

**ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE  
CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN**

**MARLON ANDRÉS COTES RINCONES  
STEPHANY GREY MENDOZA ORCASITAS**

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

**2013**

**ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE  
CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN**

**MARLON ANDRÉS COTES RINCONES  
STEPHANY GREY MENDOZA ORCASITAS**

**Trabajo de grado modalidad investigativa  
Para optar al título de:  
Ingeniero Civil**

**Director:  
EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZÓN  
Ingeniero Civil, M. Sc., Ph. D.**

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

**2013**

*A mis padres, Aquilino Cotes Zuleta, Marlene Rincones López por su comprensión, apoyo incondicional, esfuerzo, confianza y Amor, durante mi vida personal y en todo el proceso de formación como profesional.*

*A mis hermanos, José David Cotes Rincones, Andrés David Cotes Rincones, mis tías Isaura Rincones López, Luisa Leonor Rincones López, Amparo Rincones López, por su cariño, confianza, entendimiento y todo su apoyo para crecimiento personal y profesional.*

*A Jennifer Paola Blanco Ortega, por toda su ayuda, por estar conmigo siempre en los buenos y los malos momentos, por su confianza y comprensión durante mi proceso final en la universidad.*

*A todos mis compañeros y amigos que durante toda mi etapa en la Universidad me ayudaron directa o indirectamente para culminar esta etapa en mi vida.*

*A mi otra familia en Bucaramanga, MACONDO, a todos los amigos que ahí forme y que me hicieron sentir como parte de su familia, en especial, a su director, Nicolás “Colacho” Maestre Martínez por llenarme de toda su experiencia, por permitirme formar parte de esta gran agrupación.*

*A todos Gracias, mil Gracias por hacer parte de esta meta que hoy alcanzamos todos porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.*

***Marlon Andrés Cotes Rincones***

*A mis Padres, Wilson Mendoza Insignares y muy especialmente a mi mamá Carola Orcasitas Manjarrés,  
por todo su apoyo incondicional durante mi vida personal y mi crecimiento como profesional*

*A mi hermano Daniel Mendoza Orcasitas, por su compañía, paciencia y brindarme tanto cariño*

*A todos mis familiares, especialmente a mis tíos Alberto Mariño y Remedios Orcasitas, por su apoyo  
durante mi formación*

*A Diego Fernando Villamizar Oróstegui, por toda su ayuda, confianza y por compartir conmigo tan  
buenos momentos*

*A todos mis compañeros y amigos, por su continuo apoyo, amistad y consejos durante toda mi proceso de  
formación*

***Stephany Grey Mendoza Orcasitas***

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro Director, el Ingeniero Eduardo Alberto Castañeda Pinzón, por contribuir con su conocimiento durante el desarrollo de este Proyecto, en nuestro proceso de formación como profesionales.

Al equipo de trabajo del laboratorio de la Universidad Industrial de Santander por permitirnos trabajar en este y brindarnos su ayuda.

A Marcela Viviana Pérez Rodríguez, por toda su colaboración y apoyo en el desarrollo de los ensayos realizados.

A los todos los profesores que hicieron parte de todo nuestro proceso de formación académica y personal.

A nuestros familiares y amigos por brindarnos su apoyo incondicional.

Y a todas las personas que hicieron posible la realización y culminación de este Proyecto de Grado nuestro más sincero agradecimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                | Pág. |
|----------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN .....                                             | 17   |
| OBJETIVOS .....                                                | 19   |
| OBJETIVOS GENERALES .....                                      | 19   |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                    | 19   |
| 1. DISEÑO DE PAVIMENTOS .....                                  | 20   |
| 1.1. MATERIALES CONSTITUYENTES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ..... | 20   |
| 1.1.1. EL AGREGADO PÉTREO .....                                | 20   |
| 1.1.1.1. Tipos de agregados pétreos. ....                      | 21   |
| 1.1.1.2. Agregados Naturales. ....                             | 21   |
| 1.1.1.3. Agregados de Trituración.....                         | 21   |
| 1.1.1.4. Agregados Artificiales. ....                          | 22   |
| 1.1.1.5. Propiedades de los agregados pétreos.....             | 22   |
| 1.1.2. LIGANTES BITUMINOSOS .....                              | 22   |
| 1.1.3. Propiedades de los ligantes bituminosos .....           | 23   |
| 1.1.3.1. Poder aglomerante.....                                | 23   |
| 1.1.3.2. Agente estabilizante.....                             | 23   |
| 1.1.3.3. Agente impermeabilizante.....                         | 23   |
| 1.1.3.4. Penetración.....                                      | 24   |
| 1.1.3.5. Ductilidad. ....                                      | 24   |
| 1.1.3.6. Fragilidad. ....                                      | 24   |
| 1.1.3.7. Cohesión.....                                         | 24   |
| 1.2. ENSAYOS EN FATIGA.....                                    | 25   |
| 1.2.1. A esfuerzo constante .....                              | 25   |
| 1.2.2. A deformación constante .....                           | 25   |
| 1.3. OTROS ENSAYOS RELACIONADOS CON EL PRESENTE ESTUDIO .....  | 25   |
| 2. METODOLOGÍA EMPLEADA.....                                   | 27   |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. FLEXIÓN EN VIGAS. ....                                                         | 27 |
| 2.1.1. Diseño del molde .....                                                       | 27 |
| 2.1.2. Preparación de la mezcla asfáltica .....                                     | 28 |
| 2.1.3. Análisis volumétrico de la mezcla. ....                                      | 31 |
| 2.1.4. Determinación del peso de cada material. ....                                | 31 |
| 2.1.4.1. Para bajos contenidos de finos .....                                       | 32 |
| 2.1.4.2. Para altos contenidos de finos .....                                       | 33 |
| 2.1.5. Elaboración de las probetas.....                                             | 34 |
| 2.1.6. Ensayos de laboratorio. ....                                                 | 36 |
| 2.1.6.1. Densidad Bulk. ....                                                        | 36 |
| 2.1.6.2. Densidad máxima teórica – GMM. ....                                        | 37 |
| 2.1.7. Propiedades volumétricas de las mezclas. ....                                | 38 |
| 2.1.7.1. Porcentajes de vacío.....                                                  | 40 |
| 2.1.8. Ensayos de flexión en vigas de concreto asfáltico. ....                      | 40 |
| 3. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL .....                                                | 42 |
| 3.1. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL PARA CADA CONTENIDO DE FINOS<br>Y DE ASFALTO. .... | 42 |
| 3.2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE ENSAYOS A FLEXIÓN<br>PURA. 50          |    |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                                                      | 52 |
| 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....                                          | 52 |
| 4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO A FLEXIÓN SEGÚN EL CONTENIDO DE<br>ASFALTO.....           | 53 |
| 4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL CONTENIDO DE FINOS. ....                         | 55 |
| 5. CONCLUSIONES .....                                                               | 56 |
| 6. RECOMENDACIONES.....                                                             | 57 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA .....                                                               | 58 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                        | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1.1-1. Agregado empleado .....                                  | 21   |
| Figura 1.1-2. Mezcla con ligante bituminoso.....                       | 22   |
| Figura 1.1-3. Ensayo Barcelona de Tracción Directa.....                | 26   |
| Figura 2-1. Molde utilizado.....                                       | 28   |
| Figura 2-2. Curva granulométrica para bajos contenidos de finos .....  | 29   |
| Figura 2-3. Curva granulométrica para altos contenidos de finos .....  | 30   |
| Figura 2-4. Preparación de la mezcla y elaboración de la probeta ..... | 34   |
| Figura 2-5. Máquina universal.....                                     | 35   |
| Figura 2-6. Vigas de concreto asfáltico .....                          | 35   |
| Figura 2-7. Peso sumergido de las vigas .....                          | 36   |
| Figura 2-8. Ensayo GMM .....                                           | 38   |
| Figura 2-9. Relaciones volumétricas y gravimétricas .....              | 39   |
| Figura 3-1. Análisis Estructural Flexión Pura. ....                    | 42   |
| Figura 3-2. Análisis Estructural Flexión Pura. ....                    | 43   |
| Figura 3-3. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria en vigas 4,7%.....  | 45   |
| Figura 3-4. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria en vigas 5,7%.....  | 47   |
| Figura 3-5. Curva Carga Vs Deformación .....                           | 51   |
| Figura 3-6. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria .....               | 51   |
| Figura 4-1. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria .....               | 54   |
| Figura 6-1. Curva carga vs porcentaje de asfalto .....                 | 57   |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                     | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 2-1. Dimensiones del molde.....                                               | 28   |
| Tabla 2-2. Límite granulométrico utilizado para bajos contenidos de finos .....     | 29   |
| Tabla 2-3. Límite granulométrico utilizado para altos contenidos de finos .....     | 30   |
| Tabla 2-4. Pesos obtenidos 4.7% asfalto.....                                        | 32   |
| Tabla 2-5. Pesos obtenidos 5.7% asfalto.....                                        | 33   |
| Tabla 2-6. Pesos obtenidos 4.7% asfalto.....                                        | 33   |
| Tabla 2-7. Pesos obtenidos 5.7% asfalto.....                                        | 34   |
| Tabla 2-8. Densidad Bulk de las vigas bajo contenido de finos .....                 | 37   |
| Tabla 2-9. Densidad Bulk de las vigas alto contenido de finos .....                 | 37   |
| Tabla 2-10. Densidad máxima teórica de la mezcla bajo contenido de finos.....       | 38   |
| Tabla 2-11. Densidad máxima teórica de la mezcla alto contenido de finos.....       | 38   |
| Tabla 2-12. Relaciones de Volumen .....                                             | 39   |
| Tabla 2-13. Relaciones de Masa .....                                                | 39   |
| Tabla 3-1. Def. unitaria vigas de 4,7% asfalto con bajo contenido de finos .....    | 44   |
| Tabla 3-2. Def. unitaria vigas de 4,7% asfalto con alto contenido de finos .....    | 44   |
| Tabla 3-3 Def. unitaria vigas de 5,7% asfalto con bajo contenido de finos .....     | 46   |
| Tabla 3-4. Def. unitaria vigas de 5,7% asfalto con alto contenido de finos .....    | 46   |
| Tabla 3-5. Estadística descrip. vigas de 4,7% asfalto con bajo contenido de finos   | 48   |
| Tabla 3-6. Estadística descrip. vigas de 5,7% asfalto con bajo contenido de finos   | 48   |
| Tabla 3-7. Estadística descrip. vigas de 4,7% asfalto con alto contenido de finos   | 49   |
| Tabla 3-8. Estadística descrip. vigas de 5,7% asfalto con alto contenido de finos   | 49   |
| Tabla 3-9. Características estructurales mezclas con bajo contenido de finos .....  | 50   |
| Tabla 3-10. Características estructurales mezclas con alto contenido de finos ..... | 50   |
| Tabla 4-1. Variación de los resultados mezclas con bajo contenido de finos .....    | 53   |
| Tabla 4-2. Variación de los resultados mezclas con alto contenido de finos .....    | 54   |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                 | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES .....                                                                | 59   |
| ANEXO B: CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA<br>EMPLEADA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS VIGAS ..... | 63   |
| ANEXO C: PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE LAS DE LA MEZCLA<br>ASFÁLTICA. ....                                       | 72   |

## RESUMEN

**TÍTULO: ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN \***

**AUTOR:**

MARLON ANDRÉS COTES RINCONES \*\*  
STEPHANY GREY MENDOZA ORCASITAS \*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Ensayo de flexión, deformación unitaria, resistencia a la fatiga, flexión pura, ductilidad

**DESCRIPCIÓN:**

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes, es por esto que las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de producir el comportamiento de estos materiales bajo diversas trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente.

El dimensionamiento y la construcción de la estructura de los pavimentos está determinado principalmente por el tránsito de vehículos, ya que el número de pasadas y la magnitud de las cargas son factores determinantes en este, por lo que para su diseño frecuentemente se recurre al ensayo de fatiga, en el que una muestra se somete a esfuerzos variables en magnitud y sentido, que se repiten con cierta frecuencia.

Sin embargo, y pese a su importancia, este ensayo requiere de equipos sofisticados debido a su complejidad por lo que, con esta investigación se ha buscado la creación de procedimientos menos complejos, que se puedan efectuar en cualquier planta, mediante la implementación de vigas, ya que estas son elementos fácil elaboración y permiten estudiar los materiales a tracción y analizar las deformaciones presentadas con equipos de carga monotónica, como la utilizada para el ensayo Marshall.

En este estudio, se realizaron ensayos de flexión pura a mezclas con diferentes contenidos de asfalto y de finos para evaluar su comportamiento ante las cargas y determinar las deformaciones unitarias máximas del concreto asfáltico, de manera que se espera que estos resultados se puedan correlacionar entre la deformación a la tracción con los resultados de cargas dinámicas de los ensayos en fatiga.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

## ABSTRACT

**TITLE: STUDY OF MAXIMUM BEAMS STRAIN OF ASPHALT CONCRETE IN BENDING \***

**AUTHOR:**

MARLON ANDRÉS COTES RINCONES \*\*

STEPHANY GREY MENDOZA ORCASITAS \*\*

**KEYWORDS:**

Bending test, strain, fatigue resistance, pure bending, ductility

**DESCRIPTION:**

A pavement must be designed so that the loads imposed by traffic generated no permanent deformation, which is why the design methodologies must begin to consider the deformations that occur in these layers, and the models to predict these deformations, must be able to produce these materials behavior under different load paths cyclic and environmental conditions.

The dimensioning and the paving structure's construction is mainly determined by the transit of vehicles because the number of passes and the magnitude of their weight are determining factors in this. That's why for its design is frequently used to test by fatigue, where the sample is submitted to variables magnitudes and directions efforts, and also repeated at certain intervals.

However, despite its importance, this test requires sophisticated equipment due to its complexity, therefore, this investigation has sought the creation of less complex procedures, which can be performed in any plant, through the beams implementation, because these elements are easy to prepare and enable the materials to study and analyze the deformations on monotonic traction's equipments, like the ones used for the Marshall's test.

In this study, there was pure flexion tests performed on different asphalt and fine's content to evaluate their behave under loads and determine the maximum strains of asphalt concrete, in this way, it is expected that these results can be correlated between the traction strain with the dynamic loads results from the fatigue's tests

---

\* Degree project

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de un pavimento tiene el propósito de brindar al tránsito de vehículos, una vía rápida, cómoda, segura, eficiente y económica. Una de las variables, determinantes en el dimensionamiento y comportamiento de un pavimento, es la magnitud de las cargas de tránsito.

En el diseño moderno de estructuras de pavimentos los ensayos de fatiga son una herramienta fundamental, pero sin lugar a dudas son un proceso que demanda un alto grado de complejidad ya sea por el tiempo empleado o porque los equipos empleados son muy sofisticados y no cualquier laboratorio puede acceder a ellos. Un ejemplo claro de esto es el ensayo de flexotracción que es normalmente empleado en Colombia y muchos países para la evaluación de la resistencia a la fatiga.

Por lo anterior, es importante buscar procedimientos más sencillos y asequibles para predecir el comportamiento de los ensayos a la fatiga, es decir, que puedan ser implementados en obra sin la necesidad de implementos y laboratorios costosos.

Esta investigación pretende estudiar las deformaciones unitarias máximas del concreto asfáltico producidas por cargas monotónicas. En el estudio de fatiga de las mezclas bituminosas, se relaciona la deformación unitaria del material con el número de cargas dinámicas que puede soportar. Se considera que la deformación unitaria bajo carga monotónica podría relacionarse con la resistencia en fatiga de un material.

El presente documento se desarrolla en seis capítulos; el primero presenta el estado del conocimiento, el segundo la metodología desarrollada, posteriormente

los análisis de resultados, conclusiones y las recomendaciones para futuros estudios en fatiga.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

Establecer los valores máximos de deformación unitaria en vigas de concreto asfáltico sometidas a flexión, modificando el contenido de asfalto con granulometrías que contengan alta y baja cantidad de finos con el fin de estudiar el comportamiento de las muestras.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los valores máximos de la deformación unitaria en vigas de concreto asfáltico (variando la cantidad de asfalto).
- Verificar como influye del contenido de finos en las deformaciones unitarias máximas medidas.
- Clasificar las diferentes muestras según su comportamiento de acuerdo a las variables establecidas (cantidad de asfalto y contenido de finos).

## 1. DISEÑO DE PAVIMENTOS

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. En el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de las capas.

Sin embargo, en vías donde se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez las capas granulares soportan el esfuerzo aplicado casi en su totalidad y la magnitud de dichos esfuerzos puede llegar a generar valores altos de deformación permanente. Por lo tanto, las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de producir el comportamiento de estos materiales bajo diversas trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente.

### 1.1. MATERIALES CONSTITUYENTES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Los principales componentes de una mezcla asfáltica son: **los agregados pétreos** y **los ligantes bituminosos**.

#### 1.1.1. 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. El comportamiento de las mezclas asfálticas depende directamente de las características de los agregados ya que estos conforman alrededor de un 90% al 95% del peso total de la mezcla o de un 75% al 85% respecto a su volumen total.

**Figura 1.1-1. Agregado empleado**



Fuente: Registro fotográfico propio

#### **1.1.1.1. Tipos de agregados pétreos.**

El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

#### **1.1.1.2. Agregados Naturales.**

Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final.

#### **1.1.1.3. Agregados de Trituración.**

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

#### **1.1.1.4. Agregados Artificiales.**

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

#### **1.1.1.5. Propiedades de los agregados pétreos.**

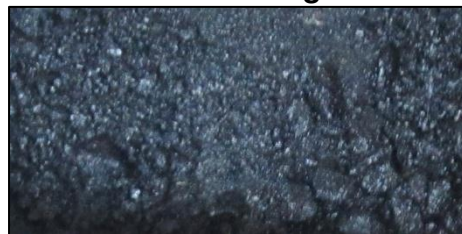
La factibilidad técnica de utilizar un determinado agregado pétreo para la elaboración de una mezcla asfáltica depende de la evaluación de las siguientes propiedades:

- El tamaño y la gradación.
- La textura superficial.
- El grado de absorción.
- Resistencia al desgaste.
- La actividad de los finos.
- El grado de afinidad con los ligantes bituminosos.
- Durabilidad.

#### **1.1.2. LIGANTES BITUMINOSOS**

Los asfaltos son materiales que se pueden presentar de forma natural o artificial. El asfalto natural se obtiene de rocas y lagos asfálticos, mientras que los asfaltos artificiales son el producto de la destilación del petróleo.

**Figura 1.1-2. Mezcla con ligante bituminoso**



Fuente: Registro fotográfico propio

### **1.1.3. Propiedades de los ligantes bituminosos**

Las principales propiedades de los ligantes bituminosos son las siguientes:

#### **1.1.3.1. Poder aglomerante.**

Los ligantes asfálticos tienen la propiedad de bajar su viscosidad con la temperatura, de tal modo que se convierte en una sustancia fluida que moja, se adhiere y envuelve con mucha facilidad a los agregados pétreos y a los materiales granulares, al tiempo que los aglomera. Este poder aumenta al enfriarse y además al compactar el material se aumenta la superficie de contacto entre las partículas.

#### **1.1.3.2. Agente estabilizante.**

Los ligantes asfálticos al ser usados como estabilizadores en materiales granulares, dan como resultado una alta estabilidad, la cual permiten dar dureza, cohesión y resistencia a los materiales granulares sueltos. Se caracterizan además, porque su comportamiento depende fundamentalmente de la temperatura y del tiempo de aplicación de la carga, pueden asumir deformaciones pequeñas por largos períodos de tiempo permitiendo adaptarse a los pequeños asentamientos y deformaciones que experimentan las capas inferiores.

#### **1.1.3.3. Agente impermeabilizante.**

Los ligantes asfálticos recubren a los materiales granulares a través de una capa impermeable haciendo inaccesible el paso del agua, al mismo tiempo se logra conseguir el relleno de los huecos dejados por el material granular, con lo que se obtienen materiales con valores de impermeabilidad muy altos.

#### **1.1.3.4. Penetración.**

Para caracterizar a los asfaltos es necesario conocer su consistencia a distintas temperaturas, puesto que son materiales termoplásticos que se licuan gradualmente al calentarlos. Consistencia es el término usado para describir el grado de fluidez o plasticidad del asfalto a cualquier temperatura dada.

#### **1.1.3.5. Ductilidad.**

Los materiales asfálticos están sometidos frecuentemente a variaciones de temperatura que le provocan cambios dimensionales, para esto es necesario que el material asfáltico tenga suficiente ductilidad para alargarse sin que se produzcan grietas, sin embargo, una ductilidad excesiva tampoco es conveniente debido a que se corre el riesgo de que se presenten ondulaciones por efectos de las cargas del tráfico.

#### **1.1.3.6. Fragilidad.**

La fragilidad estática, se caracteriza por la rotura de un material en cuanto se sobrepasa su límite elástico y sin que haya sufrido una deformación plástica apreciable. Un material que sufre deformaciones lentas de carácter plástico puede romperse bajo el efecto de un choque, cuando esto ocurre se dice entonces que el material no tiene tenacidad.

#### **1.1.3.7. Cohesión.**

Esta propiedad indica la dificultad de un producto asfáltico o de una mezcla de productos asfálticos y un agregado pétreo para romperse por tracción sin que falle la adherencia entre el producto asfáltico y el agregado pétreo.

## **1.2. ENSAYOS EN FATIGA**

El ensayo de fatiga es un método para determinar el comportamiento de los materiales bajo cargas fluctuante, en este, la pieza está sometida a esfuerzos variables en magnitud y sentido, que se repiten con cierta frecuencia. Existen dos clases de ensayos en fatiga: a esfuerzo constante y deformación constante.

### **1.2.1. A esfuerzo constante**

El ensayo puede efectuarse ejerciendo en la cabeza de la probeta un esfuerzo  $F$ , que se mantiene constante durante la totalidad de éste. En este caso y teniendo en cuenta el daño de la probeta, el desplazamiento de la cabeza de la misma crece constantemente durante el ensayo.

### **1.2.2. A deformación constante**

El ensayo de fatiga, efectuado a deformación constante, es menos disperso que el ensayo hecho a esfuerzo constante. La desviación estándar sobre el logaritmo del número de ciclos para un nivel de sollicitación de  $10^6$  ciclos es de uno para un ensayo realizado a esfuerzo constante.

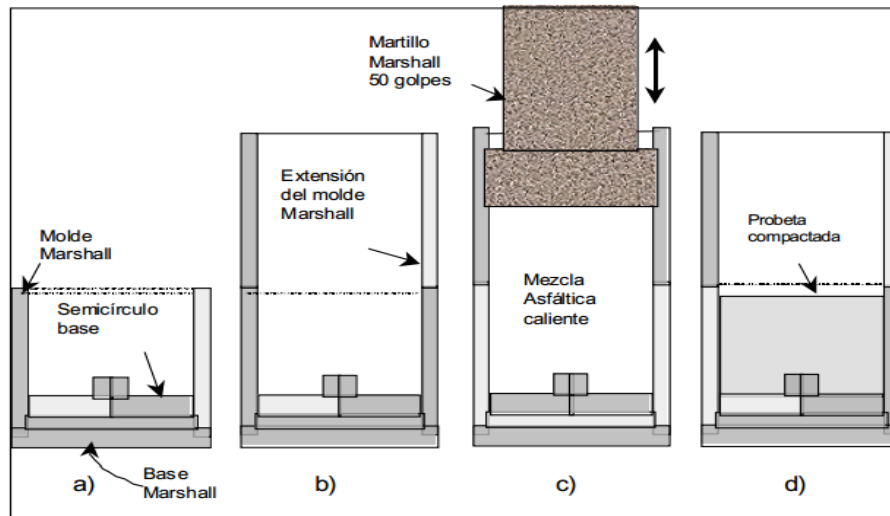
En este ensayo, la ruptura no se observa realmente al final, pero se define una ruptura convencional cuando el desplazamiento en la cabeza de la probeta tiene un valor del doble de lo establecido al comienzo del ensayo.

## **1.3. OTROS ENSAYOS RELACIONADOS CON EL PRESENTE ESTUDIO**

Como la presente investigación pretende estudiar los comportamientos de las mezclas asfálticas sometidas a flexión, se recopiló la literatura que muestra

experiencias realizadas en otras investigaciones, como es el ensayo Barcelona de tracción directa, que consiste en someter una probeta cilíndrica a tracción directa. Para el proceso de fabricación y compactación de las probetas se sigue la misma metodología que para el método Marshall, que es el procedimiento más habitual para la preparación de probetas de mezclas bituminosas (figura 1.1-3).

**Figura 1.1-3. Ensayo Barcelona de Tracción Directa**



Fuente: Pérez, Félix y Miró, Rodrigo. Nuevos ensayos para la caracterización de ligantes y mezclas asfálticas

El ensayo puede ser realizado en el modo estático aplicando una velocidad de deformación fija o bien, en el modo dinámico, aplicando una carga senoidal de amplitud y frecuencia constante. El primer procedimiento es empleado para determinar la energía y deformación de rotura de la mezcla; el segundo, para estudiar su comportamiento a fatiga.

Con respecto a los resultados obtenidos experimentalmente con este ensayo, se observó una clara correlación entre la deformación a rotura obtenida del modo estático con la deformación crítica resultante del modo dinámico, lo que permite concluir que bastaría con realizar el ensayo estático para conocer el comportamiento a fatiga que tendrá la mezcla durante la vida en servicio.

## **2. METODOLOGÍA EMPLEADA**

La implementación de vigas en concreto asfáltico para los ensayos responde a varios factores, uno de ellos es el auge que han adquirido para realizar el estudio de los materiales a tracción, su posterior análisis de fatiga y deformaciones unitarias.

Además, la necesidad de estudios futuros relacionados a estos ensayos, requiere la implementación de este tipo de probetas, ya que su fácil elaboración permite estudios en casi todos los laboratorios con maquinaria de poca complejidad y de carga monotónica, como la utilizada para el ensayo Marshall.

En general, se espera como resultado, crear una fuente menos tediosa que constituya la base de estudios que impliquen el análisis de tracción y deformaciones para el posterior estudio por fatiga.

### **2.1. FLEXIÓN EN VIGAS.**

Los parámetros utilizados en el diseño de la mezcla cumplen con la norma INVIAS para Mezcla Asfáltica en Caliente tipo MDC-2, y de esta forma se definen las dimensiones de los moldes para la elaboración de las vigas, teniendo en cuenta las dimensiones del equipo. Seguidamente, se procede con la elaboración de las mezclas separándolas de acuerdo a la cantidad de asfalto utilizada y a su granulometría.

#### **2.1.1. Diseño del molde.**

Las dimensiones del molde utilizado en la elaboración de las vigas son las siguientes:

**Tabla 2-1. Dimensiones del molde**

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| <b>Longitud</b> | 30,1 [cm] |
| <b>Ancho</b>    | 4,7 [cm]  |
| <b>Alto</b>     | 6,0 [cm]  |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-1. Molde utilizado**



Fuente: Registro fotográfico propio

### **2.1.2. Preparación de la mezcla asfáltica.**

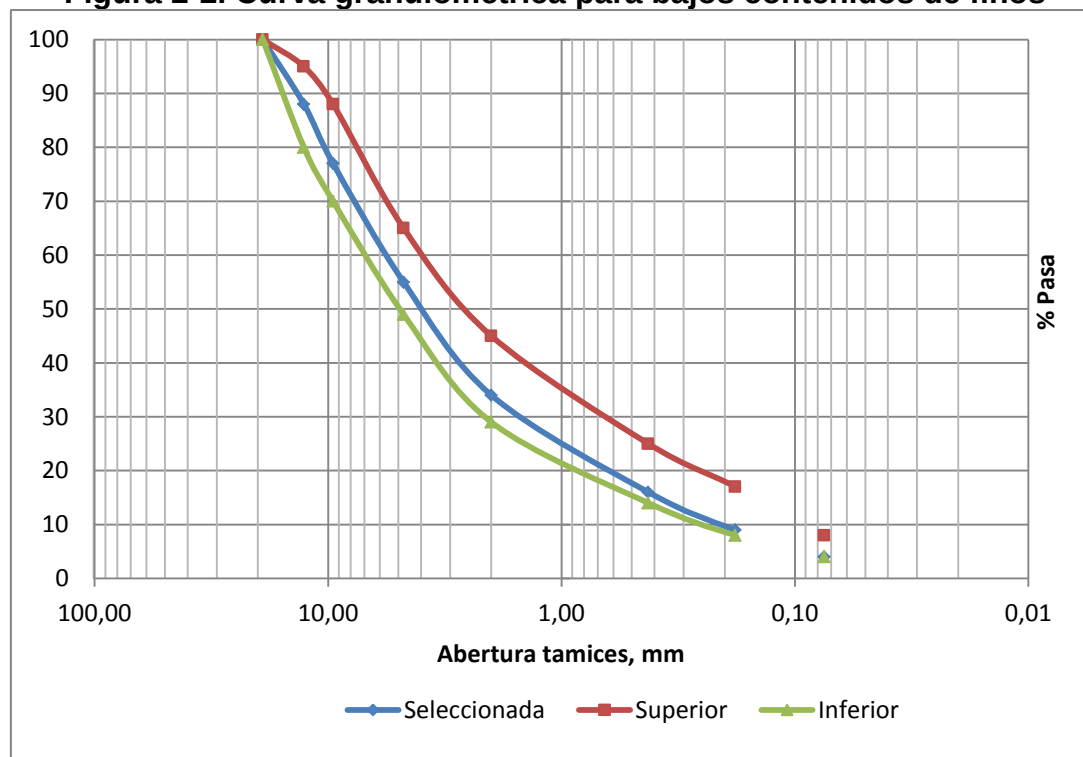
El material utilizado para la elaboración de las probetas es un agregado pétreo y para estos se seleccionaron dos curvas para los diferentes contenidos de finos cercano a los límites inferior y superior de la franja propuesta por el Instituto Nacional de Vías para mezclas asfálticas en caliente tipo MDC-2, tal como se ve en las figuras 2-2 y 2-3.

**Tabla 2-2. Límite granulométrico utilizado para bajos contenidos de finos**

| % Pasa      |           |               |              |               |
|-------------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| Tamiz, pulg | Tamiz, mm | Lím. Superior | Seleccionado | Lím. Inferior |
| 3/4"        | 19,050    | 100           | 100          | 100           |
| 1/2"        | 12,700    | 95            | 88           | 80            |
| 3/8"        | 9,525     | 88            | 77           | 70            |
| N°4         | 4,750     | 65            | 55           | 49            |
| N°10        | 2,000     | 45            | 34           | 29            |
| N°40        | 0,425     | 25            | 16           | 14            |
| N°80        | 0,180     | 17            | 9            | 8             |
| N°200       | 0,075     | 8             | 4            | 4             |
| Fondo       | 0         | 0             | 0            | 0             |

Fuente: Franja granulométrica utilizada mezclas asfálticas en caliente MDC-2 I.N.V E 450-07

**Figura 2-2. Curva granulométrica para bajos contenidos de finos**



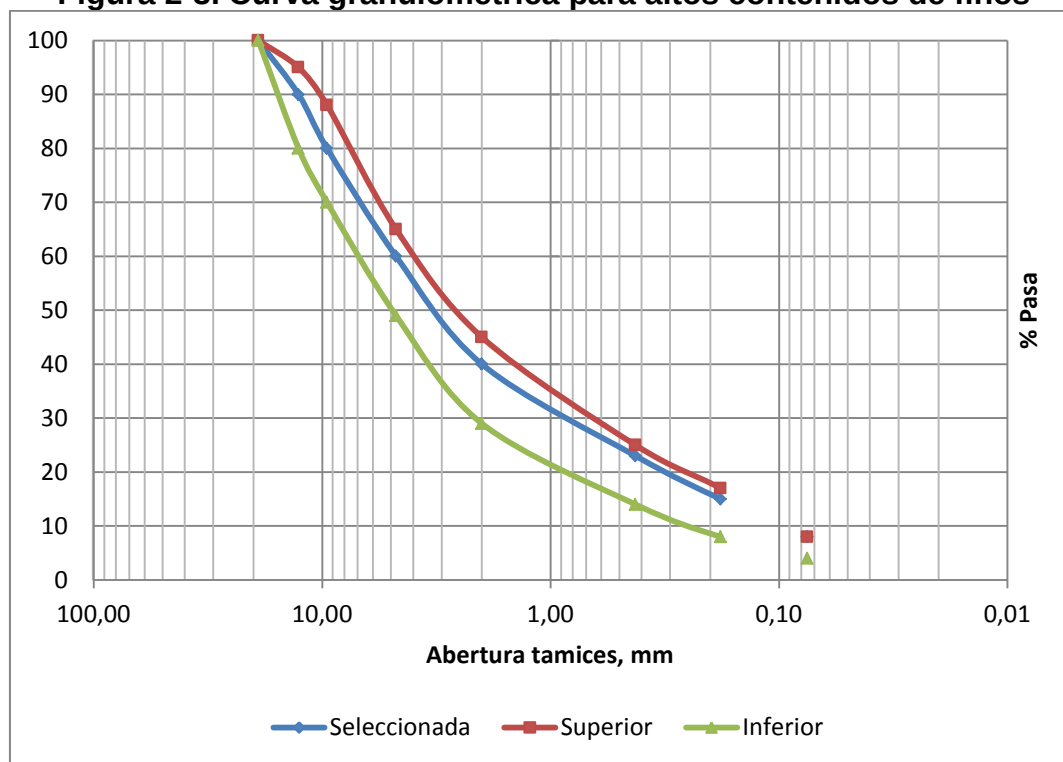
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2-3. Límite granulométrico utilizado para altos contenidos de finos**

| % Pasa      |           |               |              |               |
|-------------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| Tamiz, pulg | Tamiz, mm | Lím. Superior | Seleccionado | Lím. Inferior |
| 3/4"        | 19,050    | 100           | 100          | 100           |
| 1/2"        | 12,700    | 95            | 90           | 80            |
| 3/8"        | 9,525     | 88            | 80           | 70            |
| N°4         | 4,750     | 65            | 60           | 49            |
| N°10        | 2,000     | 45            | 40           | 29            |
| N°40        | 0,425     | 25            | 23           | 14            |
| N°80        | 0,180     | 17            | 15           | 8             |
| N°200       | 0,075     | 8             | 8            | 4             |
| Fondo       | 0         | 0             | 0            | 0             |

Fuente: Franja granulométrica utilizada mezclas asfálticas en caliente MDC-2 I.N.V E 450-07

**Figura 2-3. Curva granulométrica para altos contenidos de finos**



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3. Análisis volumétrico de la mezcla.

De acuerdo a las dimensiones del molde y variando el contenido de asfalto a 4.7% y 5.7% y de finos; se propuso como densidad para la mezcla 2.25 g/cm<sup>3</sup>, comprobado en la determinación de las propiedades volumétricas de la mezcla (Anexo B), con el fin de determinar la cantidad de agregado en el peso para la fabricación de la viga

Dimensiones del molde: 4.7 x 6.0 x 30.1 cm

Volumen compactado del molde: 848.82 cm<sup>3</sup>

Peso de la viga: 848.82 x 2.25 = 1909.85 gr  
(Asfalto y agregado)

### 2.1.4. Determinación del peso de cada material.

El peso total de la viga se debe distribuir en el peso de los agregados y el peso del asfalto con la siguiente ecuación:

$$\text{Peso total} = \text{Peso agregado (100\%)} + \text{Peso asfalto (\%)} \text{ (Ecuación 1)}$$

Aplicando una regla de tres y reemplazando en la ecuación (1) se tiene:

$$1909.845 \rightarrow \% \text{ agregado} + \% \text{ asfalto}$$

$$\text{Peso del agregado} \rightarrow 100\%$$

Seguidamente con el peso del agregado conocido, para cada variación de asfalto y la granulometría seleccionada se obtienen los pesos para los diferentes tamaños.

#### 2.1.4.1. Para bajos contenidos de finos

##### Contenido de asfalto de 4.7%

*Dimensiones: 4.7 x 6.0 x 30.1 cm*

*Volumen: 848.82 cm<sup>3</sup>*

*Densidad de la mezcla: 2.25 g/cm<sup>3</sup>*

*Peso total = Peso agregado (100%) + Peso Asfalto (4.7%)*

*1909.845 → 104.7%*

*Peso del agregado → 100%*

*Peso del agregado = 1824.11 gr*

*Peso del asfalto = 82.73 gr*

**Tabla 2-4. Pesos obtenidos 4.7% asfalto**

| Tamiz, pulg | % Pasa | % Retenido | Peso, gr |
|-------------|--------|------------|----------|
| 3/4"        | 100    | 0          | 0,00     |
| 1/2"        | 88     | 12         | 218,89   |
| 3/8"        | 77     | 11         | 200,65   |
| N°4         | 55     | 22         | 401,30   |
| N°10        | 34     | 21         | 383,06   |
| N°40        | 16     | 18         | 328,34   |
| N°80        | 9      | 7          | 127,69   |
| N°200       | 4      | 5          | 91,21    |
| Fondo       | 0      | 4          | 72,96    |

Fuente: Elaboración propia

##### Contenido de asfalto de 5.7%

*Dimensiones: 4.7 x 6.0 x 30.1 cm*

*Volumen: 848.82 cm<sup>3</sup>*

*Densidad de la mezcla: 2.25 g/cm<sup>3</sup>*

*Peso total = Peso agregado (100%) + Peso Asfalto (5.7%)*

*1909.845 → 105.7%*

*Peso del agregado → 100%*

*Peso del agregado = 1806.85 gr*

*Peso del asfalto = 102.99 gr*

**Tabla 2-5. Pesos obtenidos 5.7% asfalto**

| <b>Tamiz, pulg</b> | <b>% Pasa</b> | <b>% Retenido</b> | <b>Peso, gr</b> |
|--------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| <b>3/4"</b>        | 100           | 0                 | 0,00            |
| <b>1/2"</b>        | 88            | 12                | 216,82          |
| <b>3/8"</b>        | 77            | 11                | 198,75          |
| <b>N°4</b>         | 55            | 22                | 397,51          |
| <b>N°10</b>        | 34            | 21                | 379,44          |
| <b>N°40</b>        | 16            | 18                | 325,23          |
| <b>N°80</b>        | 9             | 7                 | 126,48          |
| <b>N°200</b>       | 4             | 5                 | 90,34           |
| <b>Fondo</b>       | 0             | 4                 | 72,27           |

Fuente: Elaboración propia

#### **2.1.4.2. Para altos contenidos de finos**

##### **Contenido de asfalto de 4.7%**

*Peso del agregado = 1824.11 gr*

*Peso del asfalto = 85.73 gr*

**Tabla 2-6. Pesos obtenidos 4.7% asfalto**

| <b>Tamiz, pulg</b> | <b>% Pasa</b> | <b>% Retenido</b> | <b>Peso, gr</b> |
|--------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| <b>3/4"</b>        | 100           | 0                 | 0,00            |
| <b>1/2"</b>        | 88            | 12                | 182,41          |
| <b>3/8"</b>        | 77            | 11                | 182,41          |
| <b>N°4</b>         | 55            | 22                | 364,82          |
| <b>N°10</b>        | 34            | 21                | 364,82          |
| <b>N°40</b>        | 16            | 18                | 310,10          |
| <b>N°80</b>        | 9             | 7                 | 145,93          |
| <b>N°200</b>       | 4             | 5                 | 127,69          |
| <b>Fondo</b>       | 0             | 4                 | 145,93          |

Fuente: Elaboración propia

### Contenido de asfalto de 5.7%

*Peso del agregado = 1806.85 gr*

*Peso del asfalto = 102.99 gr*

**Tabla 2-7. Pesos obtenidos 5.7% asfalto**

| Tamiz, pulg | % Pasa | % Retenido | Peso, gr |
|-------------|--------|------------|----------|
| 3/4"        | 100    | 0          | 0,00     |
| 1/2"        | 88     | 12         | 180,69   |
| 3/8"        | 77     | 11         | 180,69   |
| N°4         | 55     | 22         | 361,37   |
| N°10        | 34     | 21         | 361,37   |
| N°40        | 16     | 18         | 307,17   |
| N°80        | 9      | 7          | 144,55   |
| N°200       | 4      | 5          | 126,48   |
| Fondo       | 0      | 4          | 144,55   |

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.5. Elaboración de las probetas.

El procedimiento para la elaboración de las vigas asfálticas consiste en calentar el asfalto a una temperatura de 150°C y el agregado a una temperatura de 130°C, seguidamente se compacta en la probeta manteniendo una temperatura de 140°C de acuerdo con las especificaciones de la norma I.N.V 748-07 resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall.

**Figura 2-4. Preparación de la mezcla y elaboración de la probeta**



Fuente: Registro fotográfico propio

El proceso de compactación consiste en acomodar la mezcla con una barra de punta redonda y seguidamente someterla a una carga equivalente a 15 toneladas de carga con una velocidad de 0.1 ton/s sostenida durante 2 minutos en la carga máxima de compactación.

**Figura 2-5. Máquina universal**



Fuente: Registro fotográfico propio

Con la finalidad de realizar una comparación de la deformación unitaria máxima en vigas de concreto asfáltico sometidas a flexión se elaboraron probetas variando el porcentaje de asfalto entre 4.7% y 5.7% y el contenido de finos.

**Figura 2-6. Vigas de concreto asfáltico**



Fuente: Registro fotográfico propio

### **2.1.6. Ensayos de laboratorio.**

Para caracterizar las propiedades de las probetas se realizaron los siguientes ensayos de densidad: Densidad Bulk (I.N.V E-733-07) y densidad máxima teórica – GMM (I.N.V E-735-07).

#### **2.1.6.1. Densidad Bulk.**

La densidad Bulk es la relación entre la masa (peso en el aire) y el volumen dado por metro cúbico (o pie cúbico) del material compactado, incluyendo el volumen de vacío, a 25°C (77°F) para mezclas asfálticas.

El procedimiento realizado se le realizó a todas las probetas para cada una de las variaciones de asfalto y el contenido de finos, de acuerdo con la norma I.N.V E 733-07.

**Figura 2-7. Peso sumergido de las vigas**



Fuente: Registro fotográfico propio

**Tabla 2-8. Densidad Bulk de las vigas bajo contenido de finos**

| Probeta<br>N°   | % Asfalto    |              |
|-----------------|--------------|--------------|
|                 | 4,70%        | 5,70%        |
| 1               | 2,216        | 2,285        |
| 2               | 2,254        | 2,243        |
| 3               | 2,229        | 2,243        |
| 4               | 2,248        | 2,258        |
| 5               | 2,239        | 2,266        |
| 6               | 2,229        | 2,259        |
| 7               | 2,226        | 2,262        |
| 8               | 2,236        | 2,276        |
| <b>Promedio</b> | <b>2,235</b> | <b>2,261</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2-9. Densidad Bulk de las vigas alto contenido de finos**

| Probeta<br>N°   | % Asfalto    |              |
|-----------------|--------------|--------------|
|                 | 4,70%        | 5,70%        |
| 1               | 2,253        | 2,228        |
| 2               | 2,215        | 2,277        |
| 3               | 2,256        | 2,265        |
| 4               | 2,271        | 2,234        |
| <b>Promedio</b> | <b>2,249</b> | <b>2,251</b> |

Fuente: Elaboración propia

#### **2.1.6.2. Densidad máxima teórica – GMM.**

La densidad máxima teórica es la relación entre la masa (peso en el aire) y el volumen dado por metro cúbico (o pie cúbico) del material sin compactar, sin incluir el volumen de vacíos, a 25°C (77°F) para mezclas asfálticas.

El procedimiento realizado se le realizó a las probetas para cada una de las variaciones de asfalto y de finos, de acuerdo con la norma I.N.V E 735-07.

**Figura 2-8. Ensayo GMM**



Fuente: Registro fotográfico propio

**Tabla 2-10. Densidad máxima teórica de la mezcla bajo contenido de finos**

| % Asfalto | Densidad máxima teórica (Grs/Cm3) |
|-----------|-----------------------------------|
| 4,70%     | 2,432                             |
| 5,70%     | 2,454                             |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2-11. Densidad máxima teórica de la mezcla alto contenido de finos**

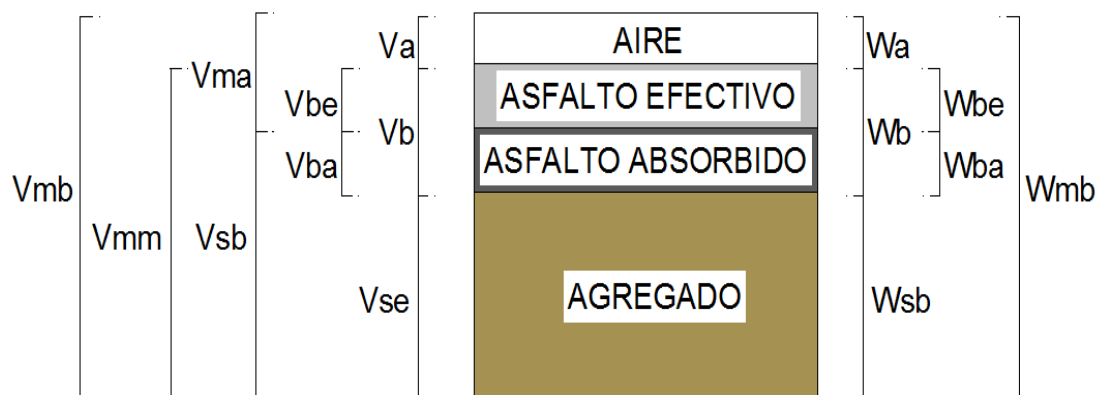
| % Asfalto | Densidad máxima teórica (Grs/Cm3) |
|-----------|-----------------------------------|
| 4,70%     | 2,370                             |
| 5,70%     | 2,346                             |

Fuente: Elaboración propia

#### **2.1.7. Propiedades volumétricas de las mezclas.**

En la siguiente relación se determinan las propiedades volumétricas y gravimétricas de las mezclas empleadas:

**Figura 2-9. Relaciones volumétricas y gravimétricas.**



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 2-12. Relaciones de Volumen**

|            |                                             |
|------------|---------------------------------------------|
| <b>Va</b>  | Volumen de aire                             |
| <b>Vb</b>  | Volumen de Asfalto                          |
| <b>Vse</b> | Volumen Efectivo del Agregado (Gs Efectivo) |
| <b>Vbe</b> | Volumen de Asfalto Efectivo                 |
| <b>Vba</b> | Volumen de Asfalto Absorbido                |
| <b>Vma</b> | Volumen de vacíos en el Agregado Mineral    |
| <b>Vsb</b> | Volumen total de agregado (Gs de la masa)   |
| <b>Vmm</b> | Volumen de la mezcla sin vacíos             |
| <b>Vmb</b> | Volumen total de la Mezcla Compactada       |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2-13. Relaciones de Masa**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| <b>Wa</b>  | Masa de aire                          |
| <b>Wb</b>  | Masa de Asfalto                       |
| <b>Wsb</b> | Masa total de agregado                |
| <b>Wbe</b> | Masa de Asfalto Efectivo              |
| <b>Wba</b> | Masa de Asfalto Absorbido             |
| <b>Wma</b> | Masa de vacíos en el Agregado Mineral |

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.7.1. Porcentajes de vacío

Para el cálculo de porcentajes de vacío de las combinaciones de asfalto elegidas se calculó la gravedad específica Bulk (I.N.V E 733-07) y la gravedad específica máxima teórica (I.N.V. E 735-07) dado con la siguiente ecuación:

$$\%V_a = 100 \left( 1 - \frac{Gmb}{Gmm} \right)$$

**(Ecuación 2)**

**Para bajo contenido de finos:**

Contenido asfalto 4,7%

$$\%V_a = 100 \left( 1 - \frac{2,235}{2,432} \right) = 8,128\%$$

Contenido asfalto 5,7%

$$\%V_a = 100 \left( 1 - \frac{2,261}{2,489} \right) = 7,860\%$$

**Para alto contenido de finos:**

Contenido asfalto 4,7%

$$\%V_a = 100 \left( 1 - \frac{2,249}{2,370} \right) = 5,108\%$$

Contenido asfalto 5,7%

$$\%V_a = 100 \left( 1 - \frac{2,261}{2,346} \right) = 4,054\%$$

### 2.1.8. Ensayos de flexión en vigas de concreto asfáltico.

En este estudio se ha llevado a cabo la evaluación experimental del comportamiento de la mezcla asfáltica frente a ensayos de flexión con carga en

los tercios medios de la luz libre, en donde se determinaron las deformaciones unitarias máximas para las variaciones de asfalto y de finos.

Para el análisis se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- En la flexión pura se identifica el eje neutro, es decir, una fibra longitudinal que permanece sin deformarse.
- La hipótesis de Bernoulli, que dice que cualquier sección planas inicialmente perpendiculares al eje de la viga, sigue siendo perpendicular al eje de la viga una vez haya sufrido una deformación.
- La Ley de Hooke, que dice que esfuerzos varían de forma proporcional a la deformación.

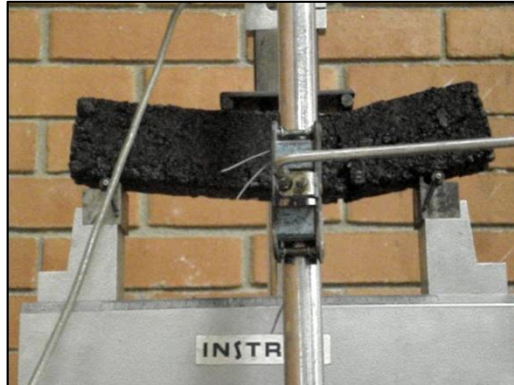
La metodología implementada, consistió en aplicar una carga a la velocidad del ensayo Marshall (50.8 mm/min), la cual fue determinada a partir de la norma I.N.V E 748-07 “Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall”.

La deformación considerada es en el centro de la luz libre mientras y la carga aplicada, estos datos se consignaron para la construcción de las gráficas Carga Vs Deformación (ver anexo C – “Medición de las propiedades estructurales de la mezcla asfáltica”).

### 3. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

La caracterización estructural de este estudio se fundamentó en acondicionar las probetas, con diferentes contenidos de asfalto y diferentes contenidos de finos, a una temperatura de 10°C y seguidamente someterlas a un ensayo de flexión pura con cargas puntuales en los tercios medios de estas (figura 3-1), con una rata de deformación constante de 50.8 mm/min (Velocidad del ensayo Marshall); midiendo de esta forma la carga máxima y la deformación de falla correspondiente.

**Figura 3-1. Análisis Estructural Flexión Pura.**



Fuente: Registro fotográfico propio

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL PARA CADA CONTENIDO DE FINOS Y DE ASFALTO.

En el ensayo a flexión se obtiene la gráfica de carga contra deformación, a partir de la que se determinan los esfuerzos de tracción y las deformaciones unitarias. A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas en el procedimiento de cálculo de los esfuerzos de flexión normal (esfuerzos de tracción):

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

(Ecuación 3)

Dónde:  $M$ : Es el momento de flexión en un punto  
 $Z$ : Es el módulo resistente de la sección

El término  $Z$ , está dado por la expresión:

$$Z = \frac{I}{Y}$$

(Ecuación 4)

Dónde:

$I$ : Es el momento de inercia centroidal, calculado con respecto al eje neutro

$Y$ : Es la la distancia a la que se encuentra la fibra estudiada del eje neutro

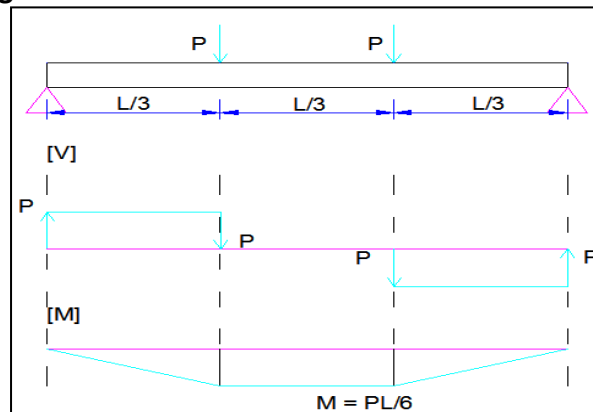
El módulo de elasticidad o rigidez de la mezcla está definido como la pendiente de dos puntos de la curva Esfuerzos de tracción Vs. Deformación unitaria.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

(Ecuación 5)

Una viga trabaja a flexión pura (figura 3-2) cuando en cualquier sección de esta sólo existe un momento flexionante constante, es decir, ocurre sólo en regiones de una viga donde la fuerza cortante es cero.

**Figura 3-2. Análisis Estructural Flexión Pura.**



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos de tracción para estos ensayos están dados por la ecuación:

$$\sigma_t = \frac{3Pl}{bh^2}, \text{ kgf/cm}^2$$

(Ecuación 6)

Dónde:

*P: Es la carga aplicada, kgf*

*l: Es la longitud total de la viga, cm*

*b: Es la base de la viga, cm*

*h: Es la altura de la viga, cm*

En las tablas 3-1 y 3-2 se encuentran los resultados de deformación unitaria para contenido de asfalto 4,7%.

**Tabla 3-1. Def. unitaria vigas de 4,7% asfalto con bajo contenido de finos**

| Viga | Esfuerzo [Mpa] | Deform. Unit. de Falla Vertic.[mm/mm] | Deform. Unit. de Falla Horiz. [mm/mm] |
|------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| A    | 8,981          | 0,035                                 | 0,525                                 |
| B    | 8,264          | 0,053                                 | 0,800                                 |
| C    | 5,977          | 0,064                                 | 0,963                                 |
| D    | 5,747          | 0,035                                 | 0,525                                 |
| E    | 7,992          | 0,028                                 | 0,425                                 |
| F    | 7,306          | 0,042                                 | 0,625                                 |
| G    | 8,526          | 0,065                                 | 0,975                                 |
| H    | 9,300          | 0,058                                 | 0,863                                 |

Fuente: Elaboración propia

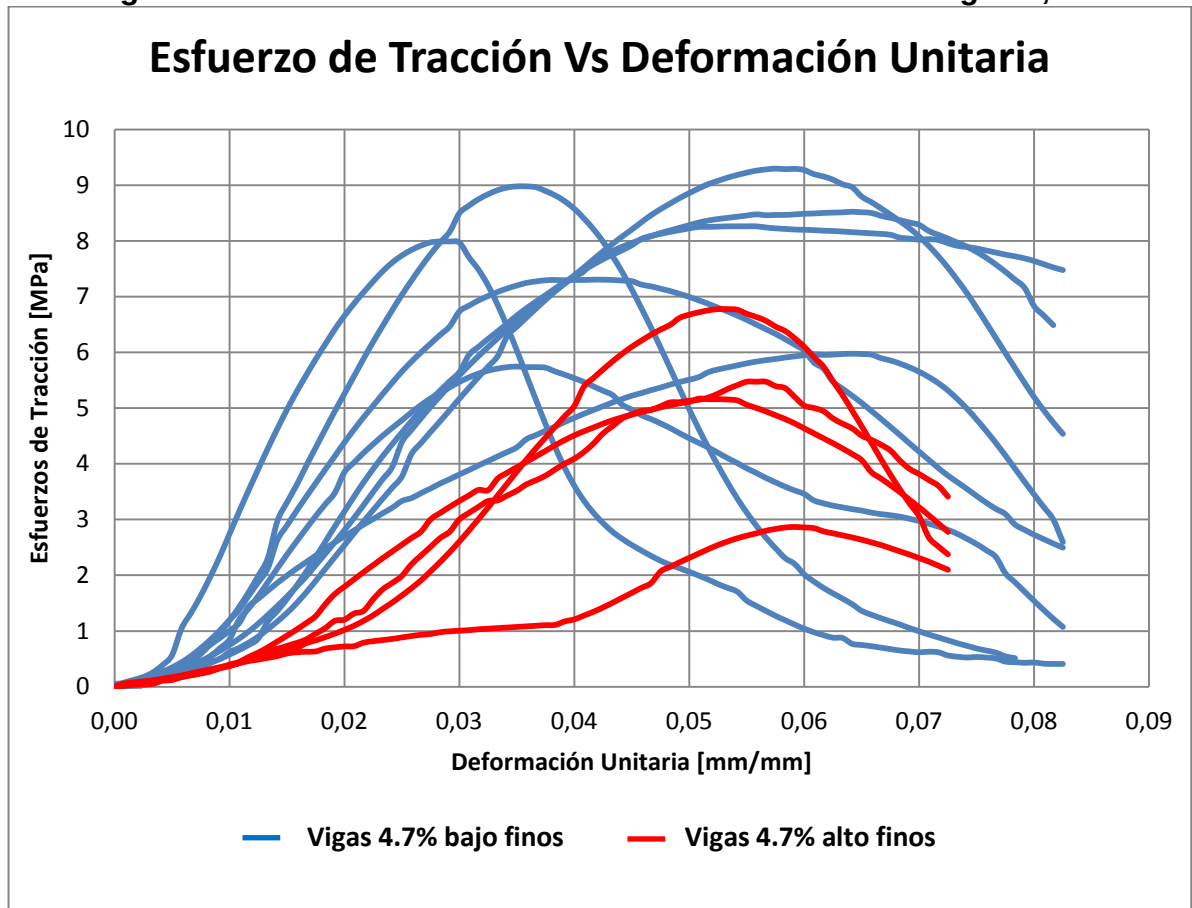
**Tabla 3-2. Def. unitaria vigas de 4,7% asfalto con alto contenido de finos**

| Viga | Esfuerzo [Mpa] | Deform. Unit. de Falla Vertic.[mm/mm] | Deform. Unit. de Falla Horiz. [mm/mm] |
|------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| A1   | 6,7776         | 0,053                                 | 0,788                                 |
| A2   | 2,8681         | 0,059                                 | 0,888                                 |
| A3   | 5,1709         | 0,051                                 | 0,763                                 |
| A4   | 5,4744         | 0,055                                 | 0,825                                 |

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 3-3 y 3-4 se observan las curvas obtenidas de esfuerzo vs deformación unitaria para cada viga con diferentes contenidos de asfalto y de finos (azul para bajos contenidos y rojo para altos contenidos de finos).

**Figura 3-3. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria en vigas 4,7%**



Fuente: Elaboración propia

En las tablas 3-3 y 3-4 se encuentran los resultados de deformación unitaria para contenido de asfalto 5,7%.

**Tabla 3-3 Def. unitaria vigas de 5,7% asfalto con bajo contenido de finos**

| <b>Viga</b> | <b>Esfuerzo [Mpa]</b> | <b>Deform. Unit. de Falla Vertic.[mm/mm]</b> | <b>Deform. Unit. de Falla Horiz. [mm/mm]</b> |
|-------------|-----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>1</b>    | 14,309                | 0,056                                        | 0,838                                        |
| <b>2</b>    | 13,974                | 0,058                                        | 0,875                                        |
| <b>3</b>    | 14,079                | 0,079                                        | 1,188                                        |
| <b>4</b>    | 14,644                | 0,068                                        | 1,013                                        |
| <b>5</b>    | 12,765                | 0,048                                        | 0,713                                        |
| <b>6</b>    | 12,608                | 0,076                                        | 1,138                                        |
| <b>7</b>    | 18,815                | 0,055                                        | 0,825                                        |
| <b>8</b>    | 15,7634               | 0,060                                        | 0,900                                        |

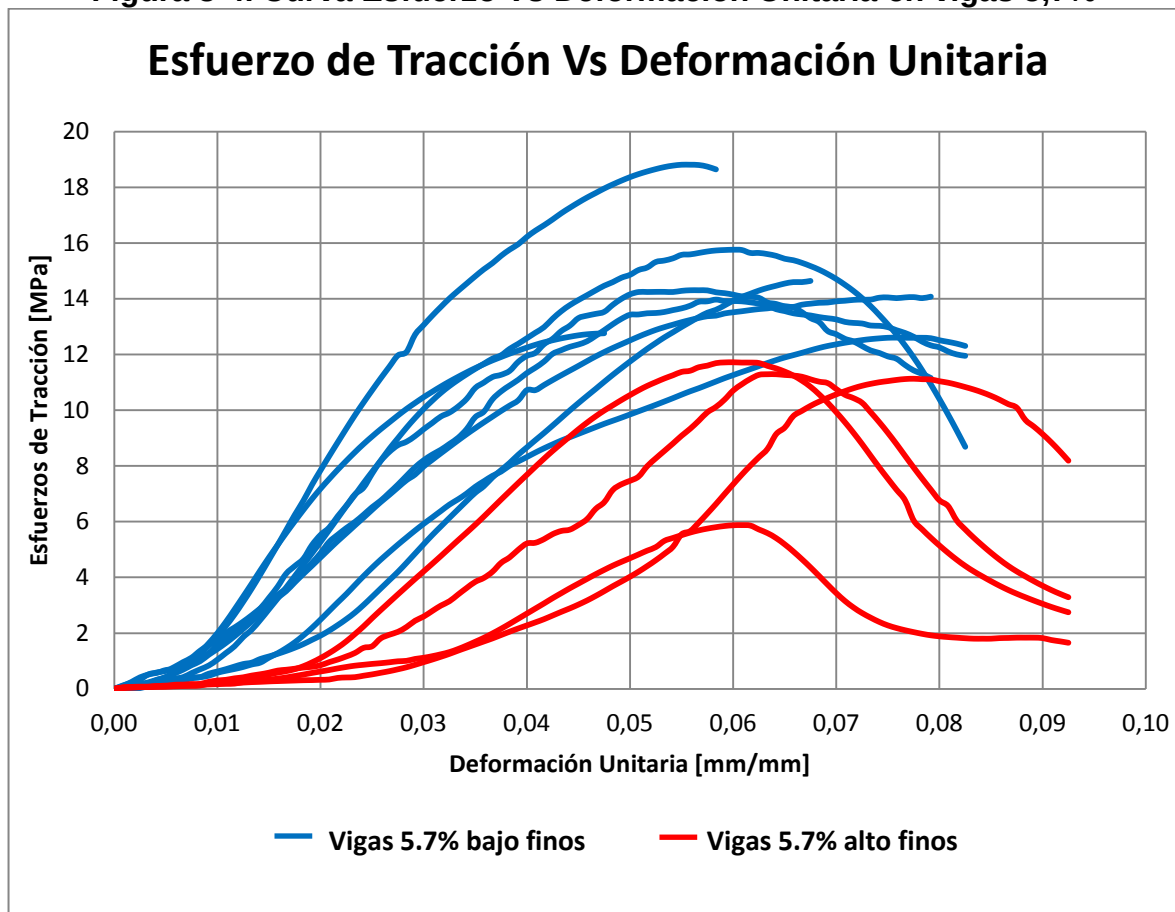
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3-4. Def. unitaria vigas de 5,7% asfalto con alto contenido de finos**

| <b>Viga</b> | <b>Esfuerzo [Mpa]</b> | <b>Deform. Unit. de Falla Vertic.[mm/mm]</b> | <b>Deform. Unit. de Falla Horiz. [mm/mm]</b> |
|-------------|-----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>1</b>    | 5,8774                | 0,0608                                       | 0,913                                        |
| <b>2</b>    | 11,1321               | 0,0775                                       | 1,163                                        |
| <b>3</b>    | 11,7235               | 0,0600                                       | 0,900                                        |
| <b>4</b>    | 11,2943               | 0,0633                                       | 0,950                                        |

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria en vigas 5,7%



Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de describir apropiadamente las características de cada tipo de viga y determinar si existe un comportamiento repetitivo en cada tipo de vigas se realizó un análisis estadístico descriptivo que se muestra en las siguientes tablas.

Para bajos contenidos de finos:

**Tabla 3-5. Estadística descrip. vigas de 4,7% asfalto con bajo contenido de finos**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Media</b>                      | 0,048    |
| <b>Error típico</b>               | 0,51%    |
| <b>Mediana</b>                    | 0,048    |
| <b>Moda</b>                       | 0,035    |
| <b>Desviación estándar</b>        | 0,014    |
| <b>Varianza de la muestra</b>     | 0,000204 |
| <b>Curtosis</b>                   | -1,892   |
| <b>Coefficiente de asimetría</b>  | 0,0027   |
| <b>Rango</b>                      | 0,037    |
| <b>Mínimo</b>                     | 0,028    |
| <b>Máximo</b>                     | 0,065    |
| <b>Nivel de confianza (95,0%)</b> | 0,012    |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3-6. Estadística descrip. vigas de 5,7% asfalto con bajo contenido de finos**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Media</b>                      | 0,062    |
| <b>Error típico</b>               | 0,38%    |
| <b>Mediana</b>                    | 0,059    |
| <b>Moda</b>                       | N/A      |
| <b>Desviación estándar</b>        | 0,011    |
| <b>Varianza de la muestra</b>     | 0,000119 |
| <b>Curtosis</b>                   | -0,831   |
| <b>Coefficiente de asimetría</b>  | 0,4727   |
| <b>Rango</b>                      | 0,032    |
| <b>Mínimo</b>                     | 0,048    |
| <b>Máximo</b>                     | 0,079    |
| <b>Nivel de confianza (95,0%)</b> | 0,009    |

Fuente: Elaboración propia

Para altos contenidos de finos:

**Tabla 3-7. Estadística descrip. vigas de 4,7% asfalto con alto contenido de finos**

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| <b>Media</b>                      | 0,054   |
| <b>Error típico</b>               | 0,18%   |
| <b>Mediana</b>                    | 0,054   |
| <b>Moda</b>                       | N/A     |
| <b>Desviación estándar</b>        | 0,004   |
| <b>Varianza de la muestra</b>     | 1,31E-5 |
| <b>Curtosis</b>                   | -0,037  |
| <b>Coeficiente de asimetría</b>   | 0,829   |
| <b>Rango</b>                      | 0,008   |
| <b>Mínimo</b>                     | 0,051   |
| <b>Máximo</b>                     | 0,059   |
| <b>Nivel de confianza (95,0%)</b> | 0,006   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3-8. Estadística descrip. vigas de 5,7% asfalto con alto contenido de finos**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Media</b>                      | 0,065    |
| <b>Error típico</b>               | 0,004%   |
| <b>Mediana</b>                    | 0,062    |
| <b>Moda</b>                       | N/A      |
| <b>Desviación estándar</b>        | 0,008    |
| <b>Varianza de la muestra</b>     | 6,69E-05 |
| <b>Curtosis</b>                   | 3,362    |
| <b>Coeficiente de asimetría</b>   | 1,828    |
| <b>Rango</b>                      | 0,018    |
| <b>Mínimo</b>                     | 0,060    |
| <b>Máximo</b>                     | 0,078    |
| <b>Nivel de confianza (95,0%)</b> | 0,013    |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE ENSAYOS A FLEXIÓN PURA.

A partir de las curvas obtenidas, para cada contenido de asfalto y de finos, en los ensayos de flexión pura a los que fueron sometidas las probetas se realizaron cuatro gráficas que se muestran en las siguientes figuras donde se promediaron los resultados para cada tipo de mezcla.

En las siguientes tablas se muestra en resumen los resultados obtenidos de las anteriores gráficas.

**Tabla 3-9. Características estructurales mezclas con bajo contenido de finos**

| Mezcla | Módulo de rigidez [Mpa] | Esfuerzo [Mpa] | Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm] | Deform. Unit. Horiz. de falla [mm/mm] |
|--------|-------------------------|----------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 4,70%  | 278,93                  | 6,507          | 0,037                                  | 0,550                                 |
| 5,70%  | 386,64                  | 14,376         | 0,058                                  | 0,875                                 |

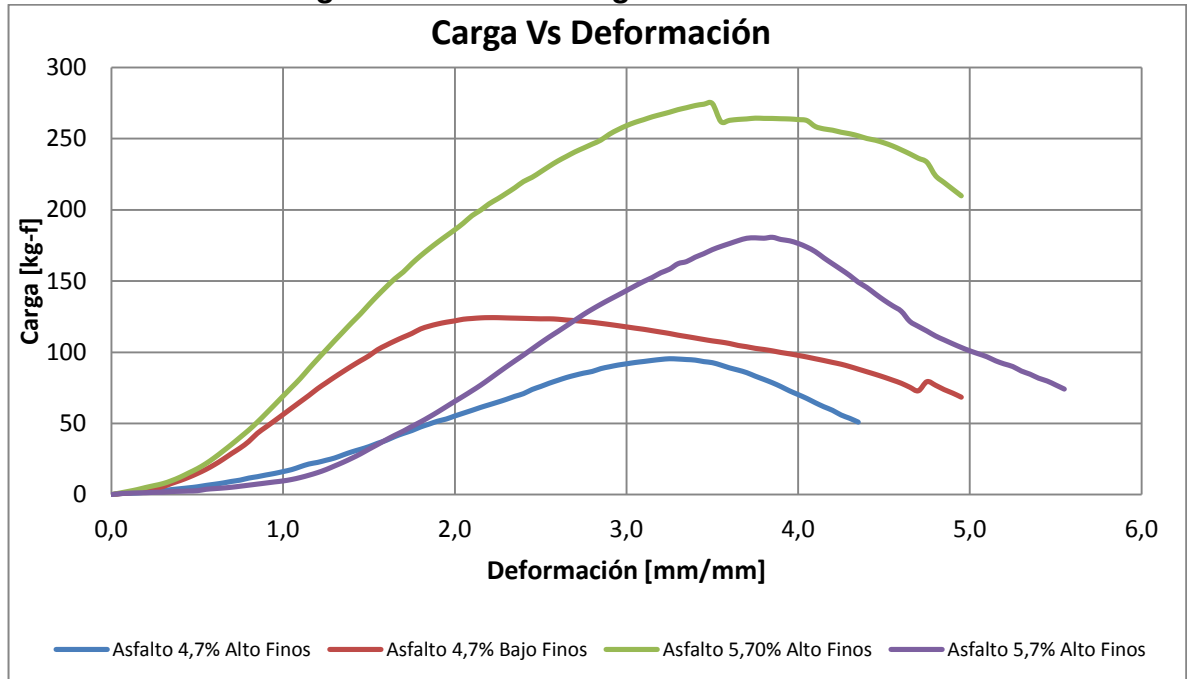
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3-10. Características estructurales mezclas con alto contenido de finos**

| Mezcla | Módulo de rigidez [Mpa] | Esfuerzo [Mpa] | Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm] | Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm] |
|--------|-------------------------|----------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 4,70%  | 116,66                  | 4,996          | 0,054                                  | 0,813                                  |
| 5,70%  | 139,84                  | 10,762         | 0,066                                  | 0,988                                  |

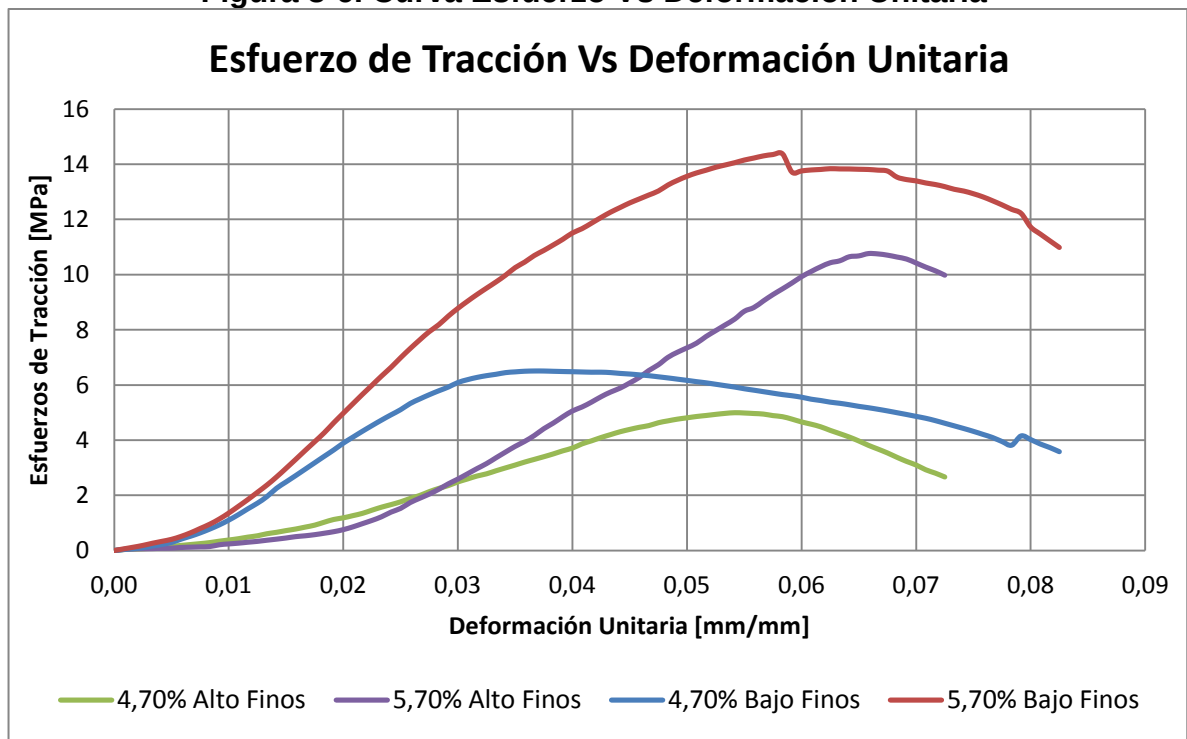
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3-5. Curva Carga Vs Deformación**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3-6. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria**



Fuente: Elaboración propia

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Principalmente el objetivo del presente estudio es realizar un análisis de las deformaciones unitarias máximas en vigas constituidas con diferentes contenidos de mezcla asfáltica y de finos.

### **4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.**

Según los resultados estadísticos que se muestran en las tablas 3-5 hasta la 3-8 y para cada tipo de vigas se realizó sólo análisis comparativo de acuerdo al contenido de finos que se muestra a continuación:

Para bajos contenidos de finos se puede observar que en promedio para vigas con contenido de asfalto de 4,7% la deformación unitaria de falla es de 0,048 y para las vigas de 5,7% de 0,062 valores que se asemejan a la mediana en cada caso, corroborando estos datos con las desviaciones estándares obtenidas de 0,014 y 0,011.

De la información del coeficiente de curtosis que con valores de -1,892 y -0,831, ambos menores a tres sugiere una distribución con una menor concentración de valores alrededor de la media, compensando la baja desviación con una mayor variabilidad de los datos en el resto de la distribución.

Para altos contenidos de finos se puede observar que en promedio para vigas con contenido de asfalto de 4,7% la deformación unitaria de falla es de 0,054 y para las vigas de 5,7% de 0,065 valores que se asemejan a la mediana en cada caso, corroborando estos datos con la baja variabilidad de los resultados.

De la información del coeficiente de curtosis que con valores de -0,037 y 3,362, el primero menor a tres sugiere una distribución con una menor concentración de valores alrededor de la media, compensando la baja desviación con una mayor variabilidad de los datos en el resto de la distribución y en el segundo caso con mayor concentración alrededor de la media.

El coeficiente de asimetría en todos los casos positivos proporciona información que indica que las deformaciones unitarias tienden a situarse por encima de la media.

De acuerdo con esto se puede decir que existe un comportamiento reiterativo en las vigas, además, como se observa en las figuras 3-3 y 3-4 en la medida en que se aumentó el contenido de asfalto disminuyendo los vacíos también se obtuvieron curvas más uniformes.

#### **4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO A FLEXIÓN SEGÚN EL CONTENIDO DE ASFALTO.**

Al realizar un análisis de los resultados obtenidos, que se observan en las tablas 4-1 y 4-2, para los diferentes tipos de mezcla (alto y bajo contenido de finos), en la medida en que se aumentó el contenido de asfalto, la mezcla presentó mayor resistencia a la carga aplicada por lo tanto mayor sensibilidad a la deformación unitaria de falla de las probetas, con un incremento en la capacidad de deformación que la desarrollada por las mezclas con menor contenido de asfalto.

**Tabla 4-1. Variación de los resultados mezclas con bajo contenido de finos**

| <b>Mezcla</b> | <b>Carga [kg-f]</b> | <b>Módulo de rigidez [Mpa]</b> | <b>Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm]</b> | <b>Deform. Unit. Horiz. de falla [mm/mm]</b> |
|---------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>4,70%</b>  | 124,33              | 278,93                         | 0,037                                         | 0,550                                        |
| <b>5,70%</b>  | 274,69              | 386,64                         | 0,058                                         | 0,875                                        |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4-2. Variación de los resultados mezclas con alto contenido de finos**

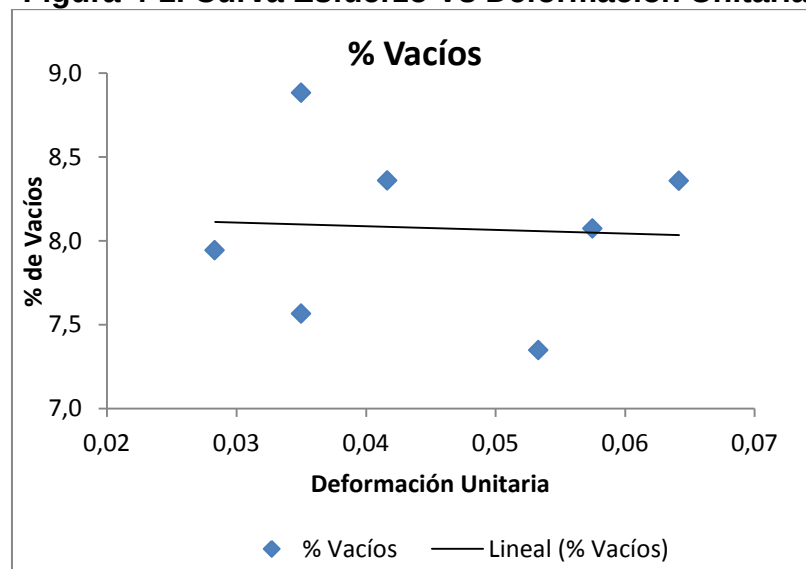
| Mezcla | Carga [kg-f] | Módulo de rigidez [Mpa] | Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm] | Deform. Unit. Vertic. de falla [mm/mm] |
|--------|--------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 4,70%  | 95,45        | 116,66                  | 0,054                                  | 0,813                                  |
| 5,70%  | 180,38       | 139,84                  | 0,066                                  | 0,988                                  |

Fuente: Elaboración propia

Esto muestra que al aumentarse del contenido de asfalto se aumentó la el valor de la deformación unitaria de ruptura, ayudando a mejorar el comportamiento estructural.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la gráfica con asfalto 4,7% y bajo contenido de finos, se planteó la gráfica porcentaje de vacíos Vs deformación unitaria debido a que se presentó gran variabilidad distribución de los resultados.

**Figura 4-1. Curva Esfuerzo Vs Deformación Unitaria**



Fuente: Elaboración propia

Con esto se observa que aunque los datos están dispersos, al realizar la regresión, a medida que se disminuye el contenido de vacíos se aumenta el valor de la deformación unitaria de rotura.

#### **4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO SEGÚN EL CONTENIDO DE FINOS.**

Al analizar los resultados obtenidos para las vigas con diferentes contenidos de finos, se observó la misma tendencia para los porcentajes de asfalto, es decir, mayor resistencia a la carga aplicada para las mezclas con 5,7% en contenido de asfalto comparadas con las de 4,7%, pero, las mezclas tuvieron menor resistencia comparadas con las de bajo contenido de vacíos.

Sin embargo, al aumentar el contenido de finos, las mezclas presentaron una falla mucho más dúctil, mientras que en las mezclas con bajo contenidos de finos se presentó una falla más frágil.

## 5. CONCLUSIONES

La presente investigación realizada en vigas de concreto asfáltico ensayadas para diferentes contenidos de asfalto y de finos permite concluir que:

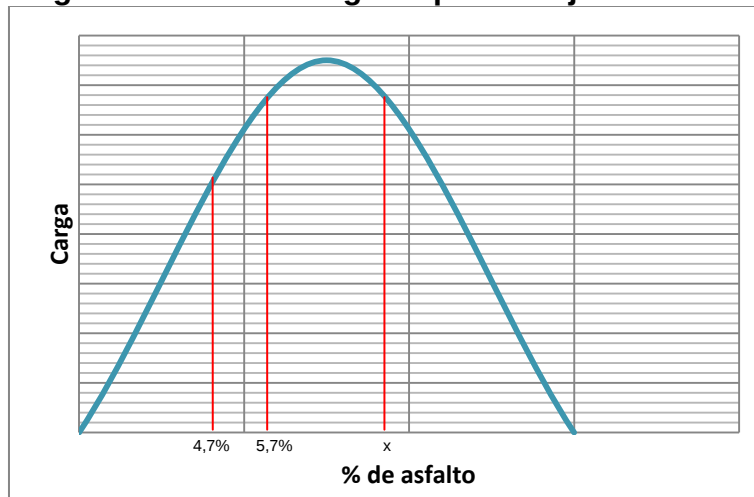
- El proceso de elaboración de las vigas presentó inconvenientes en cuanto a la reutilización del molde ya que esto le restó rapidez a la preparación. El proceso bajo carga estática no resultó adecuado por lo que la geometría de las vigas varió causando problemas al momento de aumentar la carga sobre las probetas.
- Los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto asfáltico muestran que existe buena repetibilidad especialmente en mezclas con bajos contenidos de vacíos.
- Al aumentar el contenido de asfalto, se aumenta el valor de la deformación unitaria de ruptura. Mezclas con bajo contenido de finos soportaron mayor carga mostrando una falla mucho más frágil mientras que las mezclas con alto contenido de finos presentaron una falla más dúctil.
- Las mezclas asfálticas, con elevados contenidos de finos disminuyen su capacidad de carga, sin embargo la deformación unitaria de ruptura aumenta debido a que estos le proporcionan mayor ductilidad a la mezcla.
- La tendencia de variación de deformación unitaria a la ruptura muestra comportamientos similares a la resistencia a la fatiga; con un menor contenido de vacíos, mayor capacidad de carga, por lo que se esperaría que se puedan establecer correlaciones entre la deformabilidad a la tracción con los resultados de ensayos en fatiga.

## 6. RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores sobre el comportamiento en fatiga de las mezclas asfálticas se recomienda:

- Modificar el proceso de elaboración de las probetas fabricando una placa de mezcla asfáltica para elaborar las probetas mediante el uso de herramientas de corte.
- Utilizar mezclas con mayores contenidos de asfalto que permitan evaluar la variación de la capacidad de carga y la deformación unitaria de ruptura, en un intervalo donde los vacíos que dejan los agregados se saturen con asfalto (figura 6-1).

**Figura 6-1. Curva carga vs porcentaje de asfalto**



Fuente: Elaboración propia

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos*. 2da. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002.
- [2] LEON, Hugo. *Conferencia teoría de los pavimentos Parte 1*. Universidad del Cauca.
- [3] NAVARRO, Eduardo, y Fernando VALANCIA. *Pavimentos, Automatización de ensayos dinámicos de pavimentos en el equipo N.A.T.* Bogotá: Universidad Javeriana, 2005.
- [4] CORONADO, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala. 2002.
- [5] PÉREZ, Félix. *Ensayo desarrollo de un nuevo procedimiento para la evaluación del comportamiento a fatiga de las mezclas bituminosas a partir de su caracterización en un ensayo a tracción*. Madrid: Universidad Politécnica de Cataluña. 2005
- [6] PÉREZ, Félix, Nuevos ensayos para la caracterización de ligantes y mezclas asfálticas, [http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/2853/1/miro\\_carreteras\\_6.pdf](http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/2853/1/miro_carreteras_6.pdf) [Citado el 7 de febrero 2013]
- [7] PADILLA, Alejandro. *Materiales básicos, agregados pétreos y ligantes asfálticos*. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf> [Citado el 15 de enero de 2013]

## **ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES**

## ANEXO A.1: Caracterización del Ligante Asfáltico



### CARACTERIZACIÓN DE ASFALTO

PROCEDENCIA: ASFALTART S.A.

FECHA MUESTRA: \_\_\_\_\_

PENETRACIÓN: 55-70 ASFALTO TIPO II

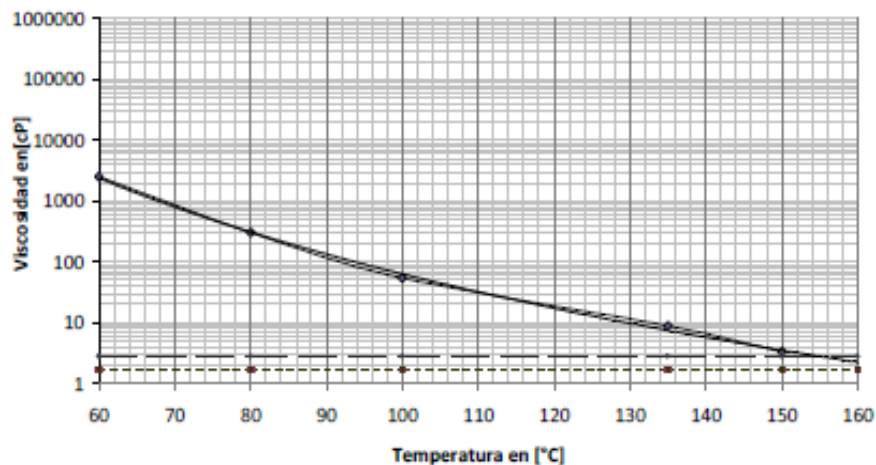
FECHA ENSAYO: \_\_\_\_\_

#### 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/m3)                        | 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 | VISCOCIDAD C. | VISCOCIDAD M. |
|------|------------|---------------|---------------|
| 60   | 2545       | 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 Chicamocha

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

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

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

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

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

### ANEXO A.3: Determinación de la densidad Bulk para el material grueso procedente del Río Chicamocha

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

#### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO INV E-223

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

| PRUEBA N°     |                                                     | 1      | 2      | 3      | PROMEDIO |
|---------------|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| A             | Peso en el Aire de la Muestra Seca (Grs)            | 1023,0 | 2007,0 | 1817,8 |          |
| B             | Peso en Aire Muestra Saturada Superficie Seca (Grs) | 1032,1 | 2022,7 | 1834,6 |          |
| C             | Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca (Grs) | 640,7  | 1255,8 | 1138,9 |          |
| B-C           | Volúmen Muestra Saturada (Cm3)                      | 391,4  | 766,9  | 695,7  |          |
| A-C           | Volúmen de Sólidos (Cm3)                            | 382,3  | 751,2  | 678,9  |          |
| B-A           | Peso Agua Absorbida (Grs)                           | 9,1    | 15,7   | 16,8   |          |
| A/(B-C)       | PESO ESPECIFICO BULK (Grs/Cm3)                      | 2,614  | 2,617  | 2,613  | 2,615    |
| B/(B-C)       | PESO ESPECIFICO BULK S.S.S. (Grs/Cm3)               | 2,637  | 2,638  | 2,637  | 2,637    |
| A/(A-C)       | PESO ESPECIFICO APARENTE (Grs/Cm3)                  | 2,676  | 2,672  | 2,678  | 2,675    |
| (B-A)/A X 100 | ABSORCIÓN (%)                                       | 0,9    | 0,8    | 0,9    | 0,9      |

OBSERVACIONES: Materiales tomados de la granulometría dosificada en frío - Planta 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 con bajo contenido de finos (contenido de asfalto 4,7%)



|                         |                                                                                                     |              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| PROYECTO:               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |              |
| LABORATORIO             | Gravedad Específica Bulk I.N.V E - 733                                                              |              |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Chicamocha                                                                                          | FECHA: _____ |
| DESCRIPCIÓN:            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                 |              |

|                     | PROBETA N°                                    | 01      | 02      | 03      | 04      | 05      | 06      | 07      | 08      |
|---------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A                   | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)     | 1887,50 | 1711,70 | 1877,40 | 1903,30 | 1900,00 | 1887,60 | 1885,70 | 1902,70 |
| B                   | Peso en el Aire Muestra Saturada Superficie   | 1901,20 | 1728,30 | 1888,80 | 1911,40 | 1908,60 | 1896,80 | 1894,60 | 1913,40 |
| C                   | Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca | 1049,60 | 968,80  | 1046,60 | 1064,90 | 1060,10 | 1050,00 | 1047,40 | 1062,50 |
| B - C               | Volumen Muestra Saturada (Cm3)                | 851,60  | 759,50  | 842,20  | 846,50  | 848,50  | 846,80  | 847,20  | 850,90  |
| A - C               | Volumen de Sólido (Cm3)                       | 837,90  | 742,90  | 830,80  | 838,40  | 839,90  | 837,60  | 838,30  | 840,20  |
| B - A               | Peso Agua Absorbida (Grs)                     | 1901,20 | 1728,30 | 1888,80 | 1911,40 | 1908,60 | 1896,80 | 1894,60 | 1913,40 |
| A / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3)                | 2,216   | 2,254   | 2,229   | 2,248   | 2,239   | 2,229   | 2,226   | 2,236   |
| B / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK S.S.S (Grs/Cm3)          | 2,233   | 2,276   | 2,243   | 2,258   | 2,249   | 2,240   | 2,236   | 2,249   |
| A / (A - C)         | PESO ESPECÍFICO APARENTE (Grs/Cm3)            | 2,253   | 2,304   | 2,260   | 2,270   | 2,262   | 2,254   | 2,249   | 2,265   |
| [(B - A) / A] x 100 | ABSORCIÓN (%)                                 | 0,726   | 0,970   | 0,607   | 0,426   | 0,453   | 0,487   | 0,472   | 0,562   |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3) | 2,235 |
|--------------------------------|-------|

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

## ANEXO B.2. Gravedad específica Bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas con alto contenido de finos (contenido de asfalto 4,7%)



|                         |                                                                                                     |                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| PROYECTO:               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |                   |
| LABORATORIO             | Gravedad Específica Bulk I.N.V E - 733                                                              |                   |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Chicamocha                                                                                          | FECHA: 28/02/2013 |
| DESCRIPCIÓN:            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                 |                   |

|                     | PROBETA N°                                       | 01      | 02      | 03      | 04      |
|---------------------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| A                   | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)        | 1925,60 | 1881,30 | 1864,90 | 1875,80 |
| B                   | Peso en el Aire Muestra Saturada Superficie Seca | 1926,10 | 1887,90 | 1872,40 | 1880,10 |
| C                   | Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca    | 1071,50 | 1038,50 | 1045,70 | 1054,00 |
| B - C               | Volumen Muestra Saturada (Cm3)                   | 854,60  | 849,40  | 826,70  | 826,10  |
| A - C               | Volumen de Sólido (Cm3)                          | 854,10  | 842,80  | 819,20  | 821,80  |
| B - A               | Peso Agua Absorbida (Grs)                        | 1926,10 | 1887,90 | 1872,40 | 1880,10 |
| A / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3)                   | 2,253   | 2,215   | 2,256   | 2,271   |
| B / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK S.S.S (Grs/Cm3)             | 2,254   | 2,223   | 2,265   | 2,276   |
| A / (A - C)         | PESO ESPECÍFICO APARENTE (Grs/Cm3)               | 2,255   | 2,232   | 2,276   | 2,283   |
| [(B - A) / A] x 100 | ABSORCIÓN (%)                                    | 0,026   | 0,351   | 0,402   | 0,229   |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3) | 2,249 |
|--------------------------------|-------|

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

### ANEXO B.3. Gravedad Específica Bulk y Densidad de Mezclas Asfálticas Compactadas con bajo contenido de finos (contenido de asfalto 5,7%)



|                         |                                                                                                     |              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| PROYECTO:               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |              |
| LABORATORIO             | Gravedad Específica Bulk I.N.V E - 733                                                              |              |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Chicamocha                                                                                          | FECHA: _____ |
| DESCRIPCIÓN:            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                 |              |

|                     | PROBETA N°                                    | 01      | 02      | 03      | 04      | 05      | 06      | 07      | 08      |
|---------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A                   | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)     | 1839,50 | 1883,70 | 1883,70 | 1862,50 | 1886,60 | 1906,20 | 1891,00 | 1882,20 |
| B                   | Peso en el Aire Muestra Saturada Superficie   | 1850,90 | 1903,30 | 1906,10 | 1880,60 | 1900,60 | 1916,00 | 1907,90 | 1890,90 |
| C                   | Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca | 1045,70 | 1063,60 | 1066,40 | 1055,60 | 1068,10 | 1072,30 | 1071,80 | 1063,80 |
| B - C               | Volumen Muestra Saturada (Cm3)                | 805,20  | 839,70  | 839,70  | 825,00  | 832,50  | 843,70  | 836,10  | 827,10  |
| A - C               | Volumen de Sólido (Cm3)                       | 793,80  | 820,10  | 817,30  | 806,90  | 818,50  | 833,90  | 819,20  | 818,40  |
| B - A               | Peso Agua Absorbida (Grs)                     | 1850,90 | 1903,30 | 1906,10 | 1880,60 | 1900,60 | 1916,00 | 1907,90 | 1890,90 |
| A / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3)                | 2,285   | 2,243   | 2,243   | 2,258   | 2,266   | 2,259   | 2,262   | 2,276   |
| B / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK S.S.S (Grs/Cm3)          | 2,299   | 2,267   | 2,270   | 2,280   | 2,283   | 2,271   | 2,282   | 2,286   |
| A / (A - C)         | PESO ESPECÍFICO APARENTE (Grs/Cm3)            | 2,317   | 2,297   | 2,305   | 2,308   | 2,305   | 2,286   | 2,308   | 2,300   |
| [(B - A) / A] x 100 | ABSORCIÓN (%)                                 | 0,620   | 1,041   | 1,189   | 0,972   | 0,742   | 0,514   | 0,894   | 0,462   |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3) | 2,261 |
|--------------------------------|-------|

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

## ANEXO B.4. Gravedad Específica Bulk y Densidad de Mezclas Asfálticas Compactadas con alto contenido de finos (contenido de asfalto 5,7%)



|                         |                                                                                                     |                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| PROYECTO:               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |                   |
| LABORATORIO             | Gravedad Específica Bulk I.N.V E - 733                                                              |                   |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Chicamocha                                                                                          | FECHA: 28/02/2013 |
| DESCRIPCIÓN:            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                 |                   |

|                     | PROBETA N°                                       | 01      | 02      | 03      | 04      |
|---------------------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| A                   | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)        | 1836,70 | 1861,60 | 1864,30 | 1856,50 |
| B                   | Peso en el Aire Muestra Saturada Superficie Seca | 1842,60 | 1862,70 | 1870,00 | 1860,10 |
| C                   | Peso en Agua Muestra Saturada Superficie Seca    | 1018,10 | 1045,10 | 1046,80 | 1029,00 |
| B - C               | Volumen Muestra Saturada (Cm3)                   | 824,50  | 817,60  | 823,20  | 831,10  |
| A - C               | Volumen de Sólido (Cm3)                          | 818,60  | 816,50  | 817,50  | 827,50  |
| B - A               | Peso Agua Absorbida (Grs)                        | 1842,60 | 1862,70 | 1870,00 | 1860,10 |
| A / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3)                   | 2,228   | 2,277   | 2,265   | 2,234   |
| B / (B - C)         | PESO ESPECÍFICO BULK S.S.S (Grs/Cm3)             | 2,235   | 2,278   | 2,272   | 2,238   |
| A / (A - C)         | PESO ESPECÍFICO APARENTE (Grs/Cm3)               | 2,244   | 2,280   | 2,280   | 2,244   |
| [(B - A) / A] x 100 | ABSORCIÓN (%)                                    | 0,321   | 0,059   | 0,306   | 0,194   |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| PESO ESPECÍFICO BULK (Grs/Cm3) | 2,251 |
|--------------------------------|-------|

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

\_\_\_\_\_  
Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

## ANEXO B.5. Gravedad Específica Máxima Teórica y Densidad de Mezclas Asfálticas con bajo contenido de finos (contenido de Asfalto 4,7%)



|                         |                                                                                                            |              |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| PROYECTO:               | <b><u>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</u></b> |              |
| LABORATORIO             | Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735                                              |              |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Chicamocha                                                                                                 | FECHA: _____ |
| DESCRIPCIÓN:            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                        |              |

|               | PROBETA N°                                             | 01      |
|---------------|--------------------------------------------------------|---------|
| A             | Peso recipiente Vacío (Grs)                            | 3648,00 |
| B             | Peso recipiente + Agua (Grs)                           | 8140,00 |
| C             | Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs) | 4897,80 |
| D             | Peso recipiente + Agua + Agregado (Grs)                | 8876,00 |
| E = C - A     | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)              | 1249,80 |
| F = B - A     | Peso Agua (Grs)                                        | 4492,00 |
| G = D - B - E | Peso Agua Llenante (Grs)                               | 3978,20 |
| H = F - G     | Peso de Agua Desplazada (Grs)                          | 513,80  |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (Grs/Cm3) | 2,432 |
|-----------------------------------|-------|

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

**ANEXO B.6. Gravedad Específica Máxima Teórica y Densidad de Mezclas Asfálticas con alto contenido de finos (contenido de Asfalto 4,7%)**



|                                |                                                                                                            |               |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b><u>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</u></b> |               |
| <b>LABORATORIO</b>             | Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735                                              |               |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Chicamocha                                                                                                 | <b>FECHA:</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                        |               |

|               | PROBETA N°                                             | 01      |
|---------------|--------------------------------------------------------|---------|
| A             | Peso recipiente Vacío (Grs)                            | 3648,00 |
| B             | Peso recipiente + Agua (Grs)                           | 8140,00 |
| C             | Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs) | 4910,10 |
| D             | Peso recipiente + Agua + Agregado (Grs)                | 8869,50 |
| E = C - A     | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)              | 1262,10 |
| F = B - A     | Peso Agua (Grs)                                        | 4492,00 |
| G = D - B - E | Peso Agua Llenante (Grs)                               | 3959,40 |
| H = F - G     | Peso de Agua Desplazada (Grs)                          | 532,60  |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (Grs/Cm3) | 2,370 |
|-----------------------------------|-------|

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Marlon Andrés Cotes Rincones**  
 Estudiante

\_\_\_\_\_  
**Stephany Grey Mendoza Orcasitas**  
 Estudiante

## ANEXO B.7. Gravedad Específica Máxima Teórica y Densidad de Mezclas Asfálticas con bajos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 5,7%)



|                                |                                                                                                            |               |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b><u>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</u></b> |               |
| <b>LABORATORIO</b>             | Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735                                              |               |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Chicamocha                                                                                                 | <b>FECHA:</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                        |               |

|               | PROBETA N°                                             | 01      |
|---------------|--------------------------------------------------------|---------|
| A             | Peso recipiente Vacío (Grs)                            | 3648,00 |
| B             | Peso recipiente + Agua (Grs)                           | 8140,00 |
| C             | Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs) | 4885,00 |
| D             | Peso recipiente + Agua + Agregado (Grs)                | 8873,00 |
| E = C - A     | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)              | 1237,00 |
| F = B - A     | Peso Agua (Grs)                                        | 4492,00 |
| G = D - B - E | Peso Agua Llenante (Grs)                               | 3988,00 |
| H = F - G     | Peso de Agua Desplazada (Grs)                          | 504,00  |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (Grs/Cm3) | 2,454 |
|-----------------------------------|-------|

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

\_\_\_\_\_  
Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

## ANEXO B.8. Gravedad Específica Máxima Teórica y Densidad de Mezclas Asfálticas con altos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 5,7%)



|                                |                                                                                                            |                     |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b><u>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</u></b> |                     |
| <b>LABORATORIO</b>             | Gravedad específica y densidad máximas teóricas I.N.V E - 735                                              |                     |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Chicamocha                                                                                                 | <b>FECHA:</b> _____ |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Vigas con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                        |                     |

|               | PROBETA N°                                             | 01      |
|---------------|--------------------------------------------------------|---------|
| A             | Peso recipiente Vacío (Grs)                            | 3648,00 |
| B             | Peso recipiente + Agua (Grs)                           | 8140,00 |
| C             | Peso en el Aire de la Muestras seca + recipiente (Grs) | 4896,00 |
| D             | Peso recipiente + Agua + Agregado (Grs)                | 8856,00 |
| E = C - A     | Peso en el Aire de la Muestras seca (Grs)              | 1248,00 |
| F = B - A     | Peso Agua (Grs)                                        | 4492,00 |
| G = D - B - E | Peso Agua Llenante (Grs)                               | 3960,00 |
| H = F - G     | Peso de Agua Desplazada (Grs)                          | 532,00  |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (Grs/Cm3) | 2,346 |
|-----------------------------------|-------|

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Marlon Andrés Cotes Rincones  
Estudiante

\_\_\_\_\_  
Stephany Grey Mendoza Orcasitas  
Estudiante

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

## Anexo C.1. Ensayo de flexión pura en vigas de mezclas Asfálticas con bajos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 4,7%)



|                         |                                                                                                     |        |           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| PROYECTO:               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |        |           |
| LABORATORIO             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |        |           |
| PROCEDENCIA DE MUESTRA: | Elaboración Propia                                                                                  | FECHA: | 17-dic-12 |
| DESCRIPCIÓN:            | Viga A con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |        |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 171,6

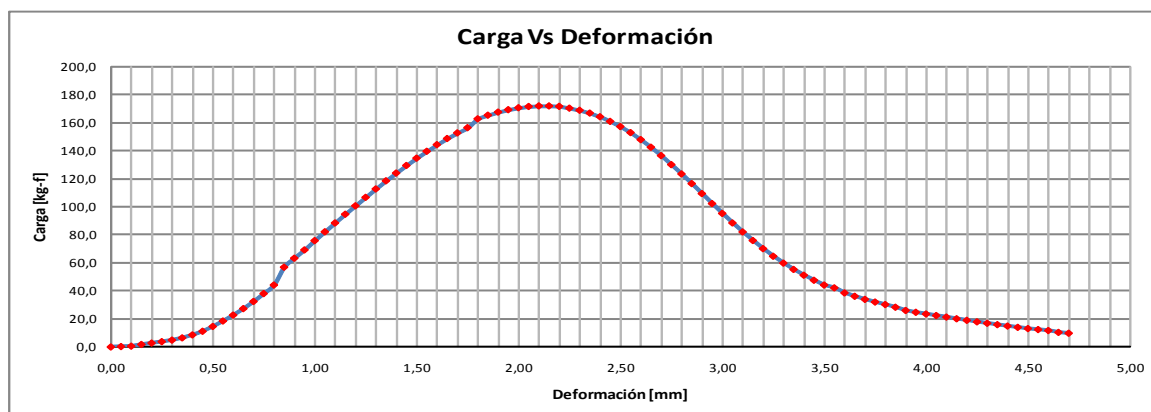
### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,3          |
| 0,10             | 0,6          |
| 0,15             | 1,8          |
| 0,20             | 2,8          |
| 0,25             | 3,8          |
| 0,30             | 4,9          |
| 0,35             | 6,5          |
| 0,40             | 8,6          |
| 0,45             | 11,2         |
| 0,50             | 14,6         |
| 0,55             | 18,5         |
| 0,60             | 22,7         |
| 0,65             | 27,3         |
| 0,70             | 32,4         |
| 0,75             | 38,0         |
| 0,80             | 44,1         |
| 0,85             | 56,8         |
| 0,90             | 63,2         |
| 0,95             | 69,1         |
| 1,00             | 75,7         |
| 1,05             | 82,0         |
| 1,10             | 88,3         |
| 1,15             | 94,5         |
| 1,20             | 100,5        |
| 1,25             | 106,5        |
| 1,30             | 112,5        |
| 1,35             | 118,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 123,8        |
| 1,45             | 129,2        |
| 1,50             | 134,4        |
| 1,55             | 139,3        |
| 1,60             | 144,0        |
| 1,65             | 148,4        |
| 1,70             | 152,4        |
| 1,75             | 156,1        |
| 1,80             | 162,4        |
| 1,85             | 165,0        |
| 1,90             | 167,2        |
| 1,95             | 168,9        |
| 2,00             | 170,3        |
| 2,05             | 171,2        |
| 2,10             | 171,6        |
| 2,15             | 171,6        |
| 2,20             | 171,3        |
| 2,25             | 170,0        |
| 2,30             | 168,5        |
| 2,35             | 166,5        |
| 2,40             | 163,9        |
| 2,45             | 160,6        |
| 2,50             | 156,9        |
| 2,55             | 152,6        |
| 2,60             | 147,6        |
| 2,65             | 142,2        |
| 2,70             | 136,2        |
| 2,75             | 129,8        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 123,2        |
| 2,85             | 116,3        |
| 2,90             | 109,2        |
| 2,95             | 102,1        |
| 3,00             | 95,1         |
| 3,05             | 88,3         |
| 3,10             | 81,9         |
| 3,15             | 75,8         |
| 3,20             | 70,0         |
| 3,25             | 64,6         |
| 3,30             | 59,7         |
| 3,35             | 55,2         |
| 3,40             | 51,1         |
| 3,45             | 47,5         |
| 3,50             | 44,1         |
| 3,55             | 42,1         |
| 3,60             | 38,5         |
| 3,65             | 36,1         |
| 3,70             | 33,9         |
| 3,75             | 32,0         |
| 3,80             | 30,2         |
| 3,85             | 28,3         |
| 3,90             | 26,0         |
| 3,95             | 24,7         |
| 4,00             | 23,5         |
| 4,05             | 22,4         |
| 4,10             | 21,3         |
| 4,15             | 20,1         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 19,0         |
| 4,25             | 17,9         |
| 4,30             | 16,9         |
| 4,35             | 15,9         |
| 4,40             | 14,9         |
| 4,45             | 14,0         |
| 4,50             | 13,1         |
| 4,55             | 12,4         |
| 4,60             | 11,7         |
| 4,65             | 10,4         |
| 4,70             | 9,8          |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga B con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**157,9**

Precisión [mm]: 0,05

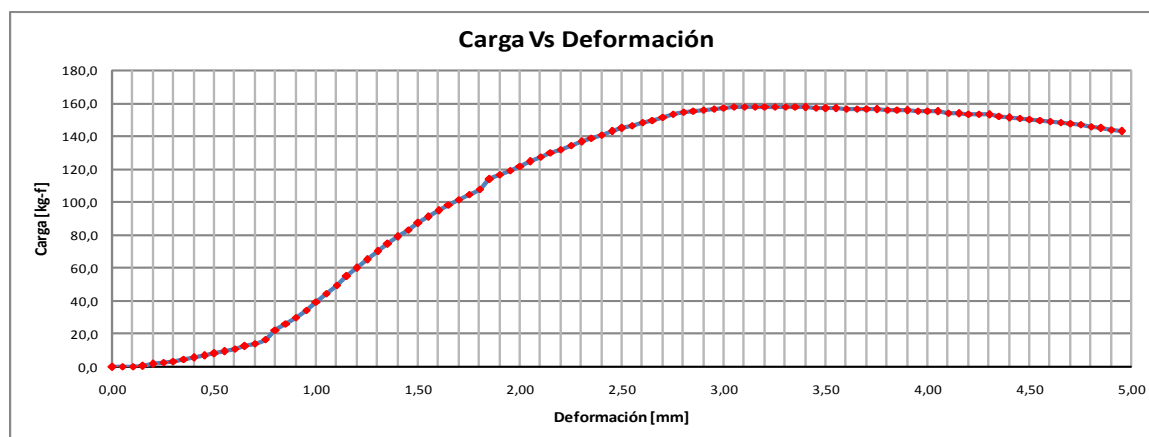
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,2          |
| 0,10             | 0,3          |
| 0,15             | 0,5          |
| 0,20             | 1,9          |
| 0,25             | 2,7          |
| 0,30             | 3,6          |
| 0,35             | 4,6          |
| 0,40             | 5,7          |
| 0,45             | 6,8          |
| 0,50             | 8,1          |
| 0,55             | 9,5          |
| 0,60             | 11,0         |
| 0,65             | 12,6         |
| 0,70             | 14,3         |
| 0,75             | 16,5         |
| 0,80             | 22,4         |
| 0,85             | 26,0         |
| 0,90             | 30,1         |
| 0,95             | 34,6         |
| 1,00             | 39,4         |
| 1,05             | 44,5         |
| 1,10             | 49,7         |
| 1,15             | 55,0         |
| 1,20             | 60,1         |
| 1,25             | 65,2         |
| 1,30             | 70,1         |
| 1,35             | 74,7         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 79,1         |
| 1,45             | 83,2         |
| 1,50             | 87,2         |
| 1,55             | 91,1         |
| 1,60             | 94,8         |
| 1,65             | 98,3         |
| 1,70             | 101,6        |
| 1,75             | 104,8        |
| 1,80             | 107,9        |
| 1,85             | 113,8        |
| 1,90             | 116,6        |
| 1,95             | 119,3        |
| 2,00             | 121,9        |
| 2,05             | 124,6        |
| 2,10             | 127,3        |
| 2,15             | 129,8        |
| 2,20             | 132,1        |
| 2,25             | 134,3        |
| 2,30             | 136,6        |
| 2,35             | 138,8        |
| 2,40             | 140,9        |
| 2,45             | 142,9        |
| 2,50             | 144,8        |
| 2,55             | 146,6        |
| 2,60             | 148,2        |
| 2,65             | 149,7        |
| 2,70             | 151,4        |
| 2,75             | 153,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 154,6        |
| 2,85             | 155,3        |
| 2,90             | 156,0        |
| 2,95             | 156,6        |
| 3,00             | 157,2        |
| 3,05             | 157,7        |
| 3,10             | 157,7        |
| 3,15             | 157,8        |
| 3,20             | 157,9        |
| 3,25             | 157,9        |
| 3,30             | 157,9        |
| 3,35             | 157,9        |
| 3,40             | 157,5        |
| 3,45             | 157,2        |
| 3,50             | 157,0        |
| 3,55             | 156,8        |
| 3,60             | 156,7        |
| 3,65             | 156,6        |
| 3,70             | 156,4        |
| 3,75             | 156,3        |
| 3,80             | 156,1        |
| 3,85             | 155,9        |
| 3,90             | 155,7        |
| 3,95             | 155,5        |
| 4,00             | 155,3        |
| 4,05             | 155,0        |
| 4,10             | 154,0        |
| 4,15             | 153,7        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 153,3        |
| 4,25             | 153,5        |
| 4,30             | 153,2        |
| 4,35             | 152,1        |
| 4,40             | 151,2        |
| 4,45             | 150,8        |
| 4,50             | 150,3        |
| 4,55             | 149,6        |
| 4,60             | 148,9        |
| 4,65             | 148,2        |
| 4,70             | 147,6        |
| 4,75             | 146,9        |
| 4,80             | 146,0        |
| 4,85             | 144,9        |
| 4,90             | 143,8        |
| 4,95             | 142,9        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga C con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**114,2**

Precisión [mm]: 0,05

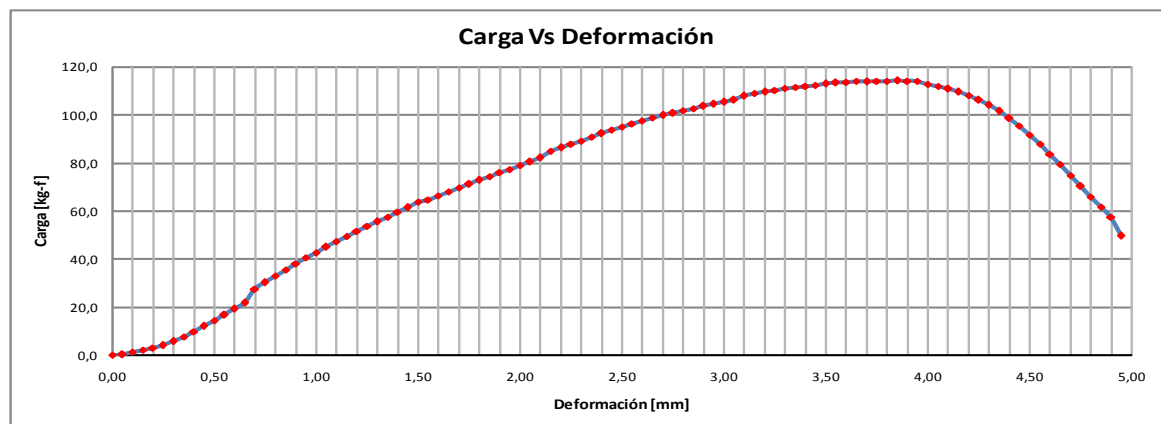
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,2          |
| 0,10             | 1,2          |
| 0,15             | 2,1          |
| 0,20             | 3,0          |
| 0,25             | 4,1          |
| 0,30             | 5,7          |
| 0,35             | 7,6          |
| 0,40             | 9,7          |
| 0,45             | 12,0         |
| 0,50             | 14,4         |
| 0,55             | 16,7         |
| 0,60             | 19,2         |
| 0,65             | 21,8         |
| 0,70             | 27,5         |
| 0,75             | 30,2         |
| 0,80             | 32,9         |
| 0,85             | 35,6         |
| 0,90             | 38,1         |
| 0,95             | 40,5         |
| 1,00             | 42,7         |
| 1,05             | 45,0         |
| 1,10             | 47,3         |
| 1,15             | 49,5         |
| 1,20             | 51,6         |
| 1,25             | 53,6         |
| 1,30             | 55,6         |
| 1,35             | 57,5         |
| 1,40             | 59,5         |
| 1,45             | 61,4         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 63,7         |
| 1,55             | 64,7         |
| 1,60             | 66,4         |
| 1,65             | 68,0         |
| 1,70             | 69,7         |
| 1,75             | 71,2         |
| 1,80             | 72,8         |
| 1,85             | 74,3         |
| 1,90             | 75,9         |
| 1,95             | 77,4         |
| 2,00             | 79,0         |
| 2,05             | 80,5         |
| 2,10             | 82,1         |
| 2,15             | 84,9         |
| 2,20             | 86,3         |
| 2,25             | 87,8         |
| 2,30             | 89,2         |
| 2,35             | 90,8         |
| 2,40             | 92,2         |
| 2,45             | 93,6         |
| 2,50             | 94,9         |
| 2,55             | 96,2         |
| 2,60             | 97,5         |
| 2,65             | 98,7         |
| 2,70             | 99,8         |
| 2,75             | 100,7        |
| 2,80             | 101,7        |
| 2,85             | 102,6        |
| 2,90             | 103,6        |
| 2,95             | 104,5        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 105,3        |
| 3,05             | 106,2        |
| 3,10             | 107,9        |
| 3,15             | 108,8        |
| 3,20             | 109,5        |
| 3,25             | 110,2        |
| 3,30             | 110,9        |
| 3,35             | 111,5        |
| 3,40             | 112,0        |
| 3,45             | 112,4        |
| 3,50             | 112,9        |
| 3,55             | 113,3        |
| 3,60             | 113,7        |
| 3,65             | 114,0        |
| 3,70             | 113,8        |
| 3,75             | 113,9        |
| 3,80             | 114,1        |
| 3,85             | 114,2        |
| 3,90             | 114,1        |
| 3,95             | 113,9        |
| 4,00             | 112,7        |
| 4,05             | 111,9        |
| 4,10             | 110,8        |
| 4,15             | 109,5        |
| 4,20             | 108,0        |
| 4,25             | 106,2        |
| 4,30             | 104,1        |
| 4,35             | 101,6        |
| 4,40             | 98,6         |
| 4,45             | 95,3         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 91,6         |
| 4,55             | 87,7         |
| 4,60             | 83,6         |
| 4,65             | 79,3         |
| 4,70             | 74,8         |
| 4,75             | 70,3         |
| 4,80             | 65,9         |
| 4,85             | 61,6         |
| 4,90             | 57,3         |
| 4,95             | 49,6         |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga D con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:** 109,8

Precisión [mm]: 0,05

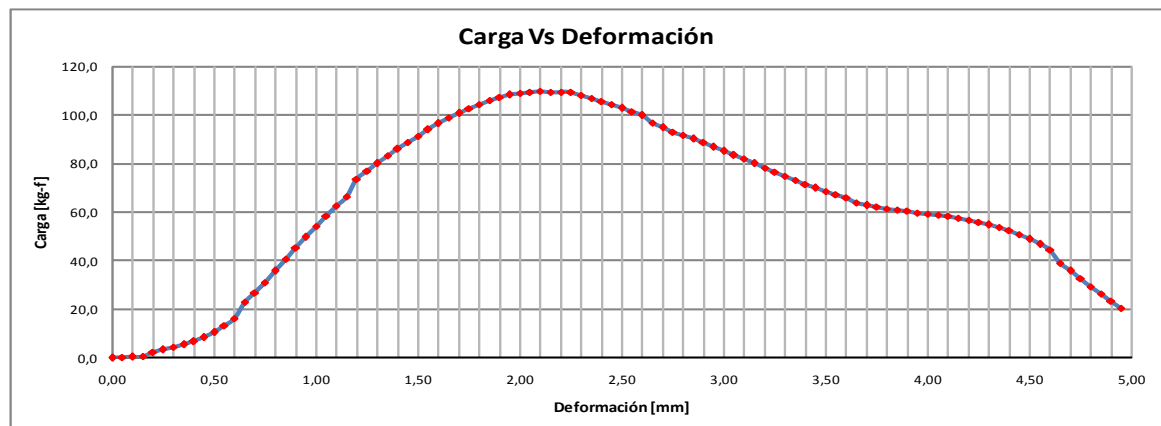
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,3          |
| 0,10             | 0,4          |
| 0,15             | 0,6          |
| 0,20             | 2,4          |
| 0,25             | 3,4          |
| 0,30             | 4,4          |
| 0,35             | 5,4          |
| 0,40             | 6,7          |
| 0,45             | 8,4          |
| 0,50             | 10,5         |
| 0,55             | 13,2         |
| 0,60             | 16,2         |
| 0,65             | 23,0         |
| 0,70             | 26,8         |
| 0,75             | 31,1         |
| 0,80             | 35,8         |
| 0,85             | 40,6         |
| 0,90             | 45,3         |
| 0,95             | 49,8         |
| 1,00             | 54,2         |
| 1,05             | 58,5         |
| 1,10             | 62,6         |
| 1,15             | 66,5         |
| 1,20             | 73,6         |
| 1,25             | 76,9         |
| 1,30             | 80,2         |
| 1,35             | 83,2         |
| 1,40             | 86,1         |
| 1,45             | 88,8         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 91,4         |
| 1,55             | 94,1         |
| 1,60             | 96,6         |
| 1,65             | 98,9         |
| 1,70             | 100,8        |
| 1,75             | 102,7        |
| 1,80             | 104,5        |
| 1,85             | 106,1        |
| 1,90             | 107,4        |
| 1,95             | 108,4        |
| 2,00             | 109,1        |
| 2,05             | 109,6        |
| 2,10             | 109,8        |
| 2,15             | 109,6        |
| 2,20             | 109,6        |
| 2,25             | 109,4        |
| 2,30             | 108,1        |
| 2,35             | 107,0        |
| 2,40             | 105,8        |
| 2,45             | 104,5        |
| 2,50             | 103,0        |
| 2,55             | 101,5        |
| 2,60             | 100,0        |
| 2,65             | 96,7         |
| 2,70             | 95,0         |
| 2,75             | 93,1         |
| 2,80             | 91,8         |
| 2,85             | 90,3         |
| 2,90             | 88,7         |
| 2,95             | 86,9         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 85,2         |
| 3,05             | 83,6         |
| 3,10             | 82,0         |
| 3,15             | 80,2         |
| 3,20             | 78,4         |
| 3,25             | 76,7         |
| 3,30             | 74,9         |
| 3,35             | 73,3         |
| 3,40             | 71,6         |
| 3,45             | 70,1         |
| 3,50             | 68,6         |
| 3,55             | 67,3         |
| 3,60             | 66,1         |
| 3,65             | 63,9         |
| 3,70             | 62,9         |
| 3,75             | 62,1         |
| 3,80             | 61,5         |
| 3,85             | 60,9         |
| 3,90             | 60,4         |
| 3,95             | 59,7         |
| 4,00             | 59,2         |
| 4,05             | 58,8         |
| 4,10             | 58,3         |
| 4,15             | 57,6         |
| 4,20             | 56,8         |
| 4,25             | 55,9         |
| 4,30             | 54,9         |
| 4,35             | 53,8         |
| 4,40             | 52,4         |
| 4,45             | 50,7         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 48,9         |
| 4,55             | 46,8         |
| 4,60             | 44,5         |
| 4,65             | 38,9         |
| 4,70             | 35,8         |
| 4,75             | 32,6         |
| 4,80             | 29,4         |
| 4,85             | 26,3         |
| 4,90             | 23,3         |
| 4,95             | 20,5         |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga E con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de control Deformación

Velocidad 50,80  
[mm/min]:

**Carga Máx:** 152,7

Precisión [mm]: 0,05

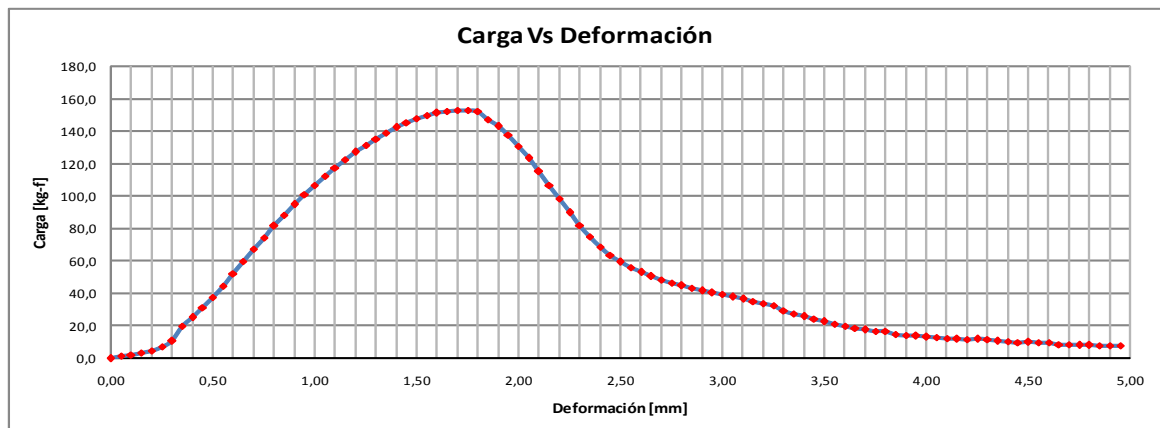
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,4          |
| 0,10             | 2,3          |
| 0,15             | 3,3          |
| 0,20             | 4,9          |
| 0,25             | 7,4          |
| 0,30             | 10,8         |
| 0,35             | 20,0         |
| 0,40             | 25,4         |
| 0,45             | 31,2         |
| 0,50             | 37,7         |
| 0,55             | 44,7         |
| 0,60             | 52,4         |
| 0,65             | 60,0         |
| 0,70             | 67,4         |
| 0,75             | 74,6         |
| 0,80             | 81,7         |
| 0,85             | 88,5         |
| 0,90             | 95,0         |
| 0,95             | 101,1        |
| 1,00             | 106,8        |
| 1,05             | 112,3        |
| 1,10             | 117,5        |
| 1,15             | 122,6        |
| 1,20             | 127,2        |
| 1,25             | 131,4        |
| 1,30             | 135,3        |
| 1,35             | 139,0        |
| 1,40             | 142,5        |
| 1,45             | 145,5        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 147,9        |
| 1,55             | 149,8        |
| 1,60             | 151,3        |
| 1,65             | 152,4        |
| 1,70             | 152,7        |
| 1,75             | 152,7        |
| 1,80             | 152,3        |
| 1,85             | 147,3        |
| 1,90             | 143,0        |
| 1,95             | 137,6        |
| 2,00             | 130,9        |
| 2,05             | 123,4        |
| 2,10             | 115,3        |
| 2,15             | 106,8        |
| 2,20             | 98,3         |
| 2,25             | 90,0         |
| 2,30             | 82,1         |
| 2,35             | 75,0         |
| 2,40             | 68,9         |
| 2,45             | 63,8         |
| 2,50             | 59,6         |
| 2,55             | 56,1         |
| 2,60             | 53,1         |
| 2,65             | 50,7         |
| 2,70             | 48,6         |
| 2,75             | 46,7         |
| 2,80             | 44,9         |
| 2,85             | 43,2         |
| 2,90             | 41,8         |
| 2,95             | 40,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 39,4         |
| 3,05             | 38,1         |
| 3,10             | 36,7         |
| 3,15             | 35,2         |
| 3,20             | 33,9         |
| 3,25             | 32,6         |
| 3,30             | 29,5         |
| 3,35             | 27,7         |
| 3,40             | 26,0         |
| 3,45             | 24,3         |
| 3,50             | 22,8         |
| 3,55             | 21,3         |
| 3,60             | 19,9         |
| 3,65             | 18,7         |
| 3,70             | 17,7         |
| 3,75             | 16,8         |
| 3,80             | 16,7         |
| 3,85             | 14,7         |
| 3,90             | 14,3         |
| 3,95             | 13,9         |
| 4,00             | 13,4         |
| 4,05             | 12,9         |
| 4,10             | 12,4         |
| 4,15             | 12,1         |
| 4,20             | 11,8         |
| 4,25             | 12,0         |
| 4,30             | 11,8         |
| 4,35             | 10,7         |
| 4,40             | 10,3         |
| 4,45             | 10,0         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 10,2         |
| 4,55             | 10,0         |
| 4,60             | 9,7          |
| 4,65             | 8,6          |
| 4,70             | 8,4          |
| 4,75             | 8,2          |
| 4,80             | 8,3          |
| 4,85             | 7,9          |
| 4,90             | 7,8          |
| 4,95             | 7,8          |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga F con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad 50,80  
[mm/min]:

**Carga Máx:** 139,6

Precisión [mm]: 0,05

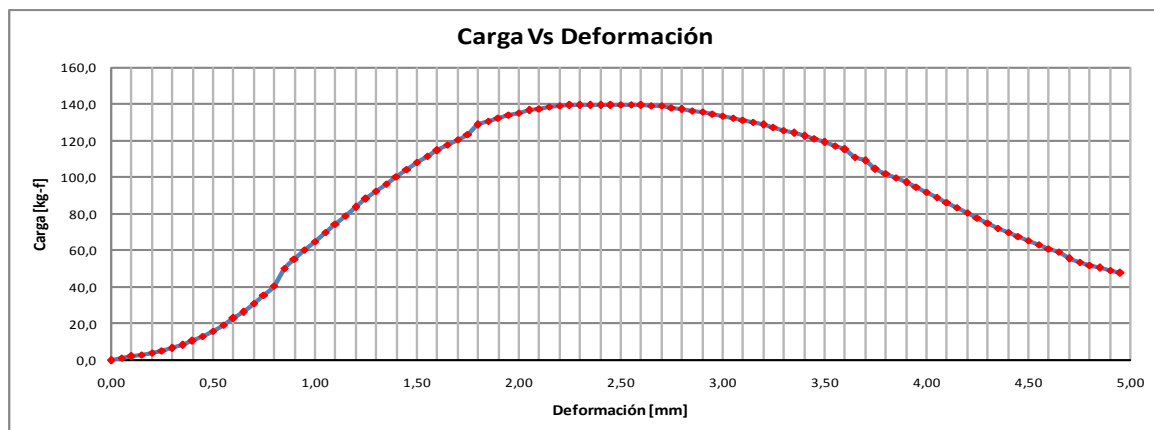
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,3          |
| 0,10             | 2,2          |
| 0,15             | 3,2          |
| 0,20             | 4,2          |
| 0,25             | 5,2          |
| 0,30             | 6,6          |
| 0,35             | 8,4          |
| 0,40             | 10,6         |
| 0,45             | 13,2         |
| 0,50             | 16,1         |
| 0,55             | 19,3         |
| 0,60             | 22,9         |
| 0,65             | 26,3         |
| 0,70             | 31,2         |
| 0,75             | 35,8         |
| 0,80             | 40,6         |
| 0,85             | 50,3         |
| 0,90             | 55,3         |
| 0,95             | 60,3         |
| 1,00             | 65,1         |
| 1,05             | 69,8         |
| 1,10             | 74,5         |
| 1,15             | 79,1         |
| 1,20             | 83,8         |
| 1,25             | 88,2         |
| 1,30             | 92,4         |
| 1,35             | 96,4         |
| 1,40             | 100,4        |
| 1,45             | 104,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 108,1        |
| 1,55             | 111,5        |
| 1,60             | 114,7        |
| 1,65             | 117,7        |
| 1,70             | 120,7        |
| 1,75             | 123,6        |
| 1,80             | 128,7        |
| 1,85             | 130,7        |
| 1,90             | 132,5        |
| 1,95             | 134,0        |
| 2,00             | 135,4        |
| 2,05             | 136,6        |
| 2,10             | 137,6        |
| 2,15             | 138,5        |
| 2,20             | 139,0        |
| 2,25             | 139,4        |
| 2,30             | 139,5        |
| 2,35             | 139,4        |
| 2,40             | 139,5        |
| 2,45             | 139,5        |
| 2,50             | 139,6        |
| 2,55             | 139,6        |
| 2,60             | 139,5        |
| 2,65             | 139,3        |
| 2,70             | 139,1        |
| 2,75             | 137,9        |
| 2,80             | 137,3        |
| 2,85             | 136,5        |
| 2,90             | 135,7        |
| 2,95             | 134,7        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 133,7        |
| 3,05             | 132,5        |
| 3,10             | 131,3        |
| 3,15             | 130,0        |
| 3,20             | 128,7        |
| 3,25             | 127,3        |
| 3,30             | 125,8        |
| 3,35             | 124,2        |
| 3,40             | 122,6        |
| 3,45             | 121,0        |
| 3,50             | 119,2        |
| 3,55             | 117,3        |
| 3,60             | 115,3        |
| 3,65             | 111,2        |
| 3,70             | 109,1        |
| 3,75             | 104,6        |
| 3,80             | 102,2        |
| 3,85             | 99,8         |
| 3,90             | 97,3         |
| 3,95             | 94,6         |
| 4,00             | 91,9         |
| 4,05             | 89,1         |
| 4,10             | 86,3         |
| 4,15             | 83,4         |
| 4,20             | 80,6         |
| 4,25             | 77,8         |
| 4,30             | 75,0         |
| 4,35             | 72,4         |
| 4,40             | 70,1         |
| 4,45             | 67,8         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 65,4         |
| 4,55             | 63,1         |
| 4,60             | 61,0         |
| 4,65             | 59,2         |
| 4,70             | 55,6         |
| 4,75             | 53,8         |
| 4,80             | 52,1         |
| 4,85             | 50,6         |
| 4,90             | 49,1         |
| 4,95             | 47,7         |



|                                |                                                                                                     |                         |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |                         |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |                         |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga G con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |                         |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**162,9**

Precisión [mm]: 0,05

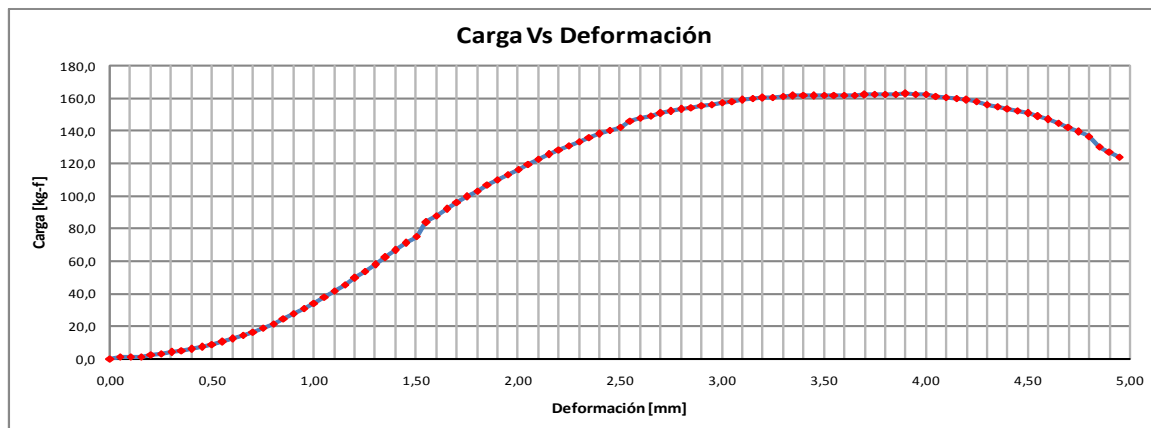
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 1,2          |
| 0,15             | 1,4          |
| 0,20             | 2,6          |
| 0,25             | 3,2          |
| 0,30             | 4,0          |
| 0,35             | 4,9          |
| 0,40             | 6,0          |
| 0,45             | 7,3          |
| 0,50             | 8,8          |
| 0,55             | 10,4         |
| 0,60             | 12,3         |
| 0,65             | 14,3         |
| 0,70             | 16,5         |
| 0,75             | 18,9         |
| 0,80             | 21,6         |
| 0,85             | 24,6         |
| 0,90             | 27,7         |
| 0,95             | 30,9         |
| 1,00             | 34,3         |
| 1,05             | 37,8         |
| 1,10             | 41,7         |
| 1,15             | 45,6         |
| 1,20             | 49,6         |
| 1,25             | 53,7         |
| 1,30             | 57,9         |
| 1,35             | 62,3         |
| 1,40             | 66,8         |
| 1,45             | 71,2         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 75,4         |
| 1,55             | 83,9         |
| 1,60             | 88,1         |
| 1,65             | 92,1         |
| 1,70             | 96,0         |
| 1,75             | 99,7         |
| 1,80             | 103,3        |
| 1,85             | 106,8        |
| 1,90             | 110,2        |
| 1,95             | 113,4        |
| 2,00             | 116,5        |
| 2,05             | 119,5        |
| 2,10             | 122,6        |
| 2,15             | 125,5        |
| 2,20             | 128,3        |
| 2,25             | 130,9        |
| 2,30             | 133,4        |
| 2,35             | 135,9        |
| 2,40             | 138,3        |
| 2,45             | 140,5        |
| 2,50             | 142,5        |
| 2,55             | 146,1        |
| 2,60             | 148,0        |
| 2,65             | 149,5        |
| 2,70             | 150,9        |
| 2,75             | 152,2        |
| 2,80             | 153,4        |
| 2,85             | 154,5        |
| 2,90             | 155,6        |
| 2,95             | 156,5        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 157,4        |
| 3,05             | 158,3        |
| 3,10             | 159,2        |
| 3,15             | 159,9        |
| 3,20             | 160,4        |
| 3,25             | 160,8        |
| 3,30             | 161,2        |
| 3,35             | 161,6        |
| 3,40             | 162,0        |
| 3,45             | 161,7        |
| 3,50             | 161,8        |
| 3,55             | 161,8        |
| 3,60             | 162,0        |
| 3,65             | 162,2        |
| 3,70             | 162,3        |
| 3,75             | 162,5        |
| 3,80             | 162,6        |
| 3,85             | 162,7        |
| 3,90             | 162,9        |
| 3,95             | 162,7        |
| 4,00             | 162,5        |
| 4,05             | 161,5        |
| 4,10             | 160,8        |
| 4,15             | 160,0        |
| 4,20             | 159,2        |
| 4,25             | 158,4        |
| 4,30             | 156,3        |
| 4,35             | 155,0        |
| 4,40             | 153,7        |
| 4,45             | 152,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 150,9        |
| 4,55             | 149,1        |
| 4,60             | 147,1        |
| 4,65             | 144,8        |
| 4,70             | 142,3        |
| 4,75             | 139,6        |
| 4,80             | 136,8        |
| 4,85             | 130,5        |
| 4,90             | 127,3        |
| 4,95             | 124,0        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga H con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

177,7

Precisión [mm]: 0,05

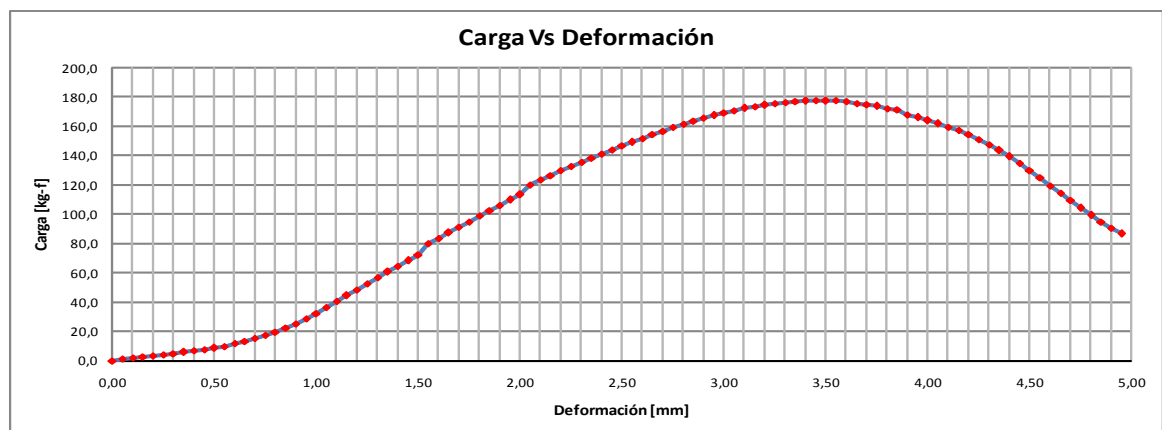
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 2,1          |
| 0,15             | 2,7          |
| 0,20             | 3,2          |
| 0,25             | 4,0          |
| 0,30             | 4,8          |
| 0,35             | 5,7          |
| 0,40             | 6,7          |
| 0,45             | 7,7          |
| 0,50             | 8,6          |
| 0,55             | 9,6          |
| 0,60             | 11,9         |
| 0,65             | 13,3         |
| 0,70             | 15,1         |
| 0,75             | 17,2         |
| 0,80             | 19,7         |
| 0,85             | 22,4         |
| 0,90             | 25,3         |
| 0,95             | 28,6         |
| 1,00             | 32,3         |
| 1,05             | 36,3         |
| 1,10             | 40,4         |
| 1,15             | 44,5         |
| 1,20             | 48,5         |
| 1,25             | 52,6         |
| 1,30             | 56,7         |
| 1,35             | 60,6         |
| 1,40             | 64,5         |
| 1,45             | 68,3         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 72,1         |
| 1,55             | 79,8         |
| 1,60             | 83,6         |
| 1,65             | 87,4         |
| 1,70             | 91,1         |
| 1,75             | 94,9         |
| 1,80             | 98,8         |
| 1,85             | 102,5        |
| 1,90             | 106,2        |
| 1,95             | 109,8        |
| 2,00             | 113,4        |
| 2,05             | 120,3        |
| 2,10             | 123,5        |
| 2,15             | 126,6        |
| 2,20             | 129,7        |
| 2,25             | 132,7        |
| 2,30             | 135,6        |
| 2,35             | 138,3        |
| 2,40             | 141,1        |
| 2,45             | 143,8        |
| 2,50             | 146,6        |
| 2,55             | 149,3        |
| 2,60             | 151,9        |
| 2,65             | 154,4        |
| 2,70             | 156,8        |
| 2,75             | 159,3        |
| 2,80             | 161,7        |
| 2,85             | 163,8        |
| 2,90             | 165,7        |
| 2,95             | 167,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 169,3        |
| 3,05             | 170,9        |
| 3,10             | 172,4        |
| 3,15             | 173,5        |
| 3,20             | 174,6        |
| 3,25             | 175,5        |
| 3,30             | 176,3        |
| 3,35             | 177,0        |
| 3,40             | 177,4        |
| 3,45             | 177,7        |
| 3,50             | 177,5        |
| 3,55             | 177,6        |
| 3,60             | 177,2        |
| 3,65             | 175,8        |
| 3,70             | 175,0        |
| 3,75             | 173,9        |
| 3,80             | 172,3        |
| 3,85             | 171,3        |
| 3,90             | 168,1        |
| 3,95             | 166,2        |
| 4,00             | 164,1        |
| 4,05             | 161,9        |
| 4,10             | 159,6        |
| 4,15             | 157,2        |
| 4,20             | 154,4        |
| 4,25             | 151,2        |
| 4,30             | 147,6        |
| 4,35             | 143,7        |
| 4,40             | 139,4        |
| 4,45             | 134,9        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 129,9        |
| 4,55             | 124,8        |
| 4,60             | 119,6        |
| 4,65             | 114,4        |
| 4,70             | 109,3        |
| 4,75             | 104,2        |
| 4,80             | 99,3         |
| 4,85             | 94,8         |
| 4,90             | 90,6         |
| 4,95             | 86,7         |



## Anexo C.2. Ensayo de flexión pura en vigas de mezclas Asfálticas con altos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 4,7%)



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga A1 con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                               |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 129,5

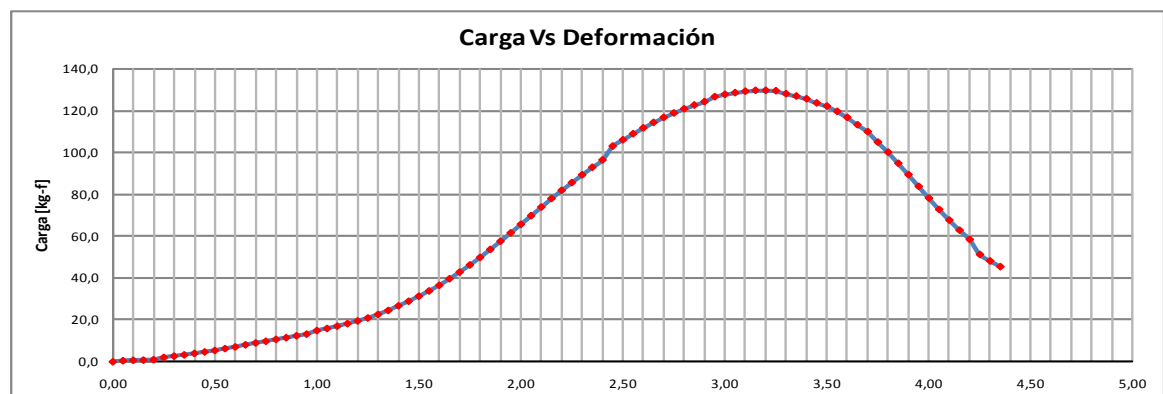
### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,5          |
| 0,10             | 0,7          |
| 0,15             | 0,8          |
| 0,20             | 1,0          |
| 0,25             | 2,1          |
| 0,30             | 2,7          |
| 0,35             | 3,3          |
| 0,40             | 4,0          |
| 0,45             | 4,7          |
| 0,50             | 5,4          |
| 0,55             | 6,3          |
| 0,60             | 7,1          |
| 0,65             | 8,1          |
| 0,70             | 9,0          |
| 0,75             | 9,8          |
| 0,80             | 10,7         |
| 0,85             | 11,5         |
| 0,90             | 12,4         |
| 0,95             | 13,2         |
| 1,00             | 14,9         |
| 1,05             | 15,9         |
| 1,10             | 17,0         |
| 1,15             | 18,2         |
| 1,20             | 19,5         |
| 1,25             | 20,9         |
| 1,30             | 22,6         |
| 1,35             | 24,5         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 26,7         |
| 1,45             | 28,9         |
| 1,50             | 31,3         |
| 1,55             | 33,8         |
| 1,60             | 36,5         |
| 1,65             | 39,6         |
| 1,70             | 42,8         |
| 1,75             | 46,2         |
| 1,80             | 49,8         |
| 1,85             | 53,6         |
| 1,90             | 57,5         |
| 1,95             | 61,5         |
| 2,00             | 65,6         |
| 2,05             | 69,7         |
| 2,10             | 73,8         |
| 2,15             | 77,9         |
| 2,20             | 81,8         |
| 2,25             | 85,5         |
| 2,30             | 89,2         |
| 2,35             | 92,8         |
| 2,40             | 96,3         |
| 2,45             | 102,9        |
| 2,50             | 105,9        |
| 2,55             | 108,8        |
| 2,60             | 111,6        |
| 2,65             | 114,2        |
| 2,70             | 116,6        |
| 2,75             | 118,7        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 120,7        |
| 2,85             | 122,5        |
| 2,90             | 124,1        |
| 2,95             | 126,5        |
| 3,00             | 127,6        |
| 3,05             | 128,4        |
| 3,10             | 129,1        |
| 3,15             | 129,5        |
| 3,20             | 129,5        |
| 3,25             | 129,3        |
| 3,30             | 127,9        |
| 3,35             | 126,8        |
| 3,40             | 125,5        |
| 3,45             | 123,5        |
| 3,50             | 122,0        |
| 3,55             | 119,5        |
| 3,60             | 116,6        |
| 3,65             | 113,1        |
| 3,70             | 109,8        |
| 3,75             | 104,8        |
| 3,80             | 100,0        |
| 3,85             | 94,7         |
| 3,90             | 89,3         |
| 3,95             | 83,7         |
| 4,00             | 78,1         |
| 4,05             | 72,7         |
| 4,10             | 67,6         |
| 4,15             | 62,8         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 58,4         |
| 4,25             | 51,2         |
| 4,30             | 48,1         |
| 4,35             | 45,4         |



|                                |                                                                                                         |               |           |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO<br/>SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre           |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                      | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga A2 con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                   |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**54,8**

Precisión [mm]: 0,05

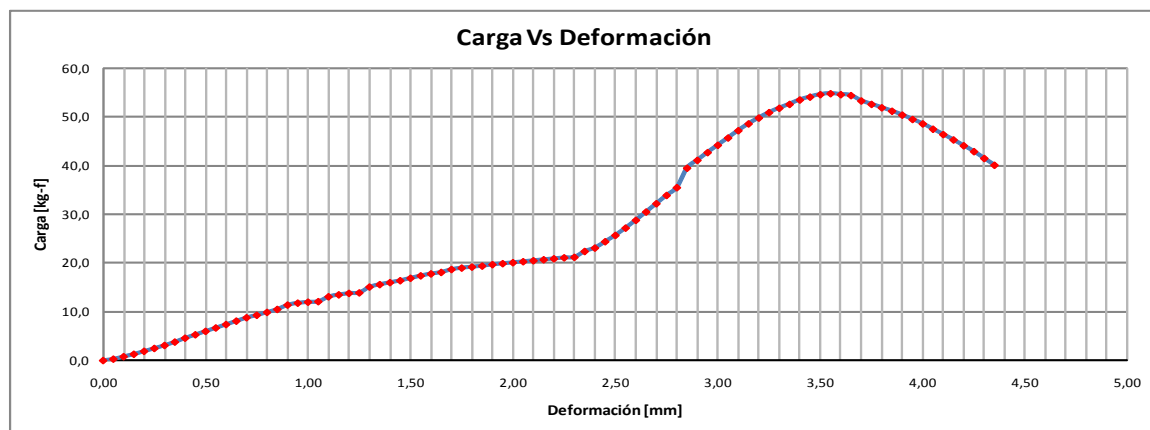
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,3          |
| 0,10             | 0,8          |
| 0,15             | 1,3          |
| 0,20             | 1,9          |
| 0,25             | 2,5          |
| 0,30             | 3,1          |
| 0,35             | 3,8          |
| 0,40             | 4,6          |
| 0,45             | 5,3          |
| 0,50             | 6,0          |
| 0,55             | 6,7          |
| 0,60             | 7,4          |
| 0,65             | 8,1          |
| 0,70             | 8,8          |
| 0,75             | 9,3          |
| 0,80             | 9,9          |
| 0,85             | 10,5         |
| 0,90             | 11,4         |
| 0,95             | 11,8         |
| 1,00             | 12,0         |
| 1,05             | 12,1         |
| 1,10             | 13,1         |
| 1,15             | 13,5         |
| 1,20             | 13,8         |
| 1,25             | 13,9         |
| 1,30             | 15,1         |
| 1,35             | 15,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 16,0         |
| 1,45             | 16,4         |
| 1,50             | 16,9         |
| 1,55             | 17,4         |
| 1,60             | 17,8         |
| 1,65             | 18,1         |
| 1,70             | 18,7         |
| 1,75             | 19,0         |
| 1,80             | 19,2         |
| 1,85             | 19,4         |
| 1,90             | 19,7         |
| 1,95             | 19,9         |
| 2,00             | 20,1         |
| 2,05             | 20,3         |
| 2,10             | 20,5         |
| 2,15             | 20,7         |
| 2,20             | 20,9         |
| 2,25             | 21,1         |
| 2,30             | 21,2         |
| 2,35             | 22,4         |
| 2,40             | 23,1         |
| 2,45             | 24,4         |
| 2,50             | 25,7         |
| 2,55             | 27,2         |
| 2,60             | 28,8         |
| 2,65             | 30,5         |
| 2,70             | 32,2         |
| 2,75             | 33,9         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 35,5         |
| 2,85             | 39,5         |
| 2,90             | 41,1         |
| 2,95             | 42,7         |
| 3,00             | 44,2         |
| 3,05             | 45,7         |
| 3,10             | 47,2         |
| 3,15             | 48,6         |
| 3,20             | 49,8         |
| 3,25             | 50,9         |
| 3,30             | 51,8         |
| 3,35             | 52,6         |
| 3,40             | 53,5         |
| 3,45             | 54,1         |
| 3,50             | 54,6         |
| 3,55             | 54,8         |
| 3,60             | 54,6         |
| 3,65             | 54,4         |
| 3,70             | 53,3         |
| 3,75             | 52,6         |
| 3,80             | 51,9         |
| 3,85             | 51,2         |
| 3,90             | 50,4         |
| 3,95             | 49,5         |
| 4,00             | 48,6         |
| 4,05             | 47,5         |
| 4,10             | 46,4         |
| 4,15             | 45,3         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 44,1         |
| 4,25             | 42,9         |
| 4,30             | 41,5         |
| 4,35             | 40,1         |



|                                |                                                                                                         |               |           |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO<br/>SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre           |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                      | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga A3 con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                   |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**98,8**

Precisión [mm]: 0,05

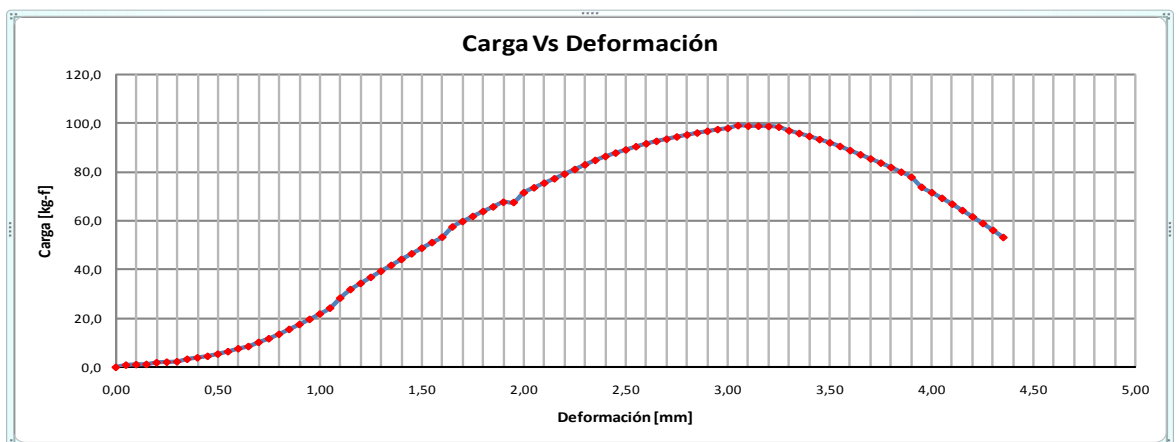
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,9          |
| 0,10             | 1,1          |
| 0,15             | 1,2          |
| 0,20             | 1,9          |
| 0,25             | 2,1          |
| 0,30             | 2,3          |
| 0,35             | 3,3          |
| 0,40             | 3,9          |
| 0,45             | 4,5          |
| 0,50             | 5,4          |
| 0,55             | 6,4          |
| 0,60             | 7,6          |
| 0,65             | 8,5          |
| 0,70             | 10,2         |
| 0,75             | 11,7         |
| 0,80             | 13,5         |
| 0,85             | 15,5         |
| 0,90             | 17,5         |
| 0,95             | 19,6         |
| 1,00             | 21,8         |
| 1,05             | 24,2         |
| 1,10             | 28,3         |
| 1,15             | 31,8         |
| 1,20             | 34,3         |
| 1,25             | 36,8         |
| 1,30             | 39,3         |
| 1,35             | 41,7         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 44,1         |
| 1,45             | 46,4         |
| 1,50             | 48,7         |
| 1,55             | 51,0         |
| 1,60             | 53,2         |
| 1,65             | 57,4         |
| 1,70             | 59,6         |
| 1,75             | 61,7         |
| 1,80             | 63,7         |
| 1,85             | 65,6         |
| 1,90             | 67,5         |
| 1,95             | 67,4         |
| 2,00             | 71,4         |
| 2,05             | 73,4         |
| 2,10             | 75,3         |
| 2,15             | 77,1         |
| 2,20             | 79,0         |
| 2,25             | 80,9         |
| 2,30             | 82,8         |
| 2,35             | 84,6         |
| 2,40             | 86,2         |
| 2,45             | 87,6         |
| 2,50             | 88,9         |
| 2,55             | 90,2         |
| 2,60             | 91,4         |
| 2,65             | 92,4         |
| 2,70             | 93,3         |
| 2,75             | 94,2         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 95,0         |
| 2,85             | 95,8         |
| 2,90             | 96,5         |
| 2,95             | 97,2         |
| 3,00             | 97,7         |
| 3,05             | 98,8         |
| 3,10             | 98,6         |
| 3,15             | 98,6         |
| 3,20             | 98,5         |
| 3,25             | 98,2         |
| 3,30             | 96,7         |
| 3,35             | 95,6         |
| 3,40             | 94,4         |
| 3,45             | 93,1         |
| 3,50             | 91,8         |
| 3,55             | 90,3         |
| 3,60             | 88,6         |
| 3,65             | 86,9         |
| 3,70             | 85,2         |
| 3,75             | 83,5         |
| 3,80             | 81,7         |
| 3,85             | 79,8         |
| 3,90             | 77,7         |
| 3,95             | 73,6         |
| 4,00             | 71,4         |
| 4,05             | 69,1         |
| 4,10             | 66,7         |
| 4,15             | 64,1         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 61,5         |
| 4,25             | 58,8         |
| 4,30             | 56,0         |
| 4,35             | 53,1         |



|                                |                                                                                                            |               |           |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b><u>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</u></b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre              |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                         | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga A4 con Porcentaje de Asfalto 4,7                                                                      |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx: 104,6**

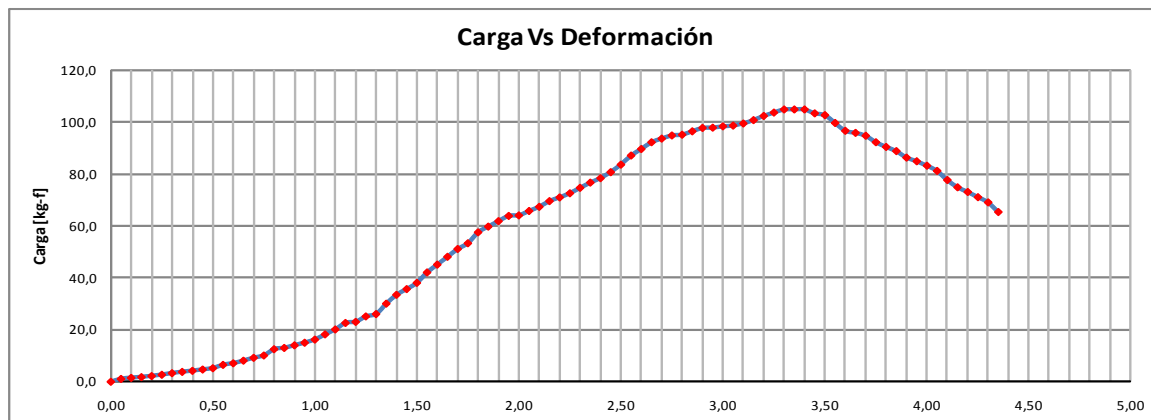
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,1          |
| 0,10             | 1,5          |
| 0,15             | 1,8          |
| 0,20             | 2,2          |
| 0,25             | 2,7          |
| 0,30             | 3,3          |
| 0,35             | 3,8          |
| 0,40             | 4,2          |
| 0,45             | 4,7          |
| 0,50             | 5,2          |
| 0,55             | 6,5          |
| 0,60             | 7,1          |
| 0,65             | 8,1          |
| 0,70             | 9,2          |
| 0,75             | 10,1         |
| 0,80             | 12,5         |
| 0,85             | 13,0         |
| 0,90             | 14,0         |
| 0,95             | 15,0         |
| 1,00             | 16,2         |
| 1,05             | 18,2         |
| 1,10             | 20,1         |
| 1,15             | 22,6         |
| 1,20             | 23,0         |
| 1,25             | 25,1         |
| 1,30             | 26,0         |
| 1,35             | 30,0         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 33,4         |
| 1,45             | 35,6         |
| 1,50             | 38,0         |
| 1,55             | 42,0         |
| 1,60             | 45,0         |
| 1,65             | 48,0         |
| 1,70             | 51,0         |
| 1,75             | 53,2         |
| 1,80             | 57,4         |
| 1,85             | 59,6         |
| 1,90             | 61,7         |
| 1,95             | 63,7         |
| 2,00             | 63,9         |
| 2,05             | 65,6         |
| 2,10             | 67,2         |
| 2,15             | 69,4         |
| 2,20             | 70,8         |
| 2,25             | 72,4         |
| 2,30             | 74,5         |
| 2,35             | 76,5         |
| 2,40             | 78,2         |
| 2,45             | 80,5         |
| 2,50             | 83,4         |
| 2,55             | 86,9         |
| 2,60             | 89,4         |
| 2,65             | 92,0         |
| 2,70             | 93,4         |
| 2,75             | 94,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 94,9         |
| 2,85             | 96,2         |
| 2,90             | 97,5         |
| 2,95             | 97,6         |
| 3,00             | 98,1         |
| 3,05             | 98,4         |
| 3,10             | 99,2         |
| 3,15             | 100,5        |
| 3,20             | 102,1        |
| 3,25             | 103,4        |
| 3,30             | 104,6        |
| 3,35             | 104,6        |
| 3,40             | 104,6        |
| 3,45             | 103,1        |
| 3,50             | 102,4        |
| 3,55             | 99,4         |
| 3,60             | 96,4         |
| 3,65             | 95,6         |
| 3,70             | 94,5         |
| 3,75             | 92,0         |
| 3,80             | 90,2         |
| 3,85             | 88,6         |
| 3,90             | 86,1         |
| 3,95             | 84,7         |
| 4,00             | 83,0         |
| 4,05             | 81,0         |
| 4,10             | 77,5         |
| 4,15             | 74,7         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 72,9         |
| 4,25             | 70,9         |
| 4,30             | 68,9         |
| 4,35             | 65,2         |



### Anexo C.3. Ensayo de flexión pura en vigas de mezclas Asfálticas con bajos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 5,7%)



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 1 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 273,4

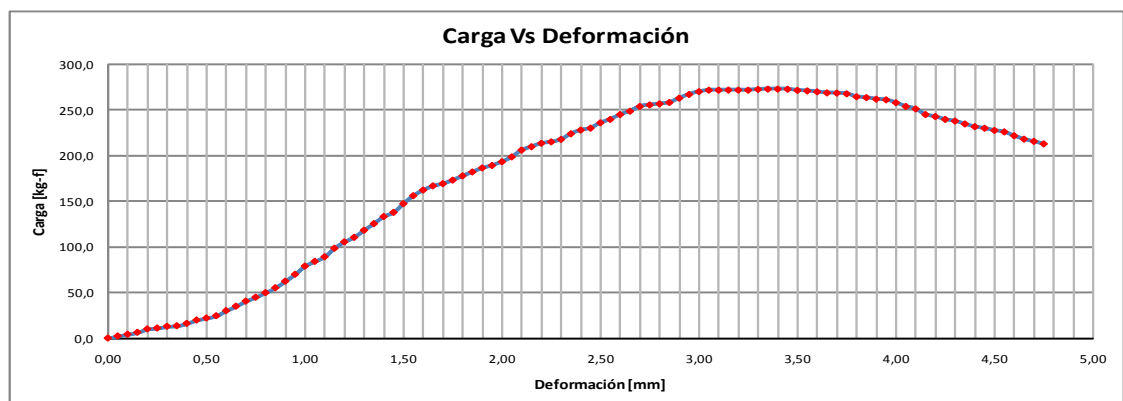
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 2,3          |
| 0,10             | 4,2          |
| 0,15             | 6,3          |
| 0,20             | 10,0         |
| 0,25             | 11,0         |
| 0,30             | 12,9         |
| 0,35             | 13,5         |
| 0,40             | 16,1         |
| 0,45             | 19,8         |
| 0,50             | 22,0         |
| 0,55             | 24,5         |
| 0,60             | 30,1         |
| 0,65             | 35,0         |
| 0,70             | 40,6         |
| 0,75             | 44,8         |
| 0,80             | 49,8         |
| 0,85             | 55,2         |
| 0,90             | 62,4         |
| 0,95             | 70,0         |
| 1,00             | 79,0         |
| 1,05             | 84,2         |
| 1,10             | 89,2         |
| 1,15             | 98,6         |
| 1,20             | 105,6        |
| 1,25             | 110,6        |
| 1,30             | 118,4        |
| 1,35             | 125,6        |
| 1,40             | 133,4        |
| 1,45             | 138,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 147,6        |
| 1,55             | 156,3        |
| 1,60             | 162,5        |
| 1,65             | 167,1        |
| 1,70             | 169,5        |
| 1,75             | 173,4        |
| 1,80             | 178,1        |
| 1,85             | 182,4        |
| 1,90             | 186,8        |
| 1,95             | 189,5        |
| 2,00             | 193,6        |
| 2,05             | 198,9        |
| 2,10             | 206,4        |
| 2,15             | 210,1        |
| 2,20             | 213,9        |
| 2,25             | 215,4        |
| 2,30             | 218,1        |
| 2,35             | 224,3        |
| 2,40             | 228,4        |
| 2,45             | 230,5        |
| 2,50             | 236,4        |
| 2,55             | 240,1        |
| 2,60             | 245,4        |
| 2,65             | 249,1        |
| 2,70             | 254,3        |
| 2,75             | 256,0        |
| 2,80             | 257,2        |
| 2,85             | 258,6        |
| 2,90             | 263,4        |
| 2,95             | 267,5        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 270,6        |
| 3,05             | 272,2        |
| 3,10             | 272,2        |
| 3,15             | 272,3        |
| 3,20             | 272,3        |
| 3,25             | 272,2        |
| 3,30             | 273,0        |
| 3,35             | 273,4        |
| 3,40             | 273,4        |
| 3,45             | 273,3        |
| 3,50             | 272,0        |
| 3,55             | 271,4        |
| 3,60             | 270,4        |
| 3,65             | 269,2        |
| 3,70             | 269,0        |
| 3,75             | 268,2        |
| 3,80             | 265,0        |
| 3,85             | 264,0        |
| 3,90             | 262,3        |
| 3,95             | 261,6        |
| 4,00             | 258,4        |
| 4,05             | 254,3        |
| 4,10             | 251,6        |
| 4,15             | 245,4        |
| 4,20             | 243,2        |
| 4,25             | 240,1        |
| 4,30             | 238,3        |
| 4,35             | 235,1        |
| 4,40             | 232,1        |
| 4,45             | 230,4        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 228,0        |
| 4,55             | 226,4        |
| 4,60             | 222,1        |
| 4,65             | 218,4        |
| 4,70             | 216,0        |
| 4,75             | 213,2        |



|                                |                                                                                                         |               |           |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO<br/>SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre           |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                      | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 2 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                    |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 267,0

Precisión [mm]: 0,05

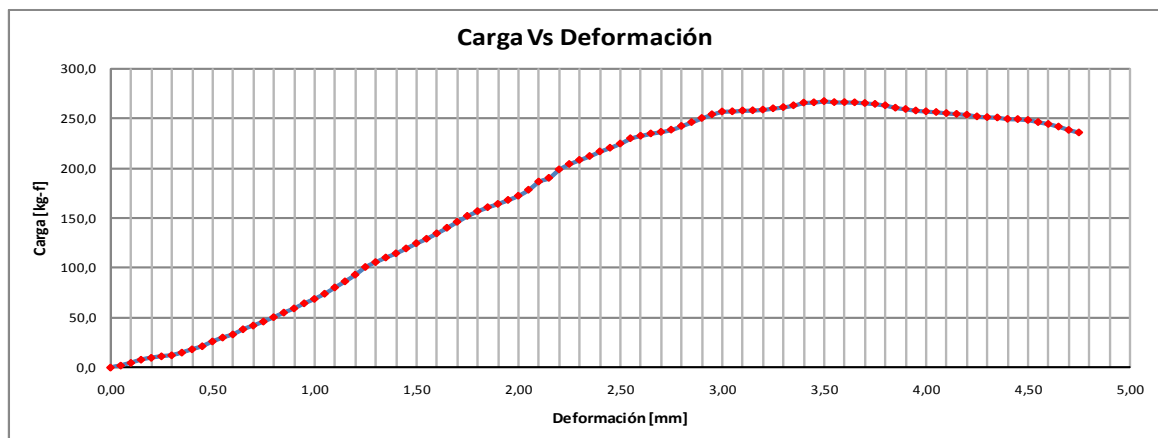
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 2,0          |
| 0,10             | 4,7          |
| 0,15             | 7,9          |
| 0,20             | 9,8          |
| 0,25             | 11,3         |
| 0,30             | 12,3         |
| 0,35             | 15,0         |
| 0,40             | 18,3         |
| 0,45             | 21,4         |
| 0,50             | 26,2         |
| 0,55             | 30,1         |
| 0,60             | 33,2         |
| 0,65             | 38,4         |
| 0,70             | 42,1         |
| 0,75             | 46,1         |
| 0,80             | 50,5         |
| 0,85             | 55,1         |
| 0,90             | 59,3         |
| 0,95             | 64,4         |
| 1,00             | 68,8         |
| 1,05             | 74,0         |
| 1,10             | 80,3         |
| 1,15             | 86,4         |
| 1,20             | 93,1         |
| 1,25             | 100,8        |
| 1,30             | 105,7        |
| 1,35             | 110,3        |
| 1,40             | 114,5        |
| 1,45             | 119,4        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 124,6        |
| 1,55             | 129,1        |
| 1,60             | 134,5        |
| 1,65             | 140,1        |
| 1,70             | 146,1        |
| 1,75             | 152,0        |
| 1,80             | 156,8        |
| 1,85             | 160,7        |
| 1,90             | 164,0        |
| 1,95             | 168,0        |
| 2,00             | 172,2        |
| 2,05             | 178,2        |
| 2,10             | 186,4        |
| 2,15             | 190,1        |
| 2,20             | 198,6        |
| 2,25             | 204,0        |
| 2,30             | 208,1        |
| 2,35             | 212,0        |
| 2,40             | 216,6        |
| 2,45             | 220,3        |
| 2,50             | 224,5        |
| 2,55             | 229,8        |
| 2,60             | 232,3        |
| 2,65             | 234,6        |
| 2,70             | 236,2        |
| 2,75             | 238,4        |
| 2,80             | 242,1        |
| 2,85             | 246,0        |
| 2,90             | 250,1        |
| 2,95             | 253,8        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 256,6        |
| 3,05             | 256,8        |
| 3,10             | 257,6        |
| 3,15             | 257,8        |
| 3,20             | 258,5        |
| 3,25             | 259,8        |
| 3,30             | 261,0        |
| 3,35             | 262,8        |
| 3,40             | 265,5        |
| 3,45             | 265,8        |
| 3,50             | 267,0        |
| 3,55             | 266,0        |
| 3,60             | 266,0        |
| 3,65             | 265,8        |
| 3,70             | 265,1        |
| 3,75             | 264,2        |
| 3,80             | 262,8        |
| 3,85             | 260,4        |
| 3,90             | 259,1        |
| 3,95             | 257,6        |
| 4,00             | 256,8        |
| 4,05             | 256,1        |
| 4,10             | 255,0        |
| 4,15             | 254,2        |
| 4,20             | 253,4        |
| 4,25             | 251,7        |
| 4,30             | 251,0        |
| 4,35             | 250,6        |
| 4,40             | 249,2        |
| 4,45             | 249,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 248,1        |
| 4,55             | 246,0        |
| 4,60             | 244,1        |
| 4,65             | 241,5        |
| 4,70             | 238,1        |
| 4,75             | 235,6        |
| 4,80             | 234,2        |
| 4,85             | 231,4        |
| 4,90             | 229,4        |
| 4,95             | 228,4        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 3 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 269,0

Precisión [mm]: 0,05

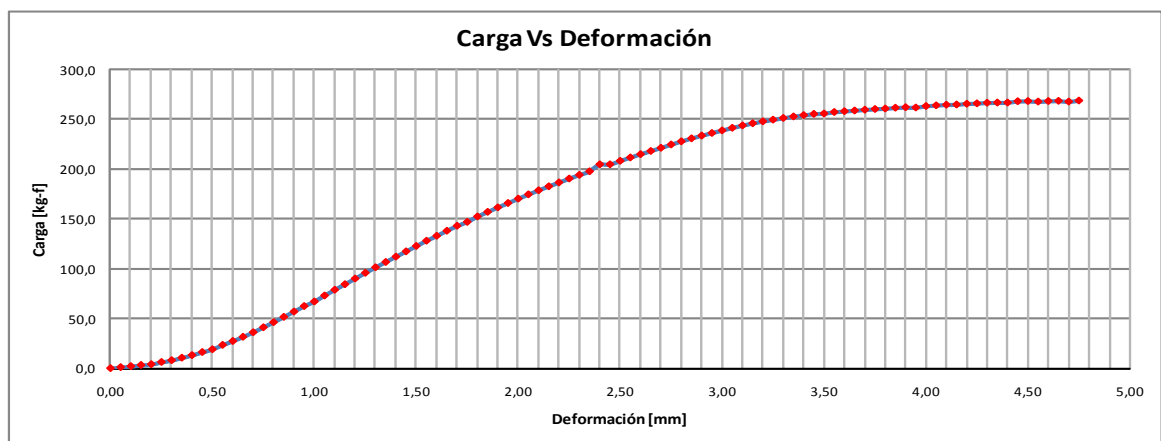
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 2,0          |
| 0,15             | 3,2          |
| 0,20             | 4,0          |
| 0,25             | 6,2          |
| 0,30             | 8,0          |
| 0,35             | 10,5         |
| 0,40             | 13,1         |
| 0,45             | 16,2         |
| 0,50             | 19,0         |
| 0,55             | 23,4         |
| 0,60             | 27,3         |
| 0,65             | 31,5         |
| 0,70             | 36,1         |
| 0,75             | 41,1         |
| 0,80             | 46,2         |
| 0,85             | 51,5         |
| 0,90             | 56,9         |
| 0,95             | 62,4         |
| 1,00             | 67,0         |
| 1,05             | 73,0         |
| 1,10             | 78,8         |
| 1,15             | 84,4         |
| 1,20             | 90,1         |
| 1,25             | 95,8         |
| 1,30             | 101,4        |
| 1,35             | 106,7        |
| 1,40             | 112,1        |
| 1,45             | 117,4        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 122,8        |
| 1,55             | 128,1        |
| 1,60             | 133,0        |
| 1,65             | 138,1        |
| 1,70             | 143,1        |
| 1,75             | 147,0        |
| 1,80             | 152,5        |
| 1,85             | 157,1        |
| 1,90             | 161,6        |
| 1,95             | 166,0        |
| 2,00             | 170,4        |
| 2,05             | 174,7        |
| 2,10             | 178,8        |
| 2,15             | 182,8        |
| 2,20             | 186,7        |
| 2,25             | 190,6        |
| 2,30             | 194,3        |
| 2,35             | 197,9        |
| 2,40             | 204,9        |
| 2,45             | 204,9        |
| 2,50             | 208,4        |
| 2,55             | 211,8        |
| 2,60             | 215,1        |
| 2,65             | 218,3        |
| 2,70             | 221,5        |
| 2,75             | 224,8        |
| 2,80             | 228,0        |
| 2,85             | 231,0        |
| 2,90             | 233,8        |
| 2,95             | 236,4        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 239,0        |
| 3,05             | 241,6        |
| 3,10             | 244,0        |
| 3,15             | 246,2        |
| 3,20             | 248,1        |
| 3,25             | 249,8        |
| 3,30             | 251,5        |
| 3,35             | 253,0        |
| 3,40             | 254,4        |
| 3,45             | 255,6        |
| 3,50             | 256,0        |
| 3,55             | 257,5        |
| 3,60             | 258,3        |
| 3,65             | 259,0        |
| 3,70             | 259,8        |
| 3,75             | 260,5        |
| 3,80             | 261          |
| 3,85             | 261,8        |
| 3,90             | 262,3        |
| 3,95             | 262          |
| 4,00             | 263,5        |
| 4,05             | 264,2        |
| 4,10             | 264,8        |
| 4,15             | 265          |
| 4,20             | 265,8        |
| 4,25             | 266,2        |
| 4,30             | 266,8        |
| 4,35             | 267          |
| 4,40             | 267          |
| 4,45             | 268,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 268,5        |
| 4,55             | 268          |
| 4,60             | 268,5        |
| 4,65             | 268,7        |
| 4,70             | 268          |
| 4,75             | 269          |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 4 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 279,8

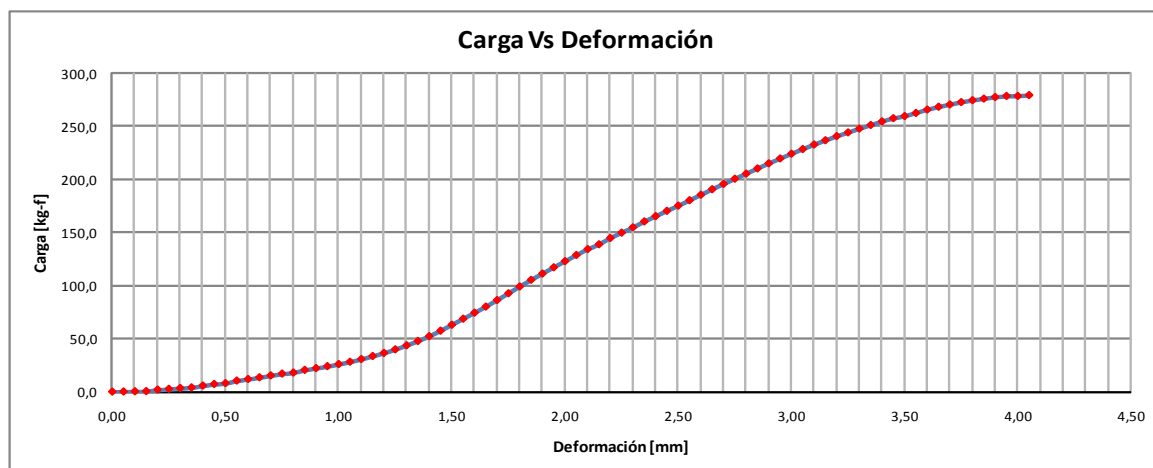
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,1          |
| 0,10             | 0,3          |
| 0,15             | 0,5          |
| 0,20             | 1,9          |
| 0,25             | 2,6          |
| 0,30             | 3,4          |
| 0,35             | 4,0          |
| 0,40             | 5,7          |
| 0,45             | 7,2          |
| 0,50             | 8,0          |
| 0,55             | 10,4         |
| 0,60             | 11,9         |
| 0,65             | 13,5         |
| 0,70             | 15,3         |
| 0,75             | 17,0         |
| 0,80             | 18,0         |
| 0,85             | 20,5         |
| 0,90             | 22,2         |
| 0,95             | 24,0         |
| 1,00             | 26,0         |
| 1,05             | 28,2         |
| 1,10             | 30,7         |
| 1,15             | 33,6         |
| 1,20             | 36,5         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,25             | 39,9         |
| 1,30             | 43,7         |
| 1,35             | 47,8         |
| 1,40             | 52,3         |
| 1,45             | 57,5         |
| 1,50             | 63,1         |
| 1,55             | 68,8         |
| 1,60             | 74,5         |
| 1,65             | 80,2         |
| 1,70             | 86,4         |
| 1,75             | 92,8         |
| 1,80             | 99,2         |
| 1,85             | 105,5        |
| 1,90             | 111,4        |
| 1,95             | 117,3        |
| 2,00             | 123,1        |
| 2,05             | 128,9        |
| 2,10             | 134,5        |
| 2,15             | 139,0        |
| 2,20             | 145,0        |
| 2,25             | 150,0        |
| 2,30             | 155,0        |
| 2,35             | 160,6        |
| 2,40             | 165,6        |
| 2,45             | 170,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,50             | 175,5        |
| 2,55             | 180,6        |
| 2,60             | 185,8        |
| 2,65             | 191,0        |
| 2,70             | 196,0        |
| 2,75             | 200,9        |
| 2,80             | 205,7        |
| 2,85             | 210,6        |
| 2,90             | 215,4        |
| 2,95             | 220,0        |
| 3,00             | 224,5        |
| 3,05             | 228,9        |
| 3,10             | 233,2        |
| 3,15             | 237,2        |
| 3,20             | 241,1        |
| 3,25             | 244,6        |
| 3,30             | 248,2        |
| 3,35             | 251,6        |
| 3,40             | 255,0        |
| 3,45             | 258,0        |
| 3,50             | 260,0        |
| 3,55             | 263,0        |
| 3,60             | 266,2        |
| 3,65             | 268,8        |
| 3,70             | 271,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,75             | 273,2        |
| 3,80             | 275          |
| 3,85             | 276,5        |
| 3,90             | 278          |
| 3,95             | 279          |
| 4,00             | 279          |
| 4,05             | 279,8        |





|                                |                                                                                                     |                         |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |                         |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |                         |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 6 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |                         |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**240,9**

Precisión [mm]: 0,05

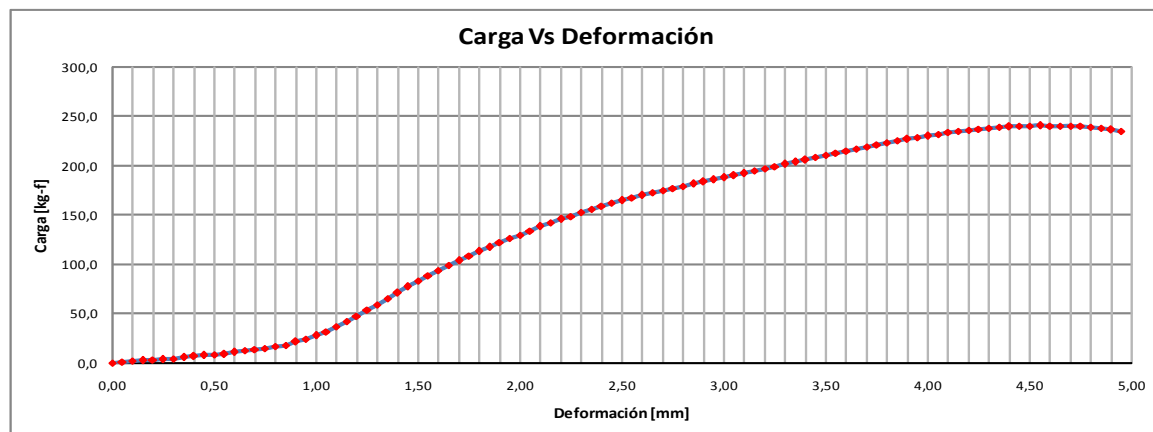
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 1,7          |
| 0,15             | 2,4          |
| 0,20             | 3,1          |
| 0,25             | 3,7          |
| 0,30             | 4,0          |
| 0,35             | 5,6          |
| 0,40             | 6,7          |
| 0,45             | 7,8          |
| 0,50             | 8,0          |
| 0,55             | 9,0          |
| 0,60             | 11,0         |
| 0,65             | 12,4         |
| 0,70             | 13,6         |
| 0,75             | 15,0         |
| 0,80             | 16,7         |
| 0,85             | 18,0         |
| 0,90             | 21,4         |
| 0,95             | 24,4         |
| 1,00             | 27,9         |
| 1,05             | 31,9         |
| 1,10             | 36,6         |
| 1,15             | 41,8         |
| 1,20             | 47,5         |
| 1,25             | 53,4         |
| 1,30             | 59,3         |
| 1,35             | 65,0         |
| 1,40             | 71,2         |
| 1,45             | 77,3         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,50             | 83,1         |
| 1,55             | 88,6         |
| 1,60             | 93,8         |
| 1,65             | 98,9         |
| 1,70             | 103,8        |
| 1,75             | 108,6        |
| 1,80             | 113,2        |
| 1,85             | 117,6        |
| 1,90             | 122,0        |
| 1,95             | 126,4        |
| 2,00             | 130,0        |
| 2,05             | 134,0        |
| 2,10             | 138,6        |
| 2,15             | 142,4        |
| 2,20             | 146,1        |
| 2,25             | 149,0        |
| 2,30             | 153,1        |
| 2,35             | 156,0        |
| 2,40             | 159,0        |
| 2,45             | 162,1        |
| 2,50             | 165,0        |
| 2,55             | 167,7        |
| 2,60             | 170,3        |
| 2,65             | 172,6        |
| 2,70             | 174,9        |
| 2,75             | 177,2        |
| 2,80             | 179,5        |
| 2,85             | 181,8        |
| 2,90             | 183,9        |
| 2,95             | 186,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,00             | 188,2        |
| 3,05             | 190,4        |
| 3,10             | 192,6        |
| 3,15             | 194,8        |
| 3,20             | 197,1        |
| 3,25             | 199,4        |
| 3,30             | 201,8        |
| 3,35             | 204,1        |
| 3,40             | 206,2        |
| 3,45             | 208,5        |
| 3,50             | 210,8        |
| 3,55             | 213,1        |
| 3,60             | 215,2        |
| 3,65             | 217,3        |
| 3,70             | 219,3        |
| 3,75             | 221,4        |
| 3,80             | 223,5        |
| 3,85             | 225,5        |
| 3,90             | 227,3        |
| 3,95             | 228,9        |
| 4,00             | 230,5        |
| 4,05             | 232,2        |
| 4,10             | 233,8        |
| 4,15             | 235,2        |
| 4,20             | 236,3        |
| 4,25             | 237,4        |
| 4,30             | 238,3        |
| 4,35             | 239,2        |
| 4,40             | 239,9        |
| 4,45             | 240,4        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,50             | 240,8        |
| 4,55             | 240,9        |
| 4,60             | 240,8        |
| 4,65             | 240,8        |
| 4,70             | 240,8        |
| 4,75             | 240,5        |
| 4,80             | 239,1        |
| 4,85             | 238,0        |
| 4,90             | 236,8        |
| 4,95             | 235,2        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 7 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 359,5

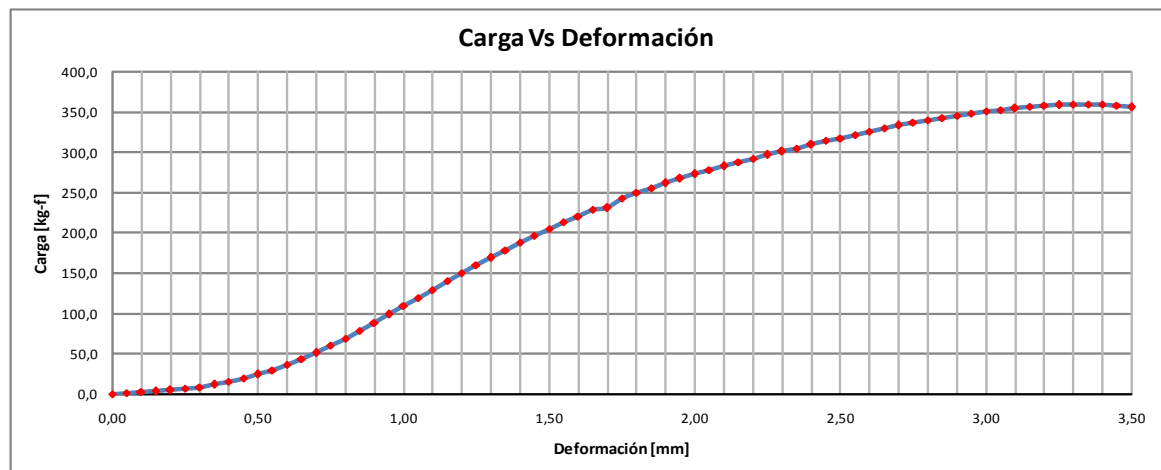
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 2,0          |
| 0,15             | 3,1          |
| 0,20             | 4,5          |
| 0,25             | 6,3          |
| 0,30             | 8,0          |
| 0,35             | 11,7         |
| 0,40             | 15,3         |
| 0,45             | 19,0         |
| 0,50             | 24,1         |
| 0,55             | 29,6         |
| 0,60             | 36,0         |
| 0,65             | 43,2         |
| 0,70             | 51,0         |
| 0,75             | 59,7         |
| 0,80             | 68,8         |
| 0,85             | 78,5         |
| 0,90             | 88,5         |
| 0,95             | 98,6         |
| 1,00             | 108,9        |
| 1,05             | 119,3        |
| 1,10             | 129,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,15             | 139,9        |
| 1,20             | 149,9        |
| 1,25             | 159,6        |
| 1,30             | 169,1        |
| 1,35             | 178,5        |
| 1,40             | 187,7        |
| 1,45             | 196,4        |
| 1,50             | 204,8        |
| 1,55             | 213,0        |
| 1,60             | 220,9        |
| 1,65             | 228,7        |
| 1,70             | 231,1        |
| 1,75             | 243,0        |
| 1,80             | 249,6        |
| 1,85             | 256,0        |
| 1,90             | 262,0        |
| 1,95             | 267,8        |
| 2,00             | 273,0        |
| 2,05             | 278,0        |
| 2,10             | 283,0        |
| 2,15             | 287,8        |
| 2,20             | 292,0        |
| 2,25             | 297,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,30             | 301,3        |
| 2,35             | 305,0        |
| 2,40             | 310,0        |
| 2,45             | 314,3        |
| 2,50             | 318,0        |
| 2,55             | 322,0        |
| 2,60             | 326,2        |
| 2,65             | 330,0        |
| 2,70             | 333,6        |
| 2,75             | 337,0        |
| 2,80             | 340,1        |
| 2,85             | 343,2        |
| 2,90             | 346,0        |
| 2,95             | 348,6        |
| 3,00             | 351,0        |
| 3,05             | 353,1        |
| 3,10             | 354,9        |
| 3,15             | 356,5        |
| 3,20             | 357,9        |
| 3,25             | 358,9        |
| 3,30             | 359,5        |
| 3,35             | 359,5        |
| 3,40             | 359,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 3,45             | 358,2        |
| 3,50             | 356,3        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 8 con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                                |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:**

**301,2**

Precisión [mm]:

0,05

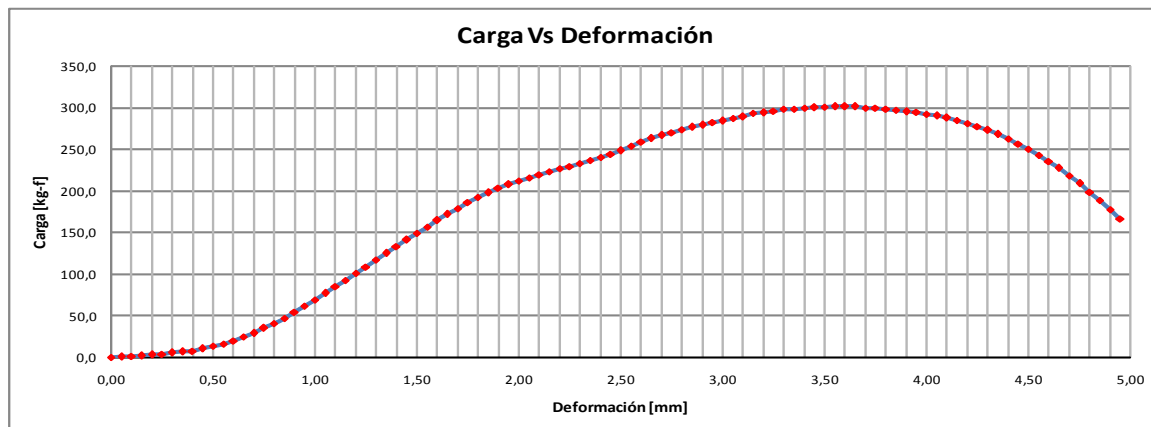
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,8          |
| 0,10             | 1,5          |
| 0,15             | 2,0          |
| 0,20             | 3,1          |
| 0,25             | 4,3          |
| 0,30             | 5,6          |
| 0,35             | 7,0          |
| 0,40             | 8,0          |
| 0,45             | 10,8         |
| 0,50             | 13,4         |
| 0,55             | 16,0         |
| 0,60             | 20,0         |
| 0,65             | 24,6         |
| 0,70             | 29,2         |
| 0,75             | 35,5         |
| 0,80             | 40,6         |
| 0,85             | 47,3         |
| 0,90             | 54,6         |
| 0,95             | 61,9         |
| 1,00             | 69,5         |
| 1,05             | 77,3         |
| 1,10             | 85,1         |
| 1,15             | 92,9         |
| 1,20             | 100,8        |
| 1,25             | 108,9        |
| 1,30             | 117,1        |
| 1,35             | 125,3        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 133,0        |
| 1,45             | 141,1        |
| 1,50             | 148,9        |
| 1,55             | 156,6        |
| 1,60             | 164,6        |
| 1,65             | 171,9        |
| 1,70             | 179,1        |
| 1,75             | 185,8        |
| 1,80             | 192,0        |
| 1,85             | 197,7        |
| 1,90             | 203,0        |
| 1,95             | 207,7        |
| 2,00             | 211,9        |
| 2,05             | 215,8        |
| 2,10             | 219,5        |
| 2,15             | 223,0        |
| 2,20             | 226,5        |
| 2,25             | 228,8        |
| 2,30             | 233,2        |
| 2,35             | 236,7        |
| 2,40             | 240,5        |
| 2,45             | 244,3        |
| 2,50             | 248,1        |
| 2,55             | 253,9        |
| 2,60             | 259,0        |
| 2,65             | 263,2        |
| 2,70             | 266,7        |
| 2,75             | 270,0        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 273,3        |
| 2,85             | 276,5        |
| 2,90             | 279,0        |
| 2,95             | 282,0        |
| 3,00             | 284,0        |
| 3,05             | 287,3        |
| 3,10             | 289,0        |
| 3,15             | 292,8        |
| 3,20             | 293,8        |
| 3,25             | 295,3        |
| 3,30             | 297,7        |
| 3,35             | 298,0        |
| 3,40             | 299,0        |
| 3,45             | 300,0        |
| 3,50             | 300,7        |
| 3,55             | 301,0        |
| 3,60             | 301,2        |
| 3,65             | 301,0        |
| 3,70             | 299,0        |
| 3,75             | 299,0        |
| 3,80             | 298,2        |
| 3,85             | 297,0        |
| 3,90             | 295,0        |
| 3,95             | 294,0        |
| 4,00             | 292,2        |
| 4,05             | 290,0        |
| 4,10             | 287,5        |
| 4,15             | 284,5        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 281,1        |
| 4,25             | 277,2        |
| 4,30             | 272,9        |
| 4,35             | 268,0        |
| 4,40             | 262,5        |
| 4,45             | 256,4        |
| 4,50             | 249,9        |
| 4,55             | 243,1        |
| 4,60             | 235,5        |
| 4,65             | 227,3        |
| 4,70             | 218,4        |
| 4,75             | 208,8        |
| 4,80             | 198,7        |
| 4,85             | 188,2        |
| 4,90             | 177,3        |
| 4,95             | 166,0        |



## Anexo C.4. Ensayo de flexión pura en vigas de mezclas Asfálticas con altos contenidos de finos (Contenido de Asfalto 5,7%)



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 1A con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                               |               |           |

Variable de cor Deformación  
Precisión [mm]: 0,05

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 112,3

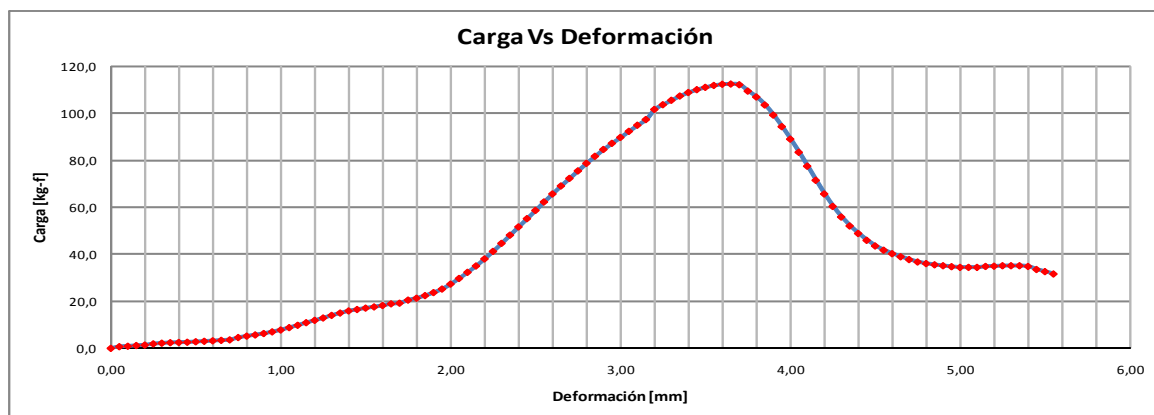
### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,7          |
| 0,10             | 0,9          |
| 0,15             | 1,2          |
| 0,20             | 1,4          |
| 0,25             | 1,9          |
| 0,30             | 2,2          |
| 0,35             | 2,4          |
| 0,40             | 2,5          |
| 0,45             | 2,6          |
| 0,50             | 2,8          |
| 0,55             | 3,0          |
| 0,60             | 3,2          |
| 0,65             | 3,4          |
| 0,70             | 3,6          |
| 0,75             | 4,6          |
| 0,80             | 5,2          |
| 0,85             | 5,7          |
| 0,90             | 6,3          |
| 0,95             | 7,0          |
| 1,00             | 7,8          |
| 1,05             | 8,8          |
| 1,10             | 9,8          |
| 1,15             | 10,9         |
| 1,20             | 11,9         |
| 1,25             | 12,9         |
| 1,30             | 14,0         |
| 1,35             | 15,0         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 15,9         |
| 1,45             | 16,5         |
| 1,50             | 17,1         |
| 1,55             | 17,6         |
| 1,60             | 18,2         |
| 1,65             | 18,9         |
| 1,70             | 19,2         |
| 1,75             | 20,5         |
| 1,80             | 21,3         |
| 1,85             | 22,4         |
| 1,90             | 23,7         |
| 1,95             | 25,2         |
| 2,00             | 27,3         |
| 2,05             | 29,7         |
| 2,10             | 32,3         |
| 2,15             | 35,0         |
| 2,20             | 38,0         |
| 2,25             | 41,2         |
| 2,30             | 44,6         |
| 2,35             | 48,1         |
| 2,40             | 51,6         |
| 2,45             | 55,1         |
| 2,50             | 58,6         |
| 2,55             | 62,2         |
| 2,60             | 65,6         |
| 2,65             | 69,0         |
| 2,70             | 72,2         |
| 2,75             | 75,4         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 78,6         |
| 2,85             | 81,6         |
| 2,90             | 84,5         |
| 2,95             | 87,1         |
| 3,00             | 89,6         |
| 3,05             | 92,2         |
| 3,10             | 94,8         |
| 3,15             | 97,2         |
| 3,20             | 101,5        |
| 3,25             | 103,5        |
| 3,30             | 105,4        |
| 3,35             | 107,2        |
| 3,40             | 108,7        |
| 3,45             | 109,9        |
| 3,50             | 110,9        |
| 3,55             | 111,7        |
| 3,60             | 112,2        |
| 3,65             | 112,3        |
| 3,70             | 112,0        |
| 3,75             | 109,3        |
| 3,80             | 106,8        |
| 3,85             | 103,4        |
| 3,90             | 99,1         |
| 3,95             | 94,2         |
| 4,00             | 88,9         |
| 4,05             | 83,3         |
| 4,10             | 77,4         |
| 4,15             | 71,4         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 65,6         |
| 4,25             | 60,3         |
| 4,30             | 55,8         |
| 4,35             | 52,0         |
| 4,40             | 48,8         |
| 4,45             | 45,9         |
| 4,50             | 43,5         |
| 4,55             | 41,7         |
| 4,60             | 40,2         |
| 4,65             | 38,9         |
| 4,70             | 37,7         |
| 4,75             | 36,7         |
| 4,80             | 36,0         |
| 4,85             | 35,5         |
| 4,90             | 35,1         |
| 4,95             | 34,7         |
| 5,00             | 34,4         |
| 5,05             | 34,4         |
| 5,10             | 34,4         |
| 5,15             | 34,8         |
| 5,20             | 34,9         |
| 5,25             | 35,1         |
| 5,30             | 35,1         |
| 5,35             | 35,1         |
| 5,40             | 34,8         |
| 5,45             | 33,5         |
| 5,50             | 32,6         |
| 5,55             | 31,6         |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 1B con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                               |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 212,7

Precisión [mm]: 0,05

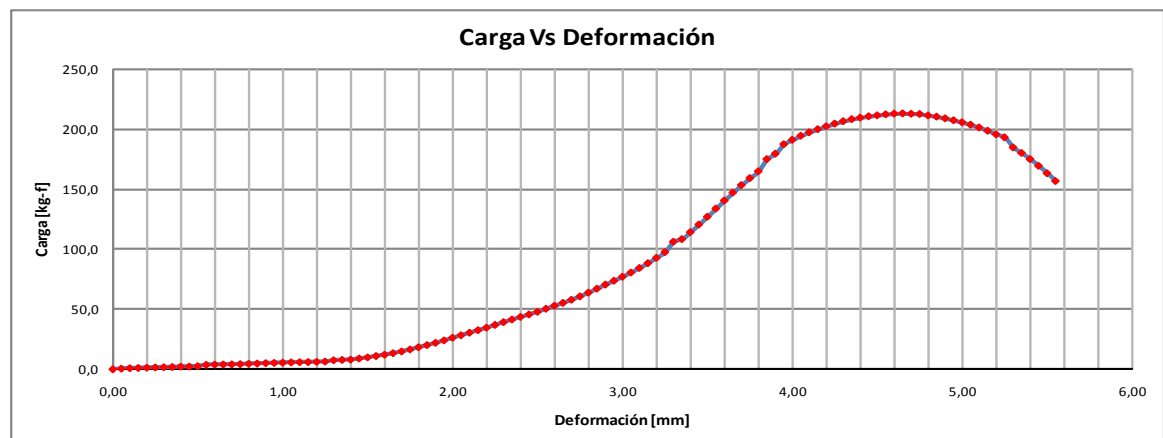
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,5          |
| 0,10             | 0,9          |
| 0,15             | 1,1          |
| 0,20             | 1,3          |
| 0,25             | 1,5          |
| 0,30             | 1,7          |
| 0,35             | 1,9          |
| 0,40             | 2,2          |
| 0,45             | 2,3          |
| 0,50             | 2,6          |
| 0,55             | 3,7          |
| 0,60             | 3,9          |
| 0,65             | 4,0          |
| 0,70             | 4,1          |
| 0,75             | 4,3          |
| 0,80             | 4,6          |
| 0,85             | 4,8          |
| 0,90             | 5,1          |
| 0,95             | 5,3          |
| 1,00             | 5,5          |
| 1,05             | 5,7          |
| 1,10             | 5,9          |
| 1,15             | 6,0          |
| 1,20             | 6,2          |
| 1,25             | 6,4          |
| 1,30             | 7,5          |
| 1,35             | 7,8          |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 8,0          |
| 1,45             | 9,0          |
| 1,50             | 9,9          |
| 1,55             | 11,0         |
| 1,60             | 12,1         |
| 1,65             | 13,4         |
| 1,70             | 14,8         |
| 1,75             | 16,5         |
| 1,80             | 18,3         |
| 1,85             | 20,1         |
| 1,90             | 22,0         |
| 1,95             | 24,0         |
| 2,00             | 26,2         |
| 2,05             | 28,3         |
| 2,10             | 30,4         |
| 2,15             | 32,5         |
| 2,20             | 34,6         |
| 2,25             | 36,9         |
| 2,30             | 39,2         |
| 2,35             | 41,4         |
| 2,40             | 43,5         |
| 2,45             | 45,6         |
| 2,50             | 47,8         |
| 2,55             | 50,3         |
| 2,60             | 52,8         |
| 2,65             | 55,2         |
| 2,70             | 57,8         |
| 2,75             | 60,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 63,7         |
| 2,85             | 67,0         |
| 2,90             | 70,4         |
| 2,95             | 73,6         |
| 3,00             | 76,9         |
| 3,05             | 80,4         |
| 3,10             | 84,2         |
| 3,15             | 88,2         |
| 3,20             | 92,6         |
| 3,25             | 97,4         |
| 3,30             | 106,0        |
| 3,35             | 108,2        |
| 3,40             | 114,0        |
| 3,45             | 120,3        |
| 3,50             | 126,8        |
| 3,55             | 133,6        |
| 3,60             | 140,3        |
| 3,65             | 146,9        |
| 3,70             | 153,1        |
| 3,75             | 158,9        |
| 3,80             | 164,6        |
| 3,85             | 174,7        |
| 3,90             | 179,2        |
| 3,95             | 187,1        |
| 4,00             | 190,7        |
| 4,05             | 194,1        |
| 4,10             | 197,0        |
| 4,15             | 199,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 202,0        |
| 4,25             | 204,2        |
| 4,30             | 206,2        |
| 4,35             | 207,9        |
| 4,40             | 209,2        |
| 4,45             | 210,3        |
| 4,50             | 211,1        |
| 4,55             | 211,9        |
| 4,60             | 212,5        |
| 4,65             | 212,7        |
| 4,70             | 212,4        |
| 4,75             | 212,2        |
| 4,80             | 211,0        |
| 4,85             | 210,0        |
| 4,90             | 208,6        |
| 4,95             | 207,0        |
| 5,00             | 205,3        |
| 5,05             | 203,3        |
| 5,10             | 201,0        |
| 5,15             | 198,3        |
| 5,20             | 195,3        |
| 5,25             | 192,8        |
| 5,30             | 184,4        |
| 5,35             | 179,8        |
| 5,40             | 174,7        |
| 5,45             | 169,1        |
| 5,50             | 163,0        |
| 5,55             | 156,5        |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 1C con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                               |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]:

50,80

**Carga Máx:** 224,0

Precisión [mm]: 0,05

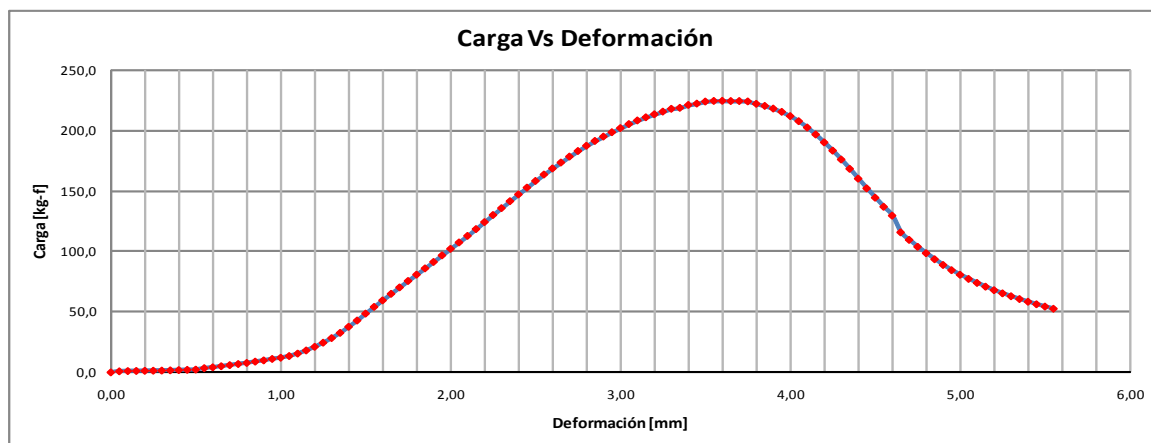
#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 0,9          |
| 0,10             | 1,1          |
| 0,15             | 1,2          |
| 0,20             | 1,3          |
| 0,25             | 1,4          |
| 0,30             | 1,5          |
| 0,35             | 1,7          |
| 0,40             | 1,9          |
| 0,45             | 2,1          |
| 0,50             | 2,3          |
| 0,55             | 3,5          |
| 0,60             | 4,2          |
| 0,65             | 5,1          |
| 0,70             | 6,0          |
| 0,75             | 6,9          |
| 0,80             | 7,8          |
| 0,85             | 8,9          |
| 0,90             | 9,9          |
| 0,95             | 11,1         |
| 1,00             | 12,1         |
| 1,05             | 13,5         |
| 1,10             | 15,5         |
| 1,15             | 18,1         |
| 1,20             | 21,1         |
| 1,25             | 24,5         |
| 1,30             | 28,3         |
| 1,35             | 32,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 37,6         |
| 1,45             | 42,8         |
| 1,50             | 48,5         |
| 1,55             | 54,0         |
| 1,60             | 59,4         |
| 1,65             | 64,8         |
| 1,70             | 70,1         |
| 1,75             | 75,4         |
| 1,80             | 80,6         |
| 1,85             | 85,8         |
| 1,90             | 91,1         |
| 1,95             | 96,5         |
| 2,00             | 101,9        |
| 2,05             | 107,2        |
| 2,10             | 112,6        |
| 2,15             | 118,2        |
| 2,20             | 124,0        |
| 2,25             | 129,8        |
| 2,30             | 135,5        |
| 2,35             | 141,2        |
| 2,40             | 146,8        |
| 2,45             | 152,4        |
| 2,50             | 157,9        |
| 2,55             | 163,2        |
| 2,60             | 168,2        |
| 2,65             | 173,1        |
| 2,70             | 178,0        |
| 2,75             | 182,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 186,9        |
| 2,85             | 190,9        |
| 2,90             | 194,5        |
| 2,95             | 198,1        |
| 3,00             | 201,5        |
| 3,05             | 204,8        |
| 3,10             | 207,8        |
| 3,15             | 210,4        |
| 3,20             | 212,9        |
| 3,25             | 215,1        |
| 3,30             | 217,4        |
| 3,35             | 218,2        |
| 3,40             | 220,6        |
| 3,45             | 221,7        |
| 3,50             | 223,4        |
| 3,55             | 223,9        |
| 3,60             | 224,0        |
| 3,65             | 223,8        |
| 3,70             | 223,8        |
| 3,75             | 223,5        |
| 3,80             | 221,5        |
| 3,85             | 219,8        |
| 3,90             | 217,6        |
| 3,95             | 214,9        |
| 4,00             | 211,4        |
| 4,05             | 207,2        |
| 4,10             | 202,0        |
| 4,15             | 196,2        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 189,7        |
| 4,25             | 182,9        |
| 4,30             | 175,6        |
| 4,35             | 167,9        |
| 4,40             | 159,8        |
| 4,45             | 151,8        |
| 4,50             | 144,1        |
| 4,55             | 136,6        |
| 4,60             | 129,3        |
| 4,65             | 115,5        |
| 4,70             | 109,3        |
| 4,75             | 103,6        |
| 4,80             | 98,3         |
| 4,85             | 93,3         |
| 4,90             | 88,6         |
| 4,95             | 84,3         |
| 5,00             | 80,5         |
| 5,05             | 77,1         |
| 5,10             | 73,8         |
| 5,15             | 70,7         |
| 5,20             | 67,8         |
| 5,25             | 65,2         |
| 5,30             | 62,8         |
| 5,35             | 60,5         |
| 5,40             | 58,3         |
| 5,45             | 56,2         |
| 5,50             | 54,3         |
| 5,55             | 52,5         |



|                                |                                                                                                     |               |           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>PROYECTO:</b>               | <b>ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA MÁXIMA EN VIGAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOMETIDAS A FLEXIÓN</b> |               |           |
| <b>LABORATORIO</b>             | Ensayo de flexión en vigas de concreto asfáltico, carga en los tercios medios de la luz libre       |               |           |
| <b>PROCEDENCIA DE MUESTRA:</b> | Elaboración Propia                                                                                  | <b>FECHA:</b> | 17-dic-12 |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b>            | Viga 1D con Porcentaje de Asfalto 5,7                                                               |               |           |

Variable de cor Deformación

Velocidad  
[mm/min]: 50,80

**Carga Máx:** 228,1

Precisión [mm]: 0,05

#### CARGA VS DEFORMACIÓN

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 0,00             | 0,0          |
| 0,05             | 1,0          |
| 0,10             | 1,3          |
| 0,15             | 1,5          |
| 0,20             | 1,5          |
| 0,25             | 1,9          |
| 0,30             | 1,8          |
| 0,35             | 2,8          |
| 0,40             | 2,9          |
| 0,45             | 3,3          |
| 0,50             | 3,4          |
| 0,55             | 4,8          |
| 0,60             | 5,7          |
| 0,65             | 6,2          |
| 0,70             | 7,2          |
| 0,75             | 7,9          |
| 0,80             | 9,1          |
| 0,85             | 10,3         |
| 0,90             | 11,4         |
| 0,95             | 12,4         |
| 1,00             | 13,2         |
| 1,05             | 14,7         |
| 1,10             | 16,9         |
| 1,15             | 19,6         |
| 1,20             | 22,7         |
| 1,25             | 26,7         |
| 1,30             | 30,9         |
| 1,35             | 35,6         |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 1,40             | 40,8         |
| 1,45             | 46,1         |
| 1,50             | 52,3         |
| 1,55             | 58,2         |
| 1,60             | 64,4         |
| 1,65             | 69,6         |
| 1,70             | 74,4         |
| 1,75             | 79,3         |
| 1,80             | 84,1         |
| 1,85             | 89,6         |
| 1,90             | 95,3         |
| 1,95             | 101,5        |
| 2,00             | 106,7        |
| 2,05             | 111,5        |
| 2,10             | 116,5        |
| 2,15             | 121,7        |
| 2,20             | 127,8        |
| 2,25             | 134,0        |
| 2,30             | 139,8        |
| 2,35             | 145,1        |
| 2,40             | 150,3        |
| 2,45             | 156,2        |
| 2,50             | 162,1        |
| 2,55             | 167,1        |
| 2,60             | 171,7        |
| 2,65             | 176,9        |
| 2,70             | 182,2        |
| 2,75             | 187,6        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 2,80             | 191,7        |
| 2,85             | 195,2        |
| 2,90             | 198,4        |
| 2,95             | 201,6        |
| 3,00             | 205,3        |
| 3,05             | 209,0        |
| 3,10             | 212,1        |
| 3,15             | 214,3        |
| 3,20             | 216,4        |
| 3,25             | 217,3        |
| 3,30             | 220,0        |
| 3,35             | 221,2        |
| 3,40             | 223,8        |
| 3,45             | 225,0        |
| 3,50             | 227,2        |
| 3,55             | 228,1        |
| 3,60             | 225,5        |
| 3,65             | 225,4        |
| 3,70             | 226,0        |
| 3,75             | 226,1        |
| 3,80             | 224,5        |
| 3,85             | 223,0        |
| 3,90             | 220,9        |
| 3,95             | 216,9        |
| 4,00             | 214,7        |
| 4,05             | 211,0        |
| 4,10             | 206,2        |
| 4,15             | 197,7        |

| Deformación [mm] | Carga [kg-f] |
|------------------|--------------|
| 4,20             | 191,3        |
| 4,25             | 185,1        |
| 4,30             | 178,2        |
| 4,35             | 169,1        |
| 4,40             | 164,1        |
| 4,45             | 155,7        |
| 4,50             | 147,6        |
| 4,55             | 140,4        |
| 4,60             | 133,5        |
| 4,65             | 119,8        |
| 4,70             | 113,2        |
| 4,75             | 107,1        |
| 4,80             | 100,5        |
| 4,85             | 95,9         |
| 4,90             | 91,6         |
| 4,95             | 87,5         |
| 5,00             | 83,8         |
| 5,05             | 80,9         |
| 5,10             | 78,0         |
| 5,15             | 72,2         |
| 5,20             | 69,3         |
| 5,25             | 66,8         |
| 5,30             | 65,0         |
| 5,35             | 63,1         |
| 5,40             | 59,5         |
| 5,45             | 60,5         |
| 5,50             | 58,2         |
| 5,55             | 56,0         |

