="text-align: right;">2.52</td> </tr> </table>				Maximo	2.54	Minimo	2.52	Medio	2.52	Moda	2.52																																
Maximo	2.54																																										
Minimo	2.52																																										
Medio	2.52																																										
Moda	2.52																																										
OBSERVACIONES: _____																																											
<hr/> Eduardo J. Rueda Cárdenas Estudiante																																											

Anexo B.5: Gravedad Específica Máxima Teórica (Gmm) Y Densidad De Mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Asfaltita – Contenido de asfalto 5.58%).

												
PROYECTO:		ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.										
LABORATORIO		Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735										
PROCEDENCIA DE MUESTRA:		Chicamocha										
DESCRIPCIÓN:		Mezcla Convencional - Asfaltita 5.58%	FECHA: _____									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">A</td> <td style="width: 75%;">Peso recipiente (Grs)</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">10.50</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>Peso Container vacio (Grs)</td> <td style="text-align: right;">2918.10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>Peso Container Agua (Grs)</td> <td style="text-align: right;">5950.00</td> </tr> </table>				A	Peso recipiente (Grs)	10.50	B	Peso Container vacio (Grs)	2918.10	C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00
A	Peso recipiente (Grs)	10.50										
B	Peso Container vacio (Grs)	2918.10										
C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00										
Probeta Tipo Asfaltita												
		01	02									
D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)	1,501.80	1,500.30									
B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	6,848.00	6,853.40									
D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,486.90	1,488.10									
C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90	3,031.90									
E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,443.00	2,447.20									
(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	588.90	584.70									
		2.52	2.55									
		DENSIDAD MAXIMA TEORICA										
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Maximo</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">2.55</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Minimo</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">2.52</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Medio</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">2.53</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Moda</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">NO</td> </tr> </table>				Maximo	2.55	Minimo	2.52	Medio	2.53	Moda	NO	
Maximo	2.55											
Minimo	2.52											
Medio	2.53											
Moda	NO											
OBSERVACIONES: _____												
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> Eduardo J. Rueda Cárdenas Estudiante												

Anexo B.6: Gravedad Específica Máxima Teórica (Gmm) Y Densidad De Mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Polímero SBS – Contenido de asfalto 5.58%).

 	
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.
LABORATORIO	Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735
PROCEDENCIA DE MUESTRA:	Chicamocha
DESCRIPCION:	Mezcla asfalto modificado con polímero 5.58% FECHA: mar-04

A	Peso recipiente (Grs)	10.50
B	Peso Container vacío (Grs)	2918.10
C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00


Probeta Tipo Asfaltart		01	02
D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)	1,501.80	1,501.60
B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	6,850.80	6,853.30
D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,487.60	1,485.40
C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90	3,031.90
E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,445.10	2,449.80
(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	586.80	582.10
	DENSIDAD MAXIMA TEORICA	2.54	2.55

Maximo	2.55
Minimo	2.54
Medio	2.54
Moda	NO

OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante

Anexo B.7: Gravedad Específica Máxima Teórica (Gmm) Y Densidad De Mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Polímero SBS – Contenido de asfalto 6.5%).

																												
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.																											
LABORATORIO	Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735																											
PROCEDENCIA DE MUESTRA:	Chicamocha																											
DESCRIPCIÓN:	Mezcla Asfáltica + Asfáltita 6.5% FECHA: mar-10																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">A</td> <td style="width: 85%;">Peso recipiente (Grs)</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">10.50</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso Container vacío (Grs)</td> <td style="text-align: right;">2918.10</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Peso Container Agua (Grs)</td> <td style="text-align: right;">5950.00</td> </tr> </table>		A	Peso recipiente (Grs)	10.50	B	Peso Container vacío (Grs)	2918.10	C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00																		
A	Peso recipiente (Grs)	10.50																										
B	Peso Container vacío (Grs)	2918.10																										
C	Peso Container Agua (Grs)	5950.00																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Probeta Tipo asfáltita 6.5%</th> <th style="text-align: center;">02</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>Peso Container - Agua - Agregado (Grs)</td> <td style="text-align: right;">7,030.60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D-A</td> <td>Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)</td> <td style="text-align: right;">1,814.50</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C-D</td> <td>Peso Agua (Grs)</td> <td style="text-align: right;">3,031.90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E-B-(D-A)</td> <td>Peso Agua Llenante (Grs)</td> <td style="text-align: right;">2,298.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(C-D)-E-B-(D-A)</td> <td>Peso de Agua Desplazada (Grs)</td> <td style="text-align: right;">733.90</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: right;">DENSIDAD MAXIMA TEORICA</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: right;">2.47</td> </tr> </tbody> </table>		Probeta Tipo asfáltita 6.5%		02	D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)		B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	7,030.60	D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,814.50	C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90	E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,298.00	(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	733.90			DENSIDAD MAXIMA TEORICA			2.47
Probeta Tipo asfáltita 6.5%		02																										
D	Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs)																											
B	Peso Container - Agua - Agregado (Grs)	7,030.60																										
D-A	Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)	1,814.50																										
C-D	Peso Agua (Grs)	3,031.90																										
E-B-(D-A)	Peso Agua Llenante (Grs)	2,298.00																										
(C-D)-E-B-(D-A)	Peso de Agua Desplazada (Grs)	733.90																										
		DENSIDAD MAXIMA TEORICA																										
		2.47																										
OBSERVACIONES: _____																												
Eduardo J. Rueda Cárdenas Estudiante																												

**ANEXO C: PROPIEDADES ESTRUCTURALES
DE LAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.**

Anexo C.1: Ensayo de flexión simple en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional– Contenido De Asfalto 5.58%).



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

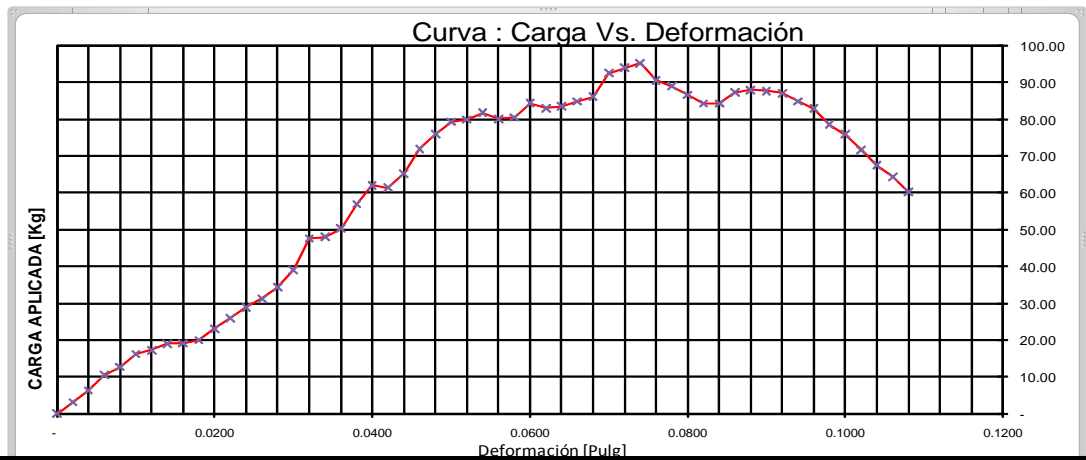
LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en el centro de la luz

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia


DESCRIPCIÓN: Viga con asfalto convencional 01 **FECHA:** 18-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05
 Precisión [Pulg]: 0.001


CARGA VS. DEFORMACIÓN							
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	47.6	0.0640	83.5	0.0960	82.9
0.0020	3.1	0.0340	48.0	0.0660	84.8	0.0980	78.5
1 0.0040	6.3	0.0360	50.3	0.0680	86.1	0.1000	75.9
2 0.0060	10.5	0.0380	56.9	0.0700	92.5	0.1020	71.6
3 0.0080	12.7	0.0400	62.0	0.0720	93.9	0.1040	67.5
4 0.0100	16.2	0.0420	61.4	0.0740	95.2	0.1060	64.4
5 0.0120	17.3	0.0440	65.2	0.0760	90.5	0.1080	60.2
6 0.0140	19.0	0.0460	71.9	0.0780	89.0		
7 0.0160	19.1	0.0480	75.9	0.0800	86.6		
8 0.0180	20.0	0.0500	79.3	0.0820	84.2		
9 0.0200	23.1	0.0520	79.9	0.0840	84.2	Carga Max	95.2
10 0.0220	26.0	0.0540	81.7	0.0860	87.2		
11 0.0240	28.9	0.0560	80.1	0.0880	87.9		
12 0.0260	31.2	0.0580	80.5	0.0900	87.6		
13 0.0280	34.3	0.0600	84.3	0.0920	87.1		
14 0.0300	39.1	0.0620	83.0	0.0940	84.8		



Anexo C.2: Ensayo de flexión simple en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Asfaltita – Contenido De Asfalto 5.58%).



Universidad Industrial de Santander



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en el centro de la luz

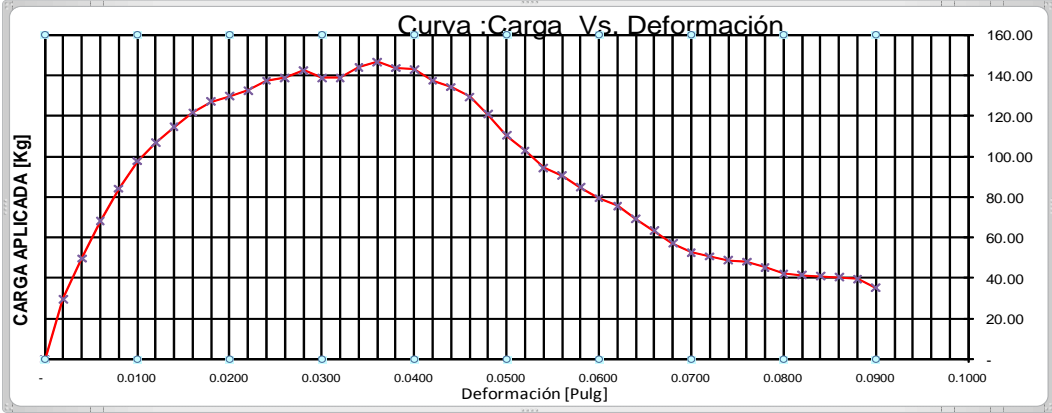
PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con asfaltita 01 **FECHA:** 18-mar-10

Variable de control: Deformación **Velocidad [L/Sq]:** 2.05
Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN					
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	138.7	0.0640	69.1
0.0020	29.6	0.0340	144.0	0.0660	63.4
0.0040	49.7	0.0360	146.5	0.0680	57.1
0.0060	68.0	0.0380	143.6	0.0700	52.6
0.0080	84.1	0.0400	142.9	0.0720	50.6
0.0100	97.6	0.0420	137.3	0.0740	48.7
0.0120	106.7	0.0440	134.2	0.0760	48.0
0.0140	114.6	0.0460	129.3	0.0780	45.3
0.0160	121.6	0.0480	120.8	0.0800	42.2
0.0180	127.0	0.0500	110.4	0.0820	41.4
0.0200	129.6	0.0520	102.9	0.0840	40.9
0.0220	132.5	0.0540	94.4	0.0860	40.4
0.0240	137.4	0.0560	90.5	0.0880	39.5
0.0260	138.7	0.0580	84.7	0.0900	35.2
0.0280	142.3	0.0600	79.4	-	-
0.0300	138.7	0.0620	75.6	-	-

Carga Max [Kg] 146.5



Curva :Carga Vs. Deformación

OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfaltico, carga en el centro de la luz

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia

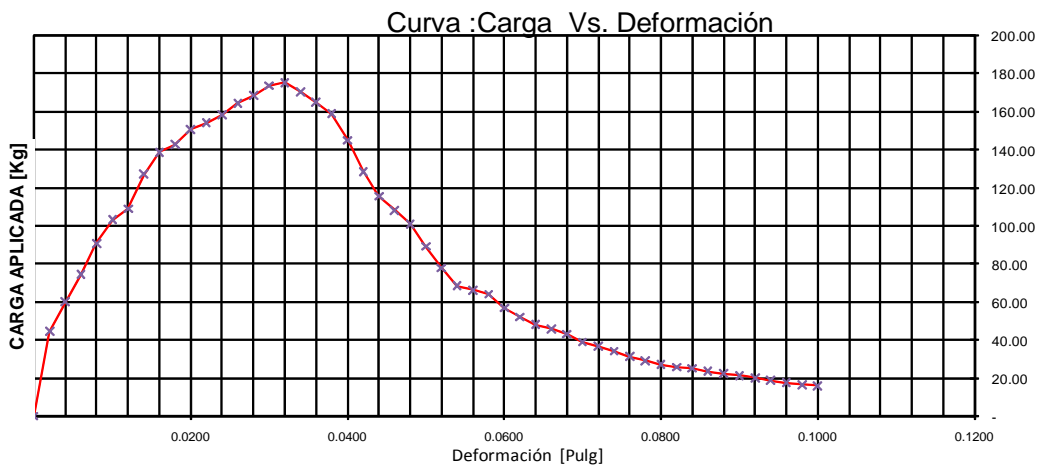
DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con asfaltita 02 FECHA: 19-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05
 Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN					
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	175.3	0.0640	48.2
0.0020	44.6	0.0340	170.4	0.0660	46.0
0.0040	60.2	0.0360	164.8	0.0680	43.1
0.0060	74.5	0.0380	158.9	0.0700	39.0
0.0080	90.8	0.0400	144.9	0.0720	36.7
0.0100	103.3	0.0420	128.6	0.0740	34.1
0.0120	109.0	0.0440	115.5	0.0760	31.3
0.0140	127.2	0.0460	108.1	0.0780	29.2
0.0160	138.8	0.0480	101.1	0.0800	27.1
0.0180	142.8	0.0500	89.2	0.0820	25.8
0.0200	150.7	0.0520	77.9	0.0840	25.1
0.0220	154.1	0.0540	68.4	0.0860	23.5
0.0240	158.2	0.0560	66.2	0.0880	22.4
0.0260	164.5	0.0580	64.1	0.0900	21.3
0.0280	168.4	0.0600	57.0	0.0920	20.2
0.0300	173.6	0.0620	52.2	0.0940	18.9

Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
0.0960	17.6
0.0980	16.6
0.1000	16.0
-	-
-	-



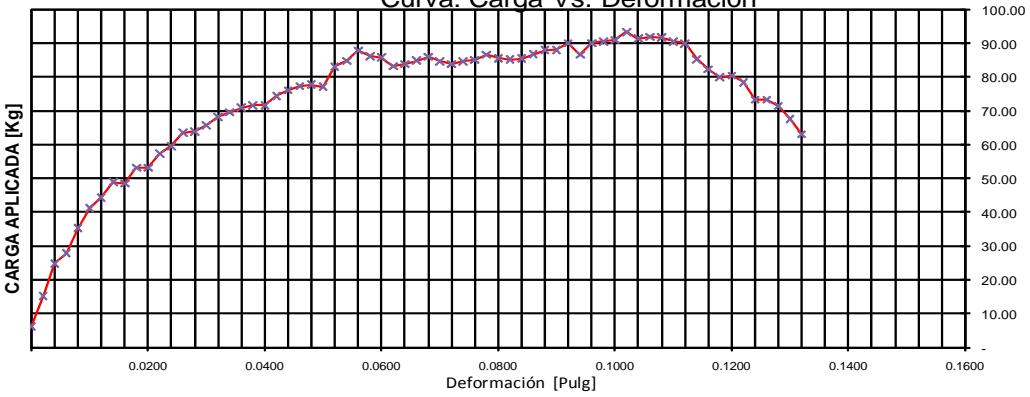
Carga Max	175.3
------------------	--------------



OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
 Estudiante

Anexo C.3: Ensayo de flexión simple en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Polímero – Contenido De Asfalto 5.58%).

							
PROYECTO:		<u>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.</u>					
LABORATORIO:		Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en el centro de la luz					
PROCEDENCIA DE MUESTRA:		Elaboración Propia - Asfalto suministrado por Asfaltart.SA					
DESCRIPCIÓN:		<u>Viga con Asfalto modificado-Polímero SBS 01.</u>	FECHA: <u>18-mar-10</u>				
Variable de control:		Deformación	Velocidad [L/Sg]: 2.05				
Precisión [Pulg]:		0.001					
CARGA VS. DEFORMACIÓN							
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	65.7000	0.0640	83.2000	0.0960	86.6
0.0020	6.3000	0.0340	68.2000	0.0660	83.8000	0.0980	90.0
0.0040	15.2000	0.0360	69.6000	0.0680	84.8000	0.1000	90.5
0.0060	24.9000	0.0380	70.9000	0.0700	86.0000	0.1020	90.9
0.0080	27.9000	0.0400	71.6000	0.0720	84.6000	0.1040	93.3
0.0100	35.3000	0.0420	71.6000	0.0740	83.8000	0.1060	91.3
0.0120	41.2000	0.0440	74.4000	0.0760	84.6000	0.1080	91.8
0.0140	44.4000	0.0460	76.1000	0.0780	85.0000	0.1100	91.6
0.0160	48.9000	0.0480	77.3000	0.0800	86.6000	0.1120	90.5
0.0180	48.5000	0.0500	77.7000	0.0820	85.6000	0.1140	89.9
0.0200	53.1000	0.0520	77.1000	0.0840	85.1000	0.1160	85.2
0.0220	53.1000	0.0540	83.1000	0.0860	85.5000	0.1180	82.3
0.0240	57.3000	0.0560	84.7000	0.0880	86.7000	0.1200	79.9
0.0260	59.6000	0.0580	87.8000	0.0900	87.9000	0.1220	80.4
0.0280	63.5000	0.0600	86.2000	0.0920	88.0000	0.1240	78.4
0.0300	63.9000	0.0620	85.8000	0.0940	90.0000	0.1260	73.3
Carga Max							93.30
Curva: Carga Vs. Deformación							
							
OBSERVACIONES: _____							
Eduardo J. Rueda Cárdenas Estudiante							



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfaltico, carga en el centro de la luz

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia - Asfalto suministrado por Asfaltart.SA

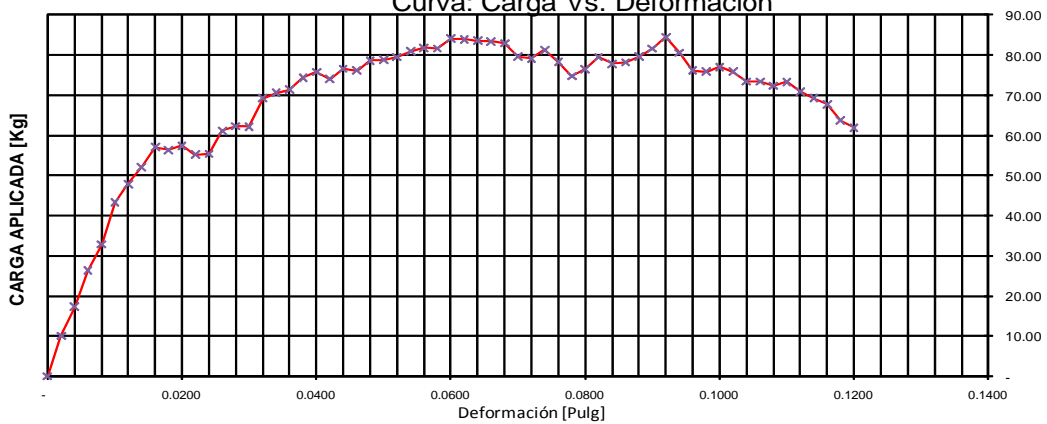
DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con Polímero SBS 02 **FECHA:** 19-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05
Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN

Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	69.3	0.0640	83.6	0.0960	76.2
0.0020	10.1	0.0340	70.6	0.0660	83.4	0.0980	75.9
0.0040	17.3	0.0360	71.4	0.0680	83.0	0.1000	77.0
0.0060	26.3	0.0380	74.4	0.0700	79.6	0.1020	75.9
0.0080	32.9	0.0400	75.8	0.0720	79.2	0.1040	73.4
0.0100	43.3	0.0420	74.0	0.0740	81.3	0.1060	73.4
0.0120	47.9	0.0440	76.6	0.0760	78.3	0.1080	72.4
0.0140	52.1	0.0460	76.2	0.0780	74.7	0.1100	73.3
0.0160	57.1	0.0480	78.6	0.0800	76.5	0.1120	70.9
0.0180	56.4	0.0500	78.8	0.0820	79.5	0.1140	69.3
0.0200	57.4	0.0520	79.5	0.0840	77.8	0.1160	67.8
0.0220	55.2	0.0540	80.9	0.0860	78.2	0.1180	63.7
0.0240	55.4	0.0560	81.8	0.0880	79.6	0.1200	61.9
0.0260	61.1	0.0580	81.6	0.0900	81.6		
0.0280	62.3	0.0600	84.1	0.0920	84.5		
0.0300	62.2	0.0620	83.9	0.0940	80.6		
Carga Max							84.50

Curva: Carga Vs. Deformación




OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
 Estudiante

Anexo C.4: Ensayo de flexión pura en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional – Contenido De Asfalto 5.58%).

Universidad Industrial de Santander



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, Carga en los tercios medios de la luz libre

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia

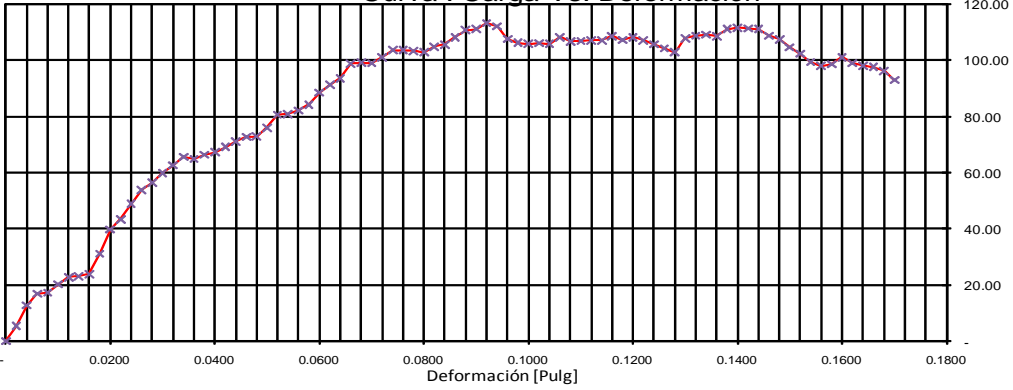
DESCRIPCIÓN: Viga con asfalto convencional 02 **FECHA:** 19-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05
Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN							
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	62.6	0.0640	93.6	0.0960	107.5
0.0020	5.4	0.0340	65.6	0.0660	98.8	0.0980	106.2
0.0040	12.8	0.0360	64.8	0.0680	99.0	0.1000	105.8
0.0060	16.9	0.0380	66.3	0.0700	98.9	0.1020	106.1
0.0080	17.3	0.0400	67.2	0.0720	101.1	0.1040	105.8
0.0100	20.2	0.0420	69.1	0.0740	103.5	0.1060	108.2
0.0120	22.8	0.0440	71.1	0.0760	103.6	0.1080	106.7
0.0140	23.1	0.0460	72.7	0.0780	103.3		
0.0160	23.9	0.0480	72.8	0.0800	102.8		
0.0180	31.1	0.0500	76.0	0.0820	104.8		
0.0200	39.7	0.0520	80.6	0.0840	105.6		
0.0220	43.4	0.0540	80.8	0.0860	108.2		
0.0240	48.9	0.0560	82.1	0.0880	110.7		
0.0260	53.9	0.0580	84.2	0.0900	111.1		
0.0280	56.4	0.0600	88.5	0.0920	113.1		
0.0300	59.8	0.0620	91.2	0.0940	112.0		

Carga Max	113.1
------------------	-------

Curva : Carga Vs. Deformación



CARGA APLICADA (Kg) vs. Deformación [Pulg]

OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante

Anexo C.5: Ensayo de flexión pura en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Asfaltita – Contenido De Asfalto 5.58%).

Universidad Industrial de Santander

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, Carga en los tercios medios de la luz libre

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con asfaltita 01 **FECHA:** 18-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05

Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN

Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	155.4	0.0640	96.2	0.0960	33.3
0.0020	29.9	0.0340	156.1	0.0660	87.7	0.0980	30.5
0.0040	53.4	0.0360	162.0	0.0680	81.3	0.1000	29.6
0.0060	72.9	0.0380	161.8	0.0700	75.8		
0.0080	86.5	0.0400	163.2	0.0720	69.5		
0.0100	96.1	0.0420	157.2	0.0740	64.4		
0.0120	101.1	0.0440	155.7	0.0760	61.0		
0.0140	125.0	0.0460	153.2	0.0780	56.2		
0.0160	127.0	0.0480	147.4	0.0800	54.3		
0.0180	130.9	0.0500	139.4	0.0820	51.8		
0.0200	135.0	0.0520	129.9	0.0840	48.7		
0.0220	135.7	0.0540	129.8	0.0860	44.2		
0.0240	139.9	0.0560	130.2	0.0880	40.1		
0.0260	146.2	0.0580	128.8	0.0900	38.5		
0.0280	147.9	0.0600	119.0	0.0920	37.5		
0.0300	150.8	0.0620	106.9	0.0940	35.1		

Carga Max	163.2
------------------	-------

Curva :Carga Vs. Deformación

The graph plots Applied Load (CARGA APLICADA) in Kg on the y-axis (0 to 180.00) against Deformation (Deformación) in inches [Pulg] on the x-axis (0 to 0.1200). The data points from the table are plotted, showing a non-linear relationship that reaches a maximum load of 163.2 Kg at a deformation of 0.1000 inches, after which the load begins to decrease.

OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, Carga en los tercios medios de la luz libre

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia

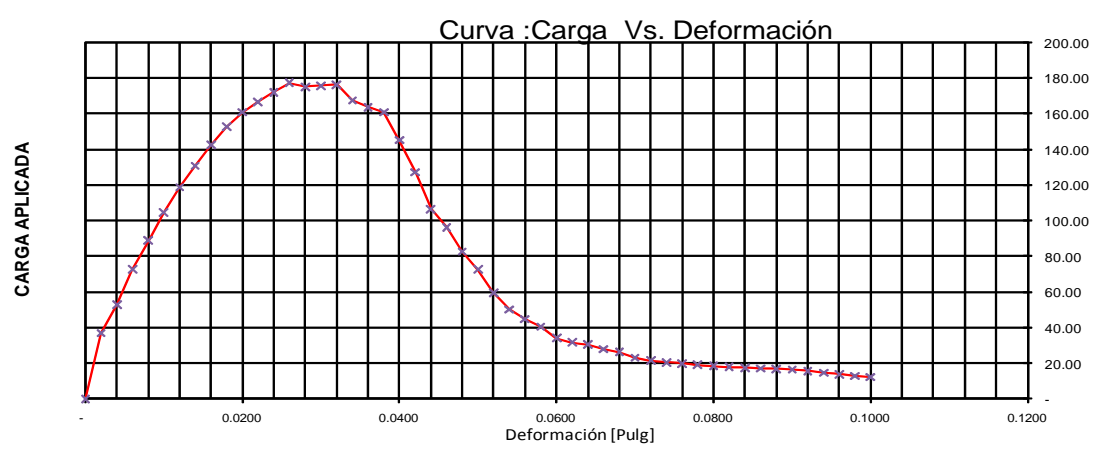
DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con asfaltita 02 **FECHA:** 19-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sq]: 2.05
Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN					
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	176.2	0.0640	30.5
0.0020	36.8	0.0340	167.5	0.0660	27.8
0.0040	52.8	0.0360	163.7	0.0680	26.2
0.0060	72.5	0.0380	160.8	0.0700	23.1
0.0080	88.9	0.0400	145.2	0.0720	21.5
0.0100	104.7	0.0420	127.2	0.0740	20.4
0.0120	118.7	0.0440	106.4	0.0760	19.8
0.0140	130.7	0.0460	96.3	0.0780	19.0
0.0160	142.3	0.0480	82.6	0.0800	18.5
0.0180	152.6	0.0500	72.6	0.0820	17.9
0.0200	160.7	0.0520	59.5	0.0840	17.4
0.0220	166.6	0.0540	50.2	0.0860	17.1
0.0240	172.1	0.0560	44.7	0.0880	16.9
0.0260	177.2	0.0580	40.5	0.0900	16.5
0.0280	175.1	0.0600	34.0	0.0920	15.7
0.0300	175.7	0.0620	31.6	0.0940	14.7

Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
0.0960	13.8
0.0980	12.9
0.1000	12.2
-	-
-	-


Carga Max | 177.2




OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
 Estudiante

Anexo C.6: Ensayo de flexión pura en viga de mezclas Asfálticas (Asfalto Convencional Modificado Con Polímero – Contenido De Asfalto 5.58%).



Universidad Industrial de Santander



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, Carga en los tercios medios de la luz libre

PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia - Asfalto suministrado por Asfaltart.SA

DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con Polímero SBS 01. **FECHA:** 18-mar-10

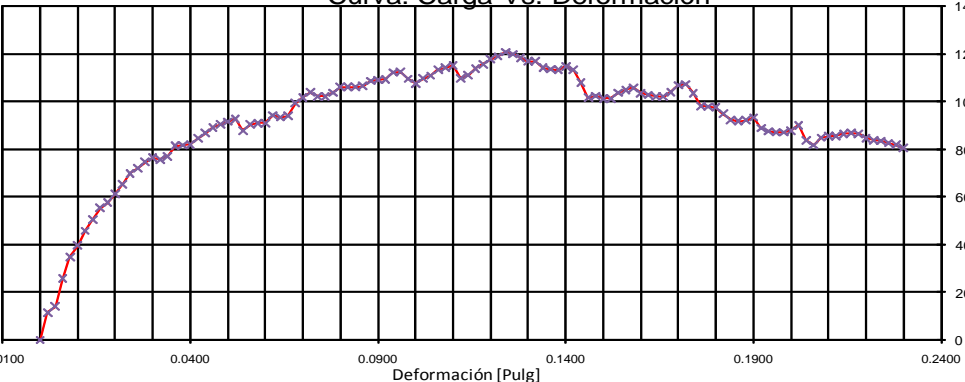
Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sq]: 2.05

Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN

Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	75.70	0.0640	93.30	0.0960	112.4
0.0020	11.50	0.0340	77.10	0.0660	94.00	0.0980	109.5
0.0040	14.10	0.0360	81.30	0.0680	99.30	0.1000	107.5
0.0060	25.70	0.0380	81.70	0.0700	101.70	0.1020	109.7
0.0080	34.80	0.0400	81.90	0.0720	103.80	0.1040	110.8
0.0100	39.70	0.0420	84.50	0.0740	102.10	0.1060	113.4
0.0120	45.70	0.0440	86.70	0.0760	102.20	0.1080	114.2
0.0140	50.40	0.0460	89.20	0.0780	103.60	0.1100	115.2
0.0160	55.30	0.0480	90.40	0.0800	106.10	0.1120	109.8
0.0180	57.60	0.0500	91.50	0.0820	106.10	0.1140	111.0
0.0200	61.20	0.0520	92.70	0.0840	106.10	0.1160	113.8
0.0220	65.30	0.0540	87.80	0.0860	106.50	0.1180	115.7
0.0240	69.90	0.0560	90.40	0.0880	108.60	0.1200	117.7
0.0260	72.00	0.0580	91.00	0.0900	109.00	0.1220	118.9
0.0280	74.60	0.0600	90.90	0.0920	109.30	0.1240	120.7
0.0300	76.50	0.0620	94.20	0.0940	112.20	0.1260	119.8
						Carga Max	120.70

Curva: Carga Vs. Deformación



OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
Estudiante



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN EN VIGAS DE CONCRETO ASFALTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN.

LABORATORIO: Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, Carga en los tercios medios de la luz libre

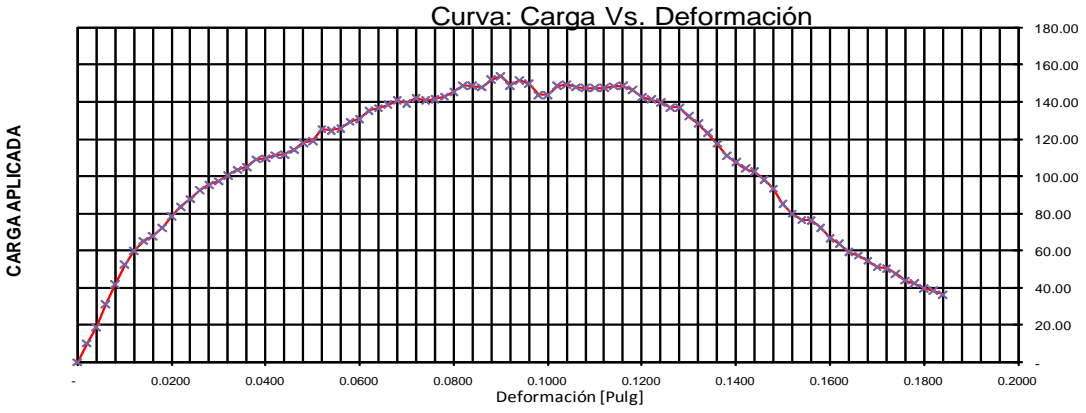
PROCEDENCIA DE MUESTRA: Elaboración Propia - Asfalto suministrado por Asfaltart.SA

DESCRIPCIÓN: Viga con Asfalto modificado con Polímero SBS 02 **FECHA:** 19-mar-10

Variable de control: Deformación Velocidad [L/Sg]: 2.05

Precisión [Pulg]: 0.001

CARGA VS. DEFORMACIÓN							
Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]	Deformación [Pulg]	Carga [Kg]
-	-	0.0320	100.4	0.0640	136.6	0.0960	149.8
0.0020	10.1	0.0340	103.4	0.0660	138.4	0.0980	143.7
0.0040	19.0	0.0360	105.0	0.0680	140.7	0.1000	143.8
0.0060	31.4	0.0380	109.0	0.0700	139.3	0.1020	148.6
0.0080	42.0	0.0400	109.7	0.0720	142.1	0.1040	149.4
0.0100	52.5	0.0420	111.3	0.0740	140.8	0.1060	147.8
0.0120	60.0	0.0440	111.6	0.0760	141.5	0.1080	147.5
0.0140	65.2	0.0460	114.2	0.0780	142.7	0.1100	147.5
0.0160	67.9	0.0480	117.8	0.0800	145.4	0.1120	147.4
0.0180	72.3	0.0500	119.0	0.0820	148.7	0.1140	148.4
0.0200	78.6	0.0520	125.4	0.0840	148.5	0.1160	148.5
0.0220	83.5	0.0540	124.6	0.0860	147.8	0.1180	146.6
0.0240	87.8	0.0560	125.8	0.0880	152.0	0.1200	142.6
0.0260	92.3	0.0580	129.2	0.0900	153.9	0.1220	141.2
0.0280	95.3	0.0600	130.7	0.0920	148.8	0.1240	139.7
0.0300	97.2	0.0620	135.3	0.0940	151.5	0.1260	137.0
						Carga Max	153.90



OBSERVACIONES: _____

Eduardo J. Rueda Cárdenas
 Estudiante

